

平成24年度

第四回 河道閉塞等対策検討委員会

討 議 資 料

平成25年2月14日

国土交通省近畿地方整備局
紀伊山地砂防事務所

第四回 河道閉塞等対策検討委員会 討議資料

目 次

1. 河道閉塞箇所の安定性について（栗平地区侵食過程再整理）	1
1.1 栗平地区の侵食状況	1
1.2 栗平地区の侵食過程	7
2. 各地区対策案について	19
2.1 対策施設配置方針の基本的な考え方	19
2.2 赤谷地区対策案	20
2.3 長殿地区対策案	21
2.4 栗平地区対策案	25
2.5 北股地区対策案	26
2.6 熊野地区対策案	27
2.7 清水〔宇井〕地区対策案	28
2.8 坪内地区対策案	29
2.10 三越地区対策案	30
3. 警戒避難体制について	31
3.1 台風12号による災害発生時の実態と対応（2011.9）	31
3.2 災害発生時から緊急対策工完成までの対応（2011.9～2012.12）	33
3.3 今後の警戒避難体制のあり方について	35

1. 河道閉塞箇所の安定性について（栗平地区侵食過程再整理）

栗平地区の仮排水路において、平成24年9月の台風17号によって発生した侵食現象について、前回委員会でいただいた指摘内容について改めて確認し、想定される侵食過程について以下のとおり再整理した。

1.1 栗平地区の侵食状況

1.1.1 仮排水路の構造

- 被災前の仮排水路の構造は、河道閉塞部の天端では水路工、下流法面ではシュート構造となっていた。
- 水路構造は、
 - 水路工：上下流端 カゴマット
シュート接続部：洗掘防止改良工（砂防ソイルセメント、 50kg/m^3 、 $t=5.0\text{m}$ ）
+カゴマット
 - 水路工：上下流端を除く区間
地盤改良工（砂防ソイルセメント： 50kg/m^3 、 $t=0.6\text{m}$ ）+モルタル吹付工
 - シュート部：
地盤改良工（砂防ソイルセメント、 50kg/m^3 、 $t=2.0\text{m}$ ）+モルタル吹付工
＜減勢部（水平部）＞：
地盤改良工（砂防ソイルセメント、 50kg/m^3 、 $t=4.6\text{m}$ 、 $L=16.5\text{m}$ ）
+モルタル吹付工
- シュート部の減勢部（水平部）は施工当初は $L=66.1\text{m}$ であったが、台風4号によって18mが流失し、今回の出水前では $L=48.1\text{m}$ となっていた。
- 河道閉塞部の天端の水路工下流端では、水路底面幅が5.0mから30.0mまで拡幅している。
- 仮排水路の計画流量は $185\text{m}^3/\text{s}$ （2年超過確率規模）であり、現状の仮排水路の流下能力は $250\text{m}^3/\text{s}$ である。
- 台風4号によって仮排水路の下流部が洗掘されたために、幅30m、長さ65mの範囲に、大型土嚢、2tブロック（634個）、ネット石詰工等によって洗掘防止対策を施工した。

1.1.2 侵食実態の整理

- 仮排水路は、河道閉塞部の天端の水路工の上流185mを残し、水路工ならびに下流法面シュートが流失している。
- 残存している水路工下端から河道閉塞部の区間はガリー状に侵食され、河道閉塞部下流の屈曲部まで河道閉塞土砂が流出・堆積している。
- 残存している水路工の直下は数m程度洗掘しており、当該地点から270m程度は河道閉塞部が侵食されており、そこから河道閉塞部下流の屈曲部まで河道閉塞土砂が厚く堆積している。
- 流出した河道閉塞土砂は屈曲部付近で堆積しており、一部、下流域に流出しているようである。
- ガリー状の侵食区間の内、最も侵食幅が広いのは河道閉塞部の天端の水路工とシュート部の接続部付近である。

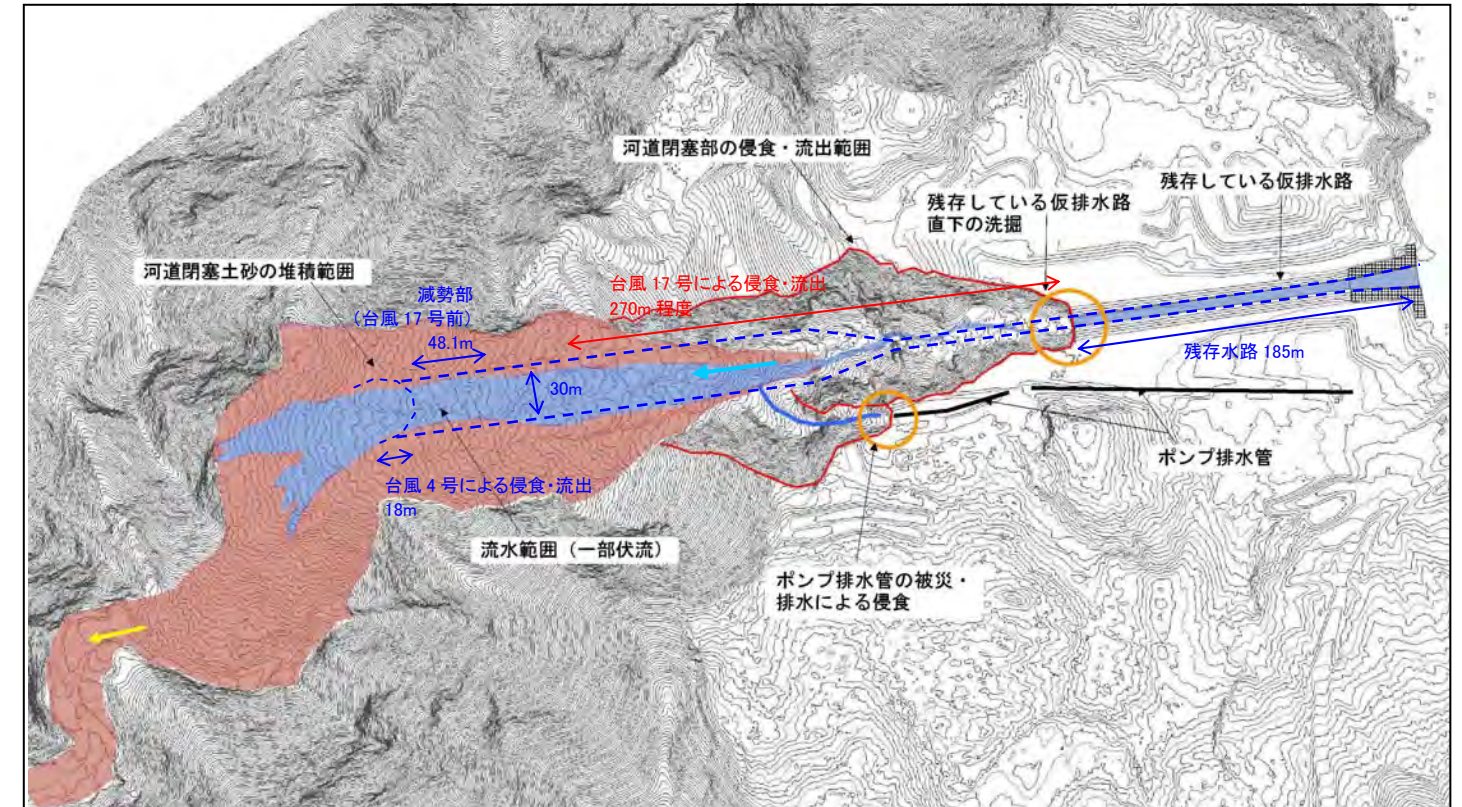


図-1.1.1 台風17号による栗平地区仮排水路における土砂移動実態

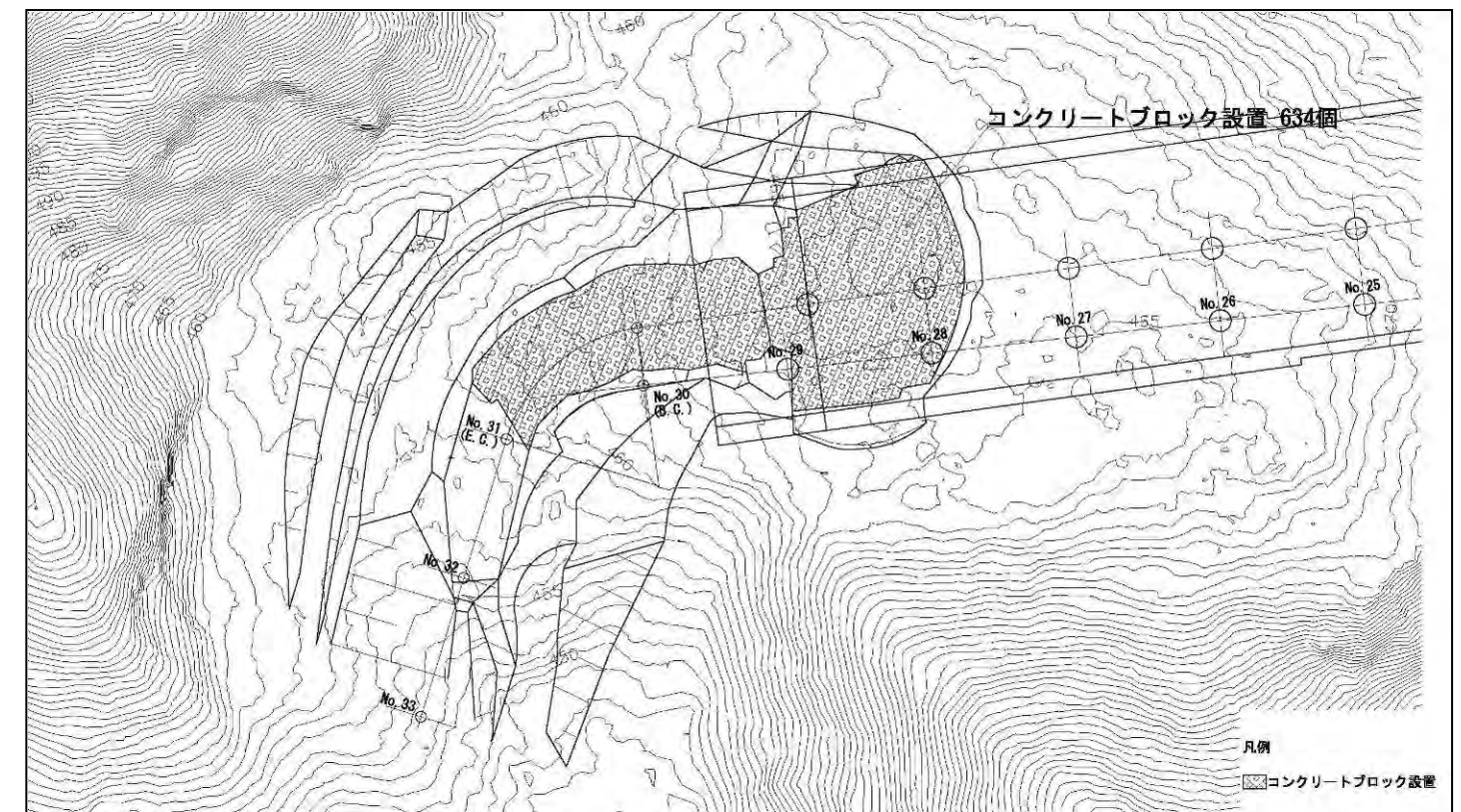


図-1.1.2 栗平地区コンクリートブロック設置平面図（台風4号による洗掘復旧対策）

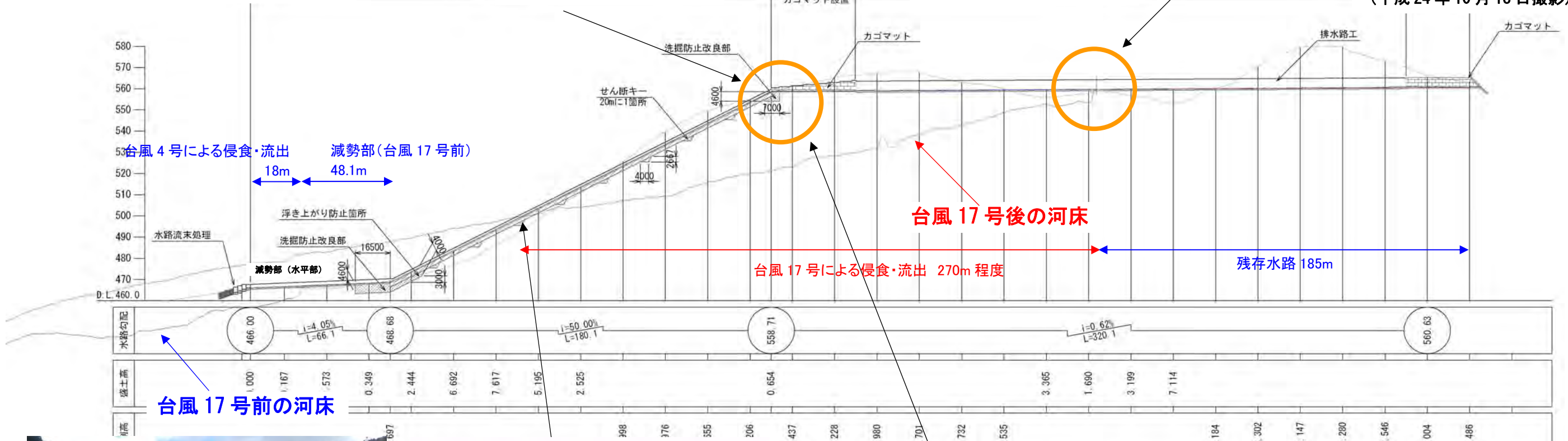


(平成 24 年 6 月 20 日撮影)

(平成 24 年 6 月 20 日撮影)

(平成 24 年 10 月 11 日撮影)

(平成 24 年 10 月 18 日撮影)



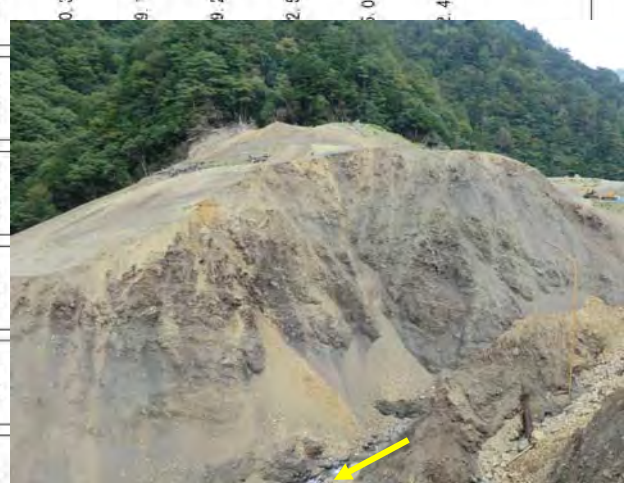
(平成 24 年 8 月 27 日撮影)



(平成 24 年 10 月 18 日撮影)



(平成 24 年 9 月 5 日撮影)



(平成 24 年 10 月 11 日撮影)

図-1.1.3 台風17号による栗平地区の河床縦断状況

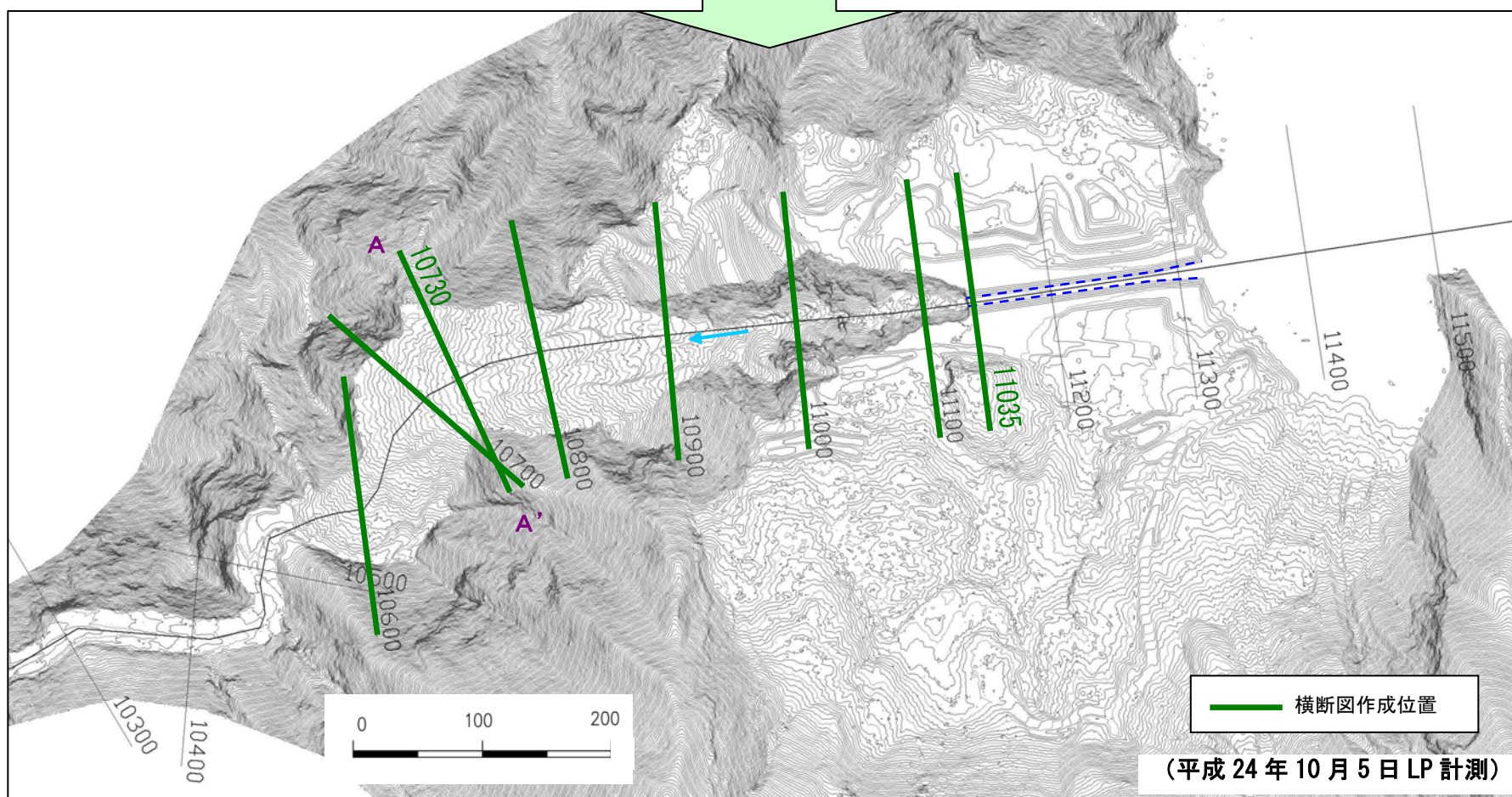
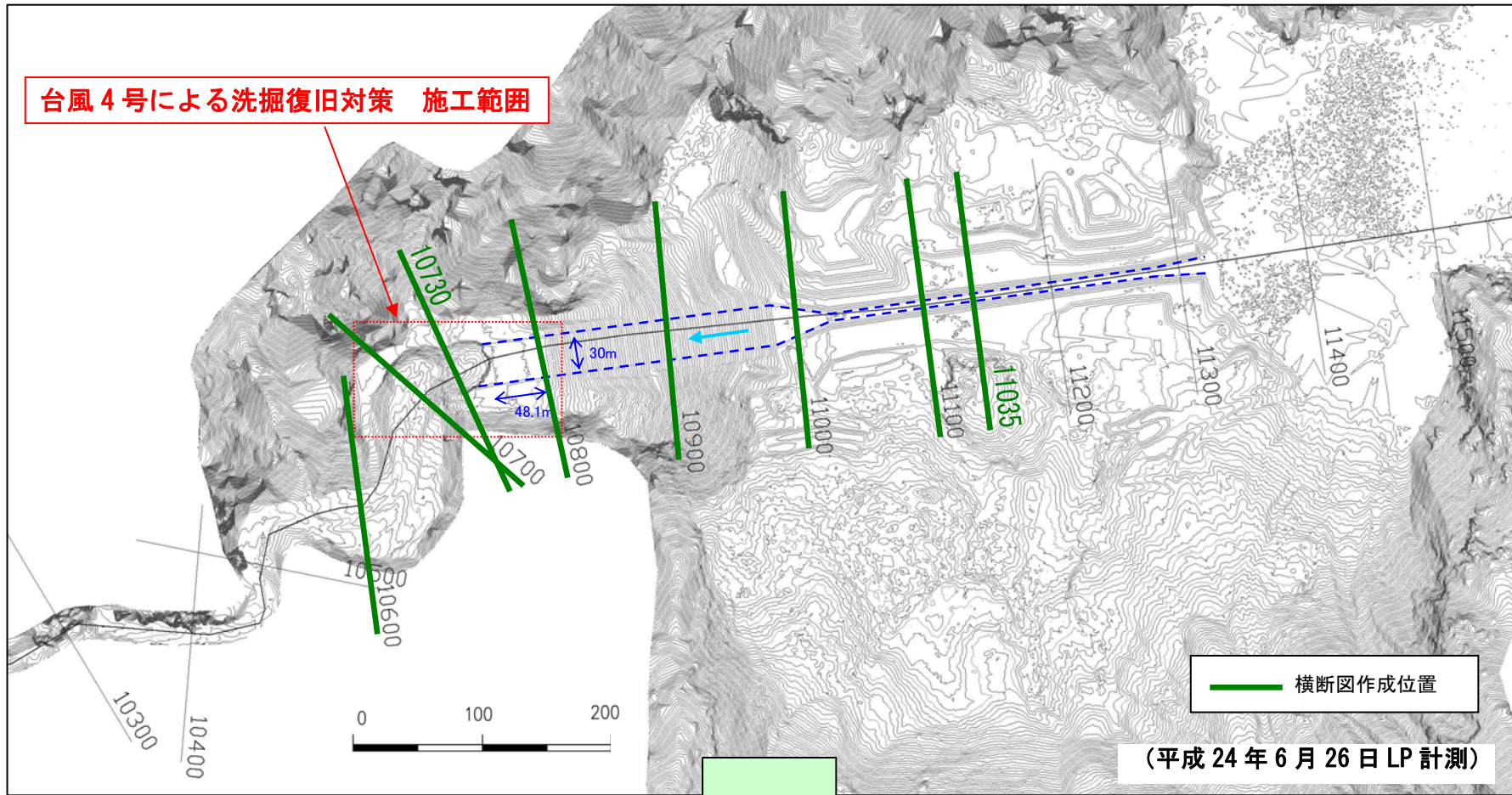


図-1.1.4 水路工の侵食状況（上：侵食前，下：侵食後）

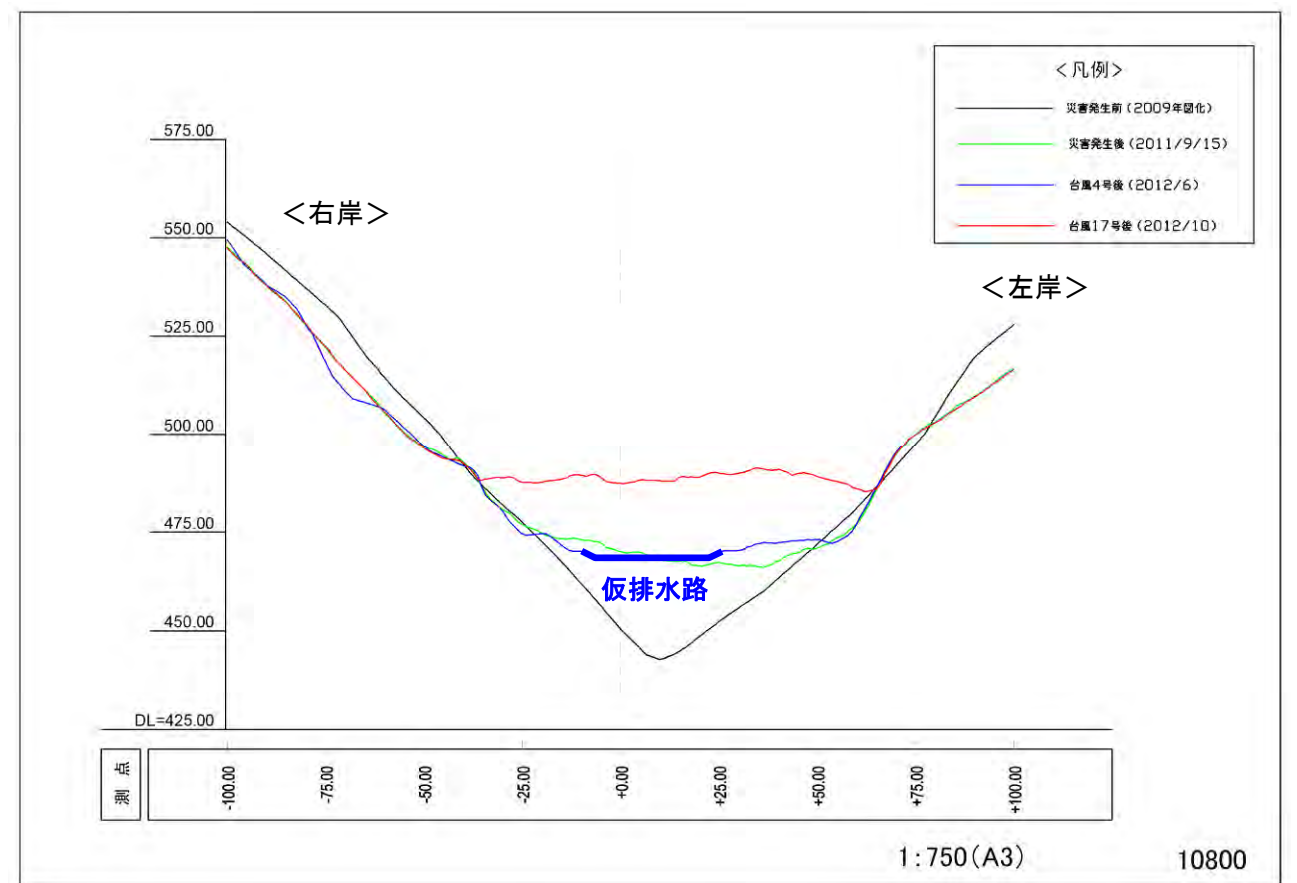
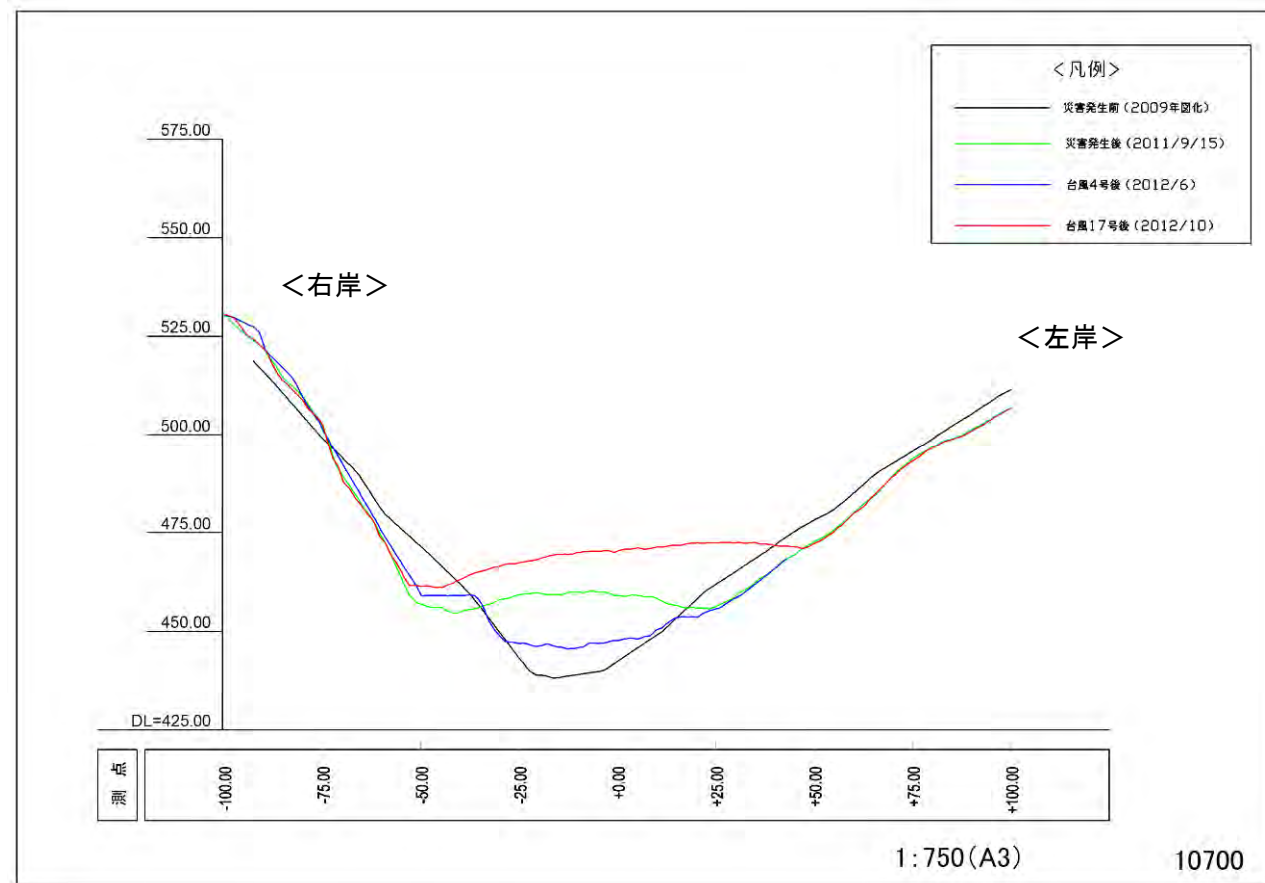
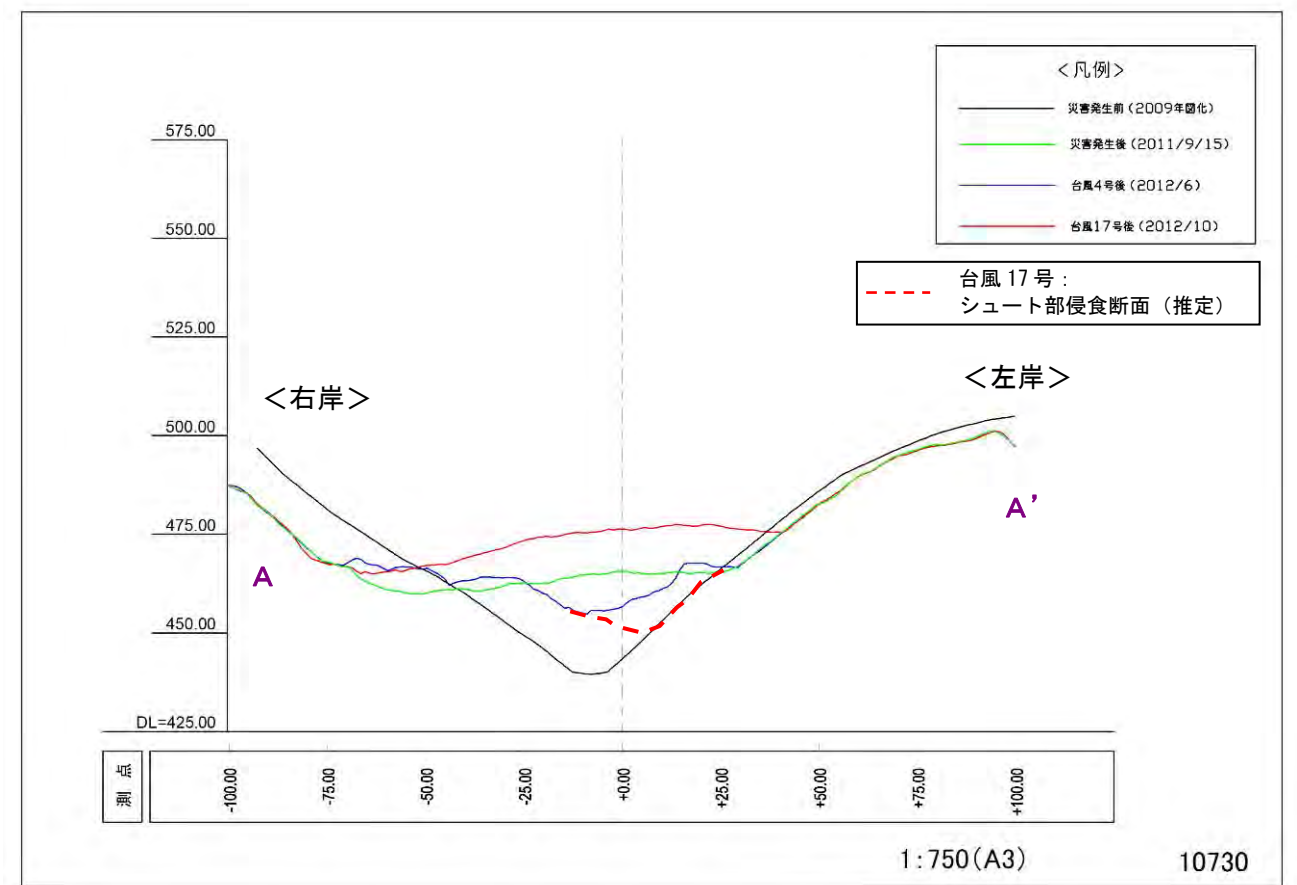
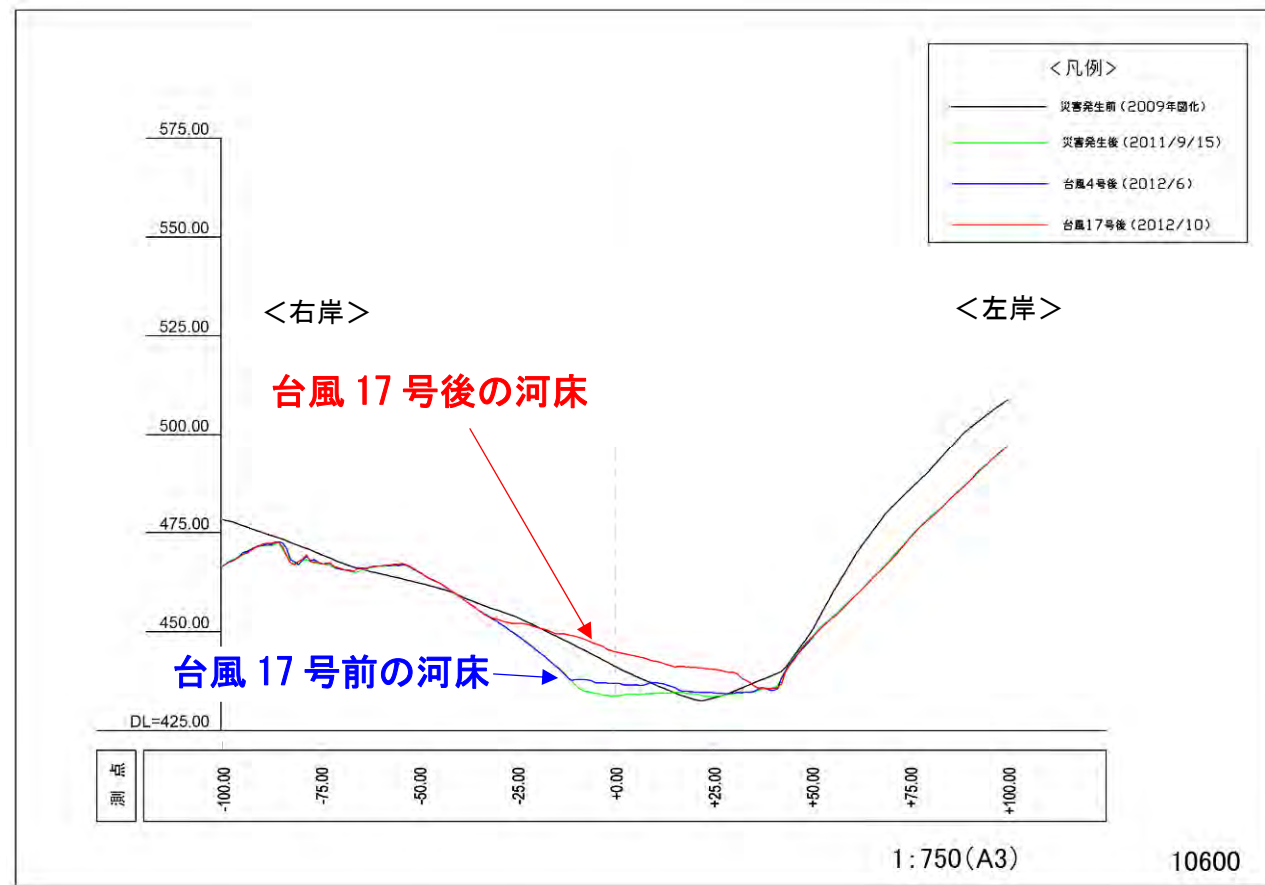


図-1.1.5(1) 水路工の侵食箇所横断面図

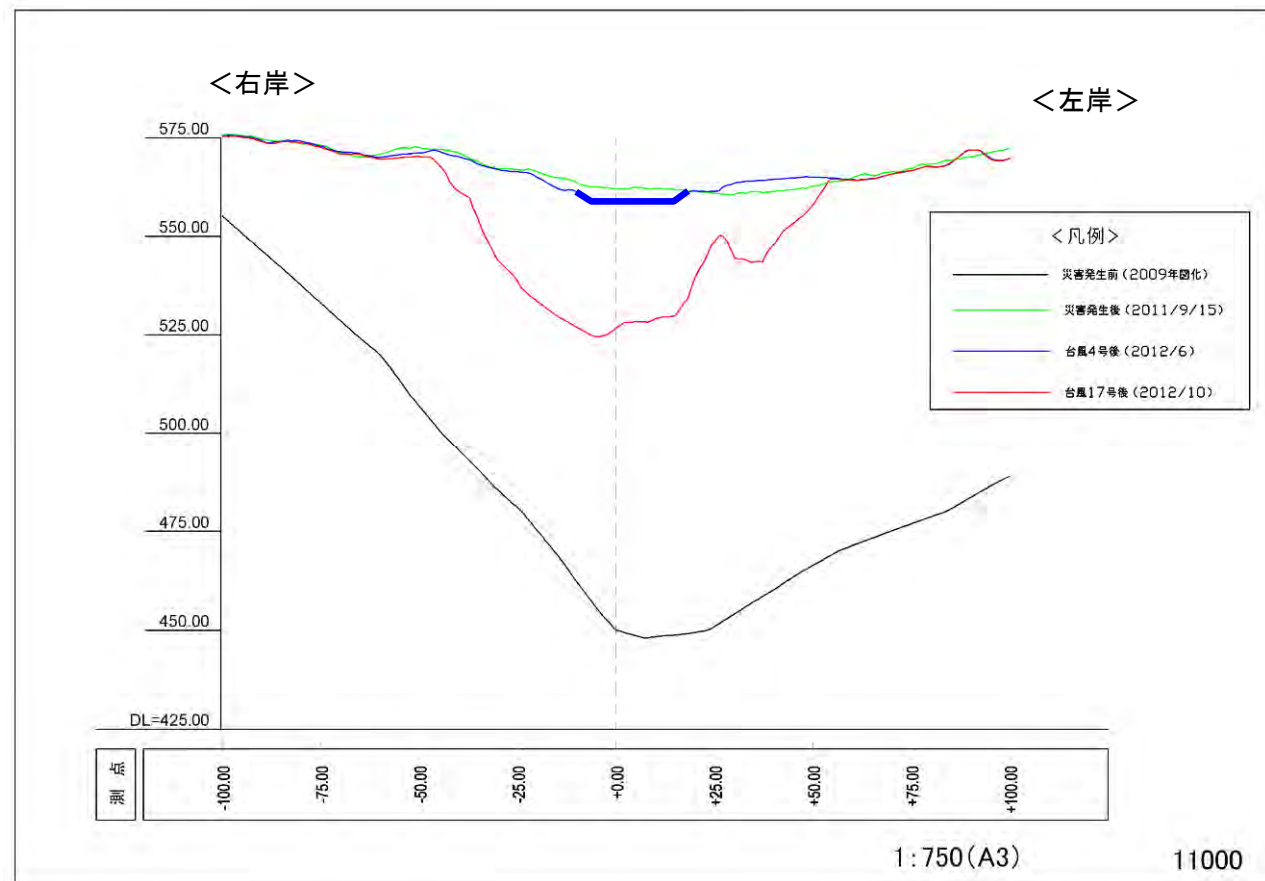
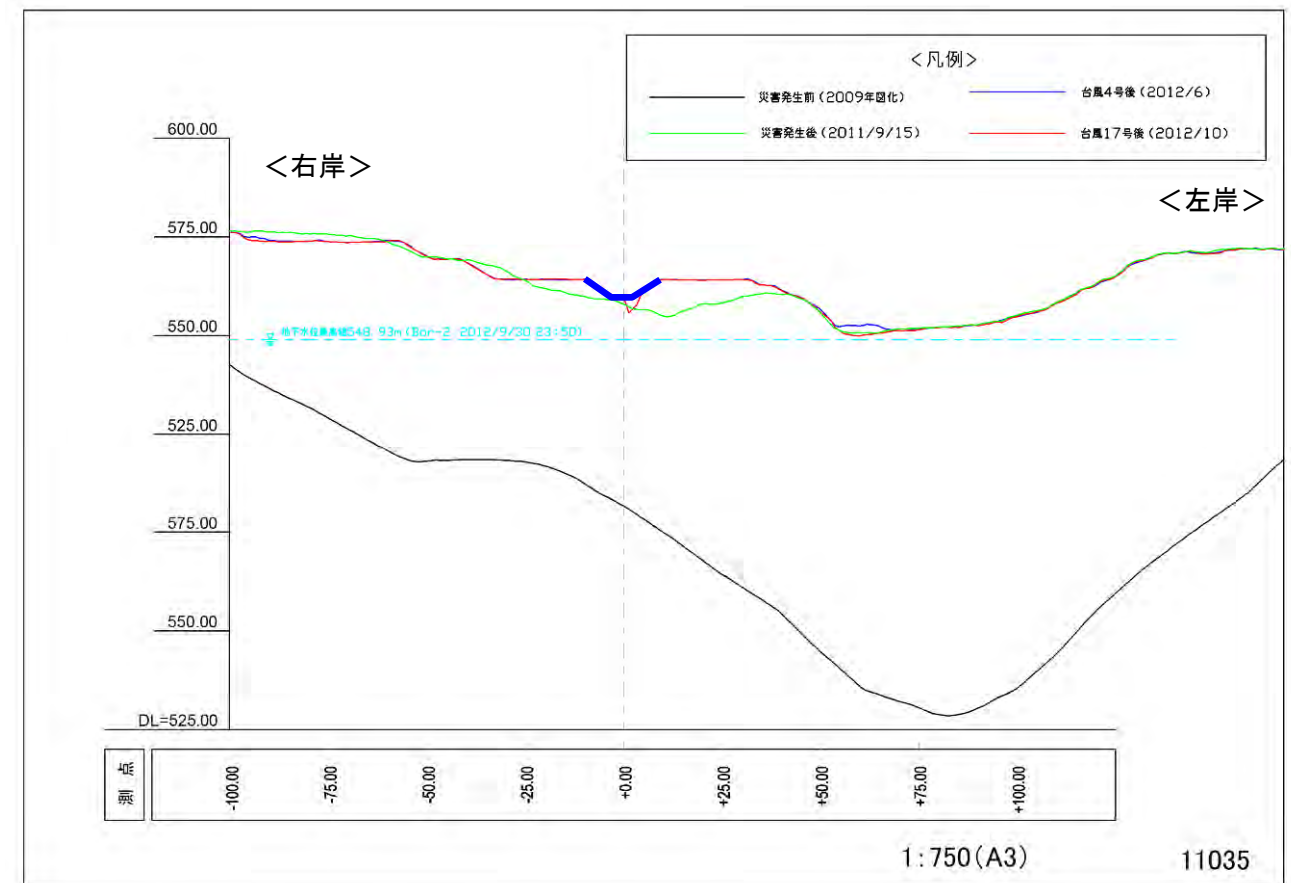
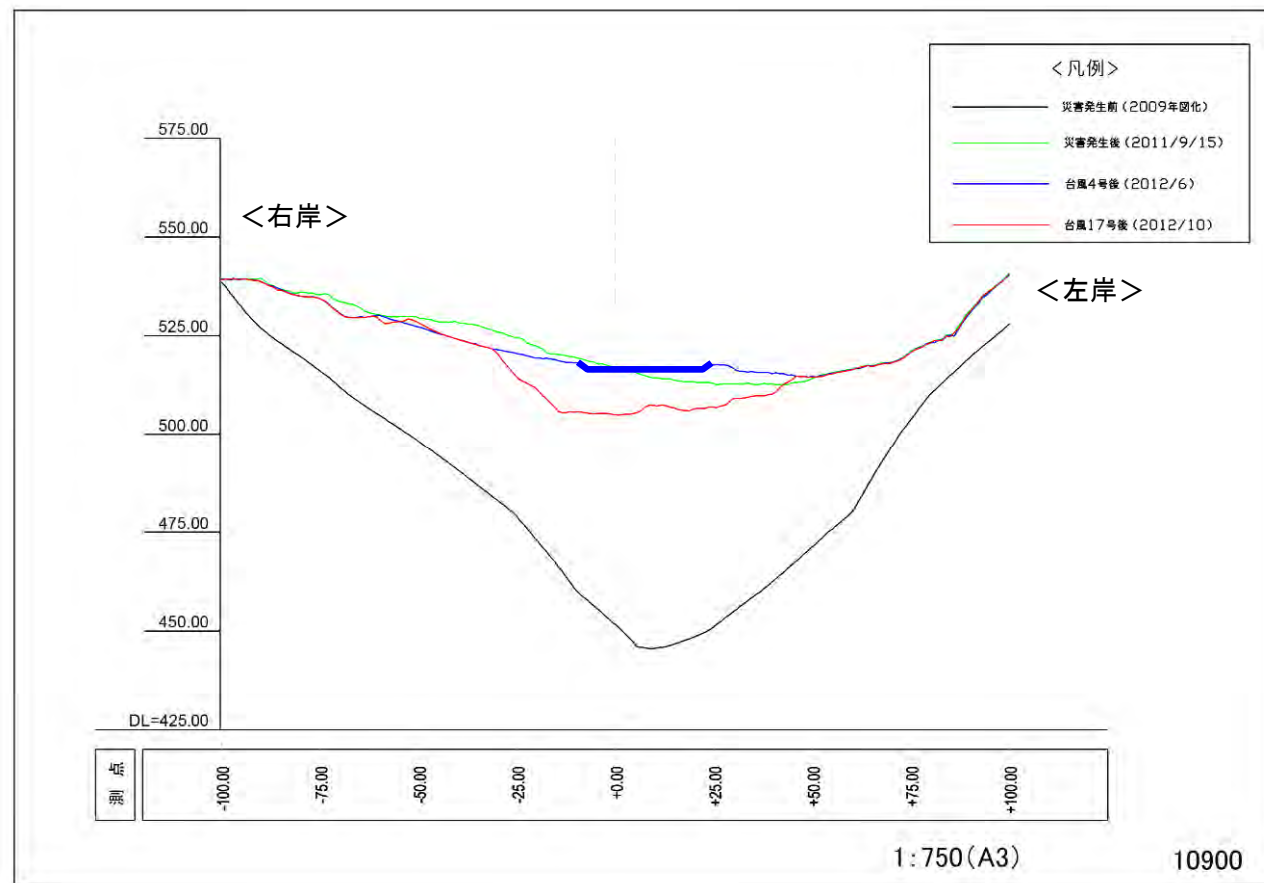


図-1.1.5(2) 水路工の侵食箇所横断図

1.1.3 シュート下流端付近の実態整理

台風 17 号時のシュート部減勢部（水平部）直下に設置された監視カメラ映像から、シュート下流端付近では、以下の事項が確認されている。

【シュート部下流端】

- ・ 15:35 頃の映像から、減勢部下流端直下左岸側のモルタル吹付工等の破壊が始まっていることが確認できるが、この段階では流水の位置に目立った偏りはみられない。その後 15:53 まで連続的に左岸側のモルタル吹付工が破壊されていることが確認できる。
- ・ 17:18 頃の映像では、減勢部下流端直下の流水が左岸側に集中していることから、左岸側の洗掘が顕著になっており、河床が低下していたと考えられる。
- ・ 17:18 頃の映像では、減勢部（水平部）左岸側に埋設されていたポンプ排水管が露出していることから、シュート部減勢部（水平部）の洗掘が進行していることが確認できる。

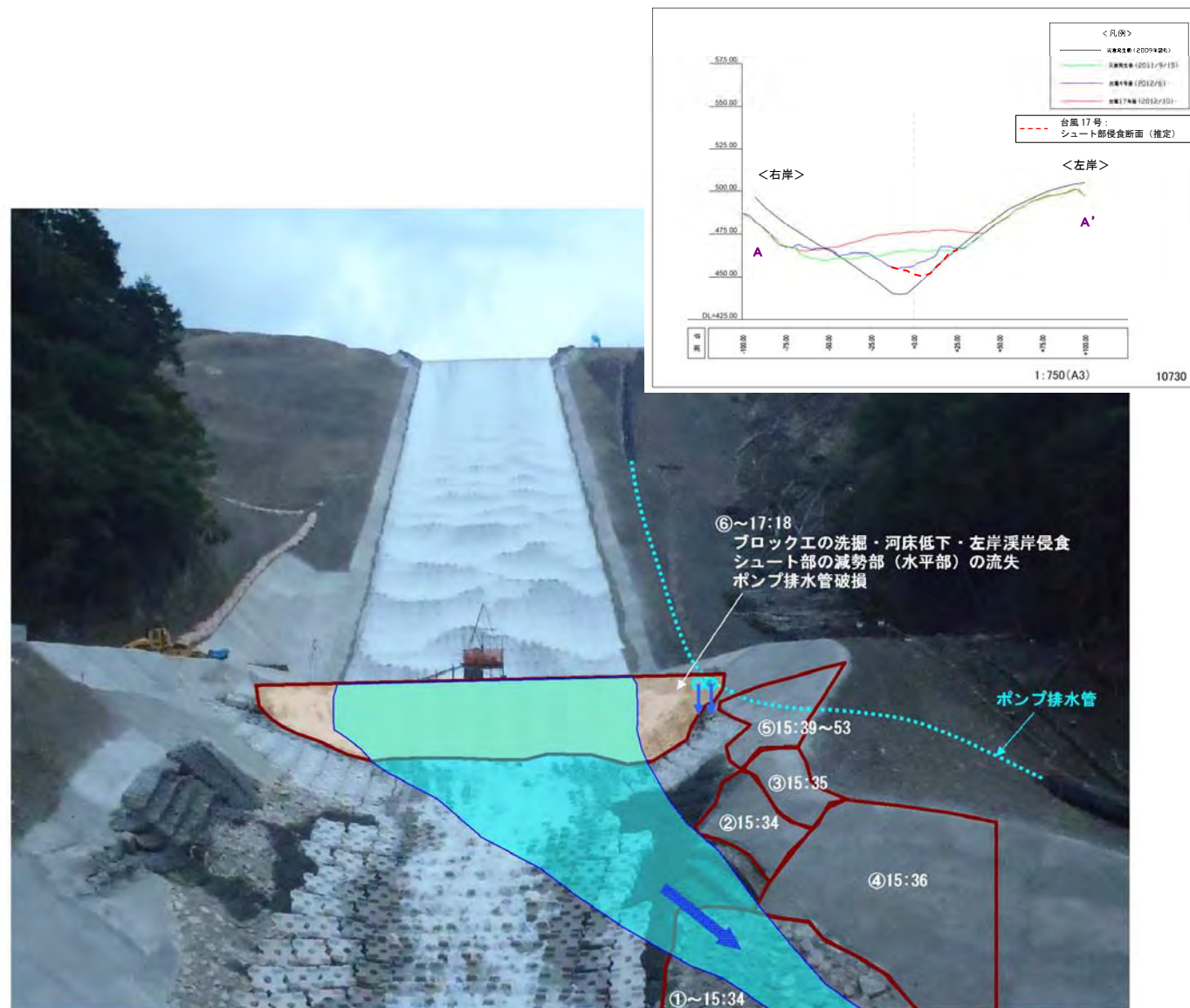


図-1.1.6 台風 17 号時のシュート部下流端付近の状況



図-1.1.7 監視カメラ映像（上：15:35 頃，下：17:18 頃）

1.2 栗平地区の侵食過程

1.2.1 栗平地区の水文特性

(1) 水収支について

栗平地区の侵食メカニズムの検証にあたり、河道閉塞部の流出特性を明らかにするため、現在観測されている各種データを用いて水収支について整理を行った。

水収支の概念図および現在の観測状況を以下に示す。

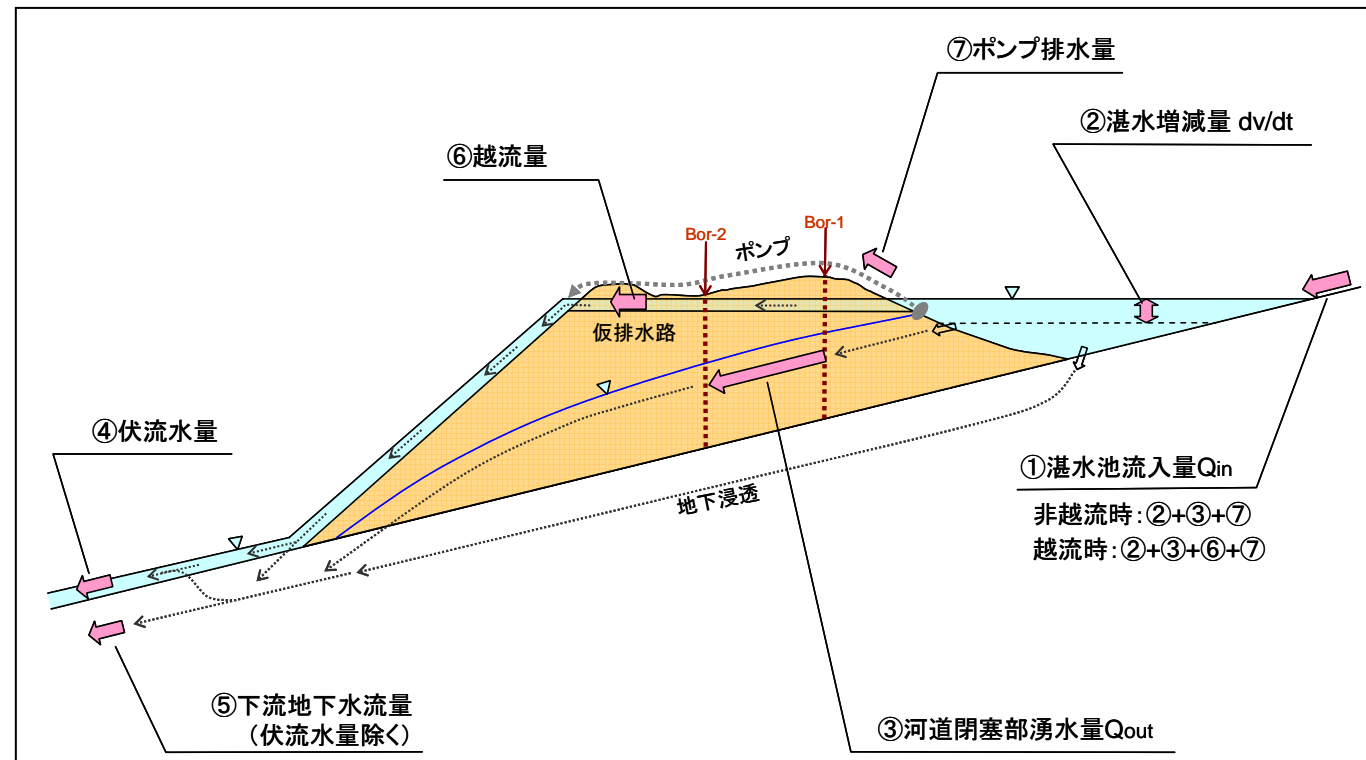


図-1.2.1 河道閉塞箇所周辺の水収支の概念図

【観測状況（栗平地区）】

- ① 湛水池流入量 : 湛水池上流で量水標・四角堰を設置している。(流速計は設置していない.)
*) 機器点検時(無降雨日)に実施する計測結果から H-Q 曲線を作成していることから、水位が低い範囲での流量推定精度はよいが、降雨イベント時の流量推定精度は悪い。
- ② 湛水増減量 : 水位計を設置しており、湛水池の水位観測を実施している。
- ③ 河道閉塞部湧水量 : 河道閉塞部のボーリング地点で地下水位の観測を実施している。
(動水勾配(地下水観測結果)、平均通水断面積、透水係数 K_s から算出可能.)
- ④ 伏流量 : 観測機器未設置(参考:長殿地区で下流河道部に量水堰を設置)
- ⑤ 下流地下水流量 : 観測機器未設置
- ⑥ 越流量 : 仮排水路内に水位計を設置している。
(湛水池の水位観測結果からマニング式による算出も可能.)
- ⑦ ポンプ排水量 : 排水ポンプ 12 台設置 (0.52m³/s : 最大)
8 インチ(口径 200mm) 22KW×8 台(最大揚程 33m), 8 インチ(口径 200mm) 19KW×4 台(最大揚程 30m)

2012 年台風 17 号等の降雨イベント時の水収支を整理するにあたって、「①湛水池への流入量」の推定精度が低い点が課題となっていた。そこで、地下水位の観測データから「③河道閉塞部湧水量」を推定し、観測値である「②湛水増減量」を用いて、「①湛水池への流入量」を推定した。

河道閉塞箇所における水収支整理の考え方を以下に示す。

【河道閉塞部の透水係数 K_s の算出（無降雨時）】

無降雨時かつ「②湛水増減量」がほとんどない期間について、河道閉塞部天端の上下流 2 箇所(ボーリング孔)の水位データを用い、ダルシー則を適用して各地区の河道閉塞部における透水係数 K_s を逆算する。

【河道閉塞部湧水量の推定（降雨イベント時）】

上記の透水係数 (K_s) とボーリング孔内水位を用いて、降雨イベント時における「③河道閉塞部湧水量」を求める。

栗平地区は、1 時間間隔の孔内水位データ期間が短いため、既往の「湛水池水位」と「河道閉塞部の地下水位」の関係から、降雨イベント時の地下水位を推定し、「③河道閉塞部湧水量」を算出する。(2012 年台風 17 号時出水の再現を目的とした推定値)

【湛水池流入量の推定（降雨イベント時）】

「③河道閉塞部湧水量」と「②湛水増減量」より、「①湛水池流入量」を求める。越流があった場合及びポンプ排水が実施された場合は、それぞれ「⑥越流量」「⑦ポンプ排水量」も考慮する。

【水収支の計算（降雨イベント時）】

検討対象とする降雨イベントを抽出し、その出水中の収支(①~③)の値を求める。

図-1.2.2 河道閉塞箇所の水収支検討フロー

次頁に栗平地区の観測機器設置状況図を示す。

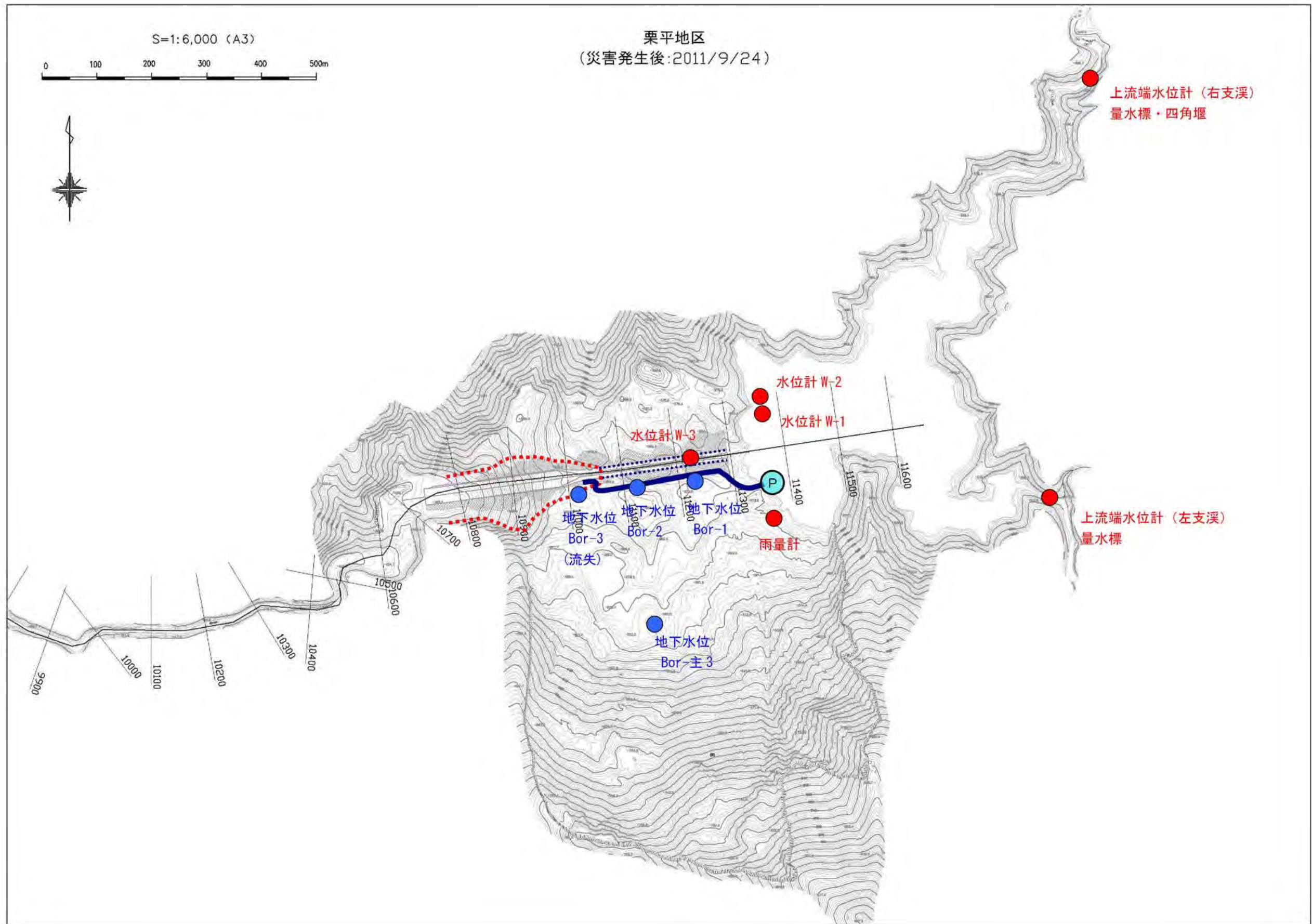


図-1.2.3 観測機器設置状況図 (栗平地区)

(2) 河道閉塞部の透水係数の算出

「②湛水増減量」(dV/dt) が 0 である時、「①湛水池流入量」(Qin) = 「③河道閉塞部湧水量」(Qout) と考え、当該期間の観測データから河道閉塞部における透水係数 (Ks) を算出する。

なお、河道閉塞部における透水係数の算出は、湛水池上流の水位観測結果より作成した H-Q 曲線を使用することから、湛水池上流の流入量水位が低い無降雨時を対象とした。

1) 算出方法

無降雨時の湛水池流入量 Qin

湛水池流入量の観測は、観測機器点検時に水位計と流速計を用いた流量観測を行っており、水位が低い期間の Qin は正確な値により近いと考えられる。

そこで、現地の流量観測結果より H-Q 曲線を作成し、Qin を 1 時間ごとに算出した。なお、Qin 算出のための水深 H は、現場に設置している水位計の値を採用する。また、栗平右支浜には四角堰が設置されており、四角堰による流量計測が行われている期間は四角堰の流量観測結果を Qin と扱う。

無降雨時の透水係数

「③河道閉塞部湧水量」はダルシー則に従うものとし、1) で求めた無降雨時の湛水池流入量 (Qin) から得られる河道閉塞部湧水量 (Qout)、河道閉塞部の動水勾配 (dz/dx)、河道閉塞部の通水断面積 (A) から、無降雨時の河道閉塞部透水係数 (Ks) を算出する。

$$Ks = Qout / (A \cdot dz/dx)$$

ここで透水係数の算出期間は、無降雨時かつ、湛水位が降雨の影響を受けずに安定し、湛水増減量 (dV/dt) がほぼ 0 で推移する期間とした。

各時間における透水係数を算出するとともに、透水係数算出期間毎の平均値、全透水係数算出期間の平均値も算出する。なお、栗平地区ではポンプ排水を実施していることから、Qin と当該期間のポンプ排水量を考慮して河道閉塞部湧水量 (Qout) 算出する。

河道閉塞部の動水勾配 (dz/dx)

河道閉塞部の地下水位観測地点のうち、湛水位の水位変動とリニアな関係を示す 2 箇所地下水位観測データを利用して動水勾配 (dz/dx) を求める。

河道閉塞部の通水断面積 (A)

河道閉塞部の通水断面積は、2011 年台風 12 号災害前後の横断図の重ね合わせ図と地下水位観測結果より求める。ここで、動水勾配を算出した 2 箇所地下水位観測地点における通水断面積の平均を A とする。

2) 算出結果

栗平地区における透水係数算出期間および透水係数算出結果を以下に示す。(ポンプ排水量を考慮)

表-2.1.1 無降雨時の透水係数算出結果 (栗平地区)

透水係数算出期間	透水係数(cm/s)
2012/12/11 19:00～2012/12/15 12:00 の平均値	2.37E-02
2012/12/19 2:00～2012/12/22 0:00 の平均値	1.97E-02
上記 2 時期の平均値	2.26E-02

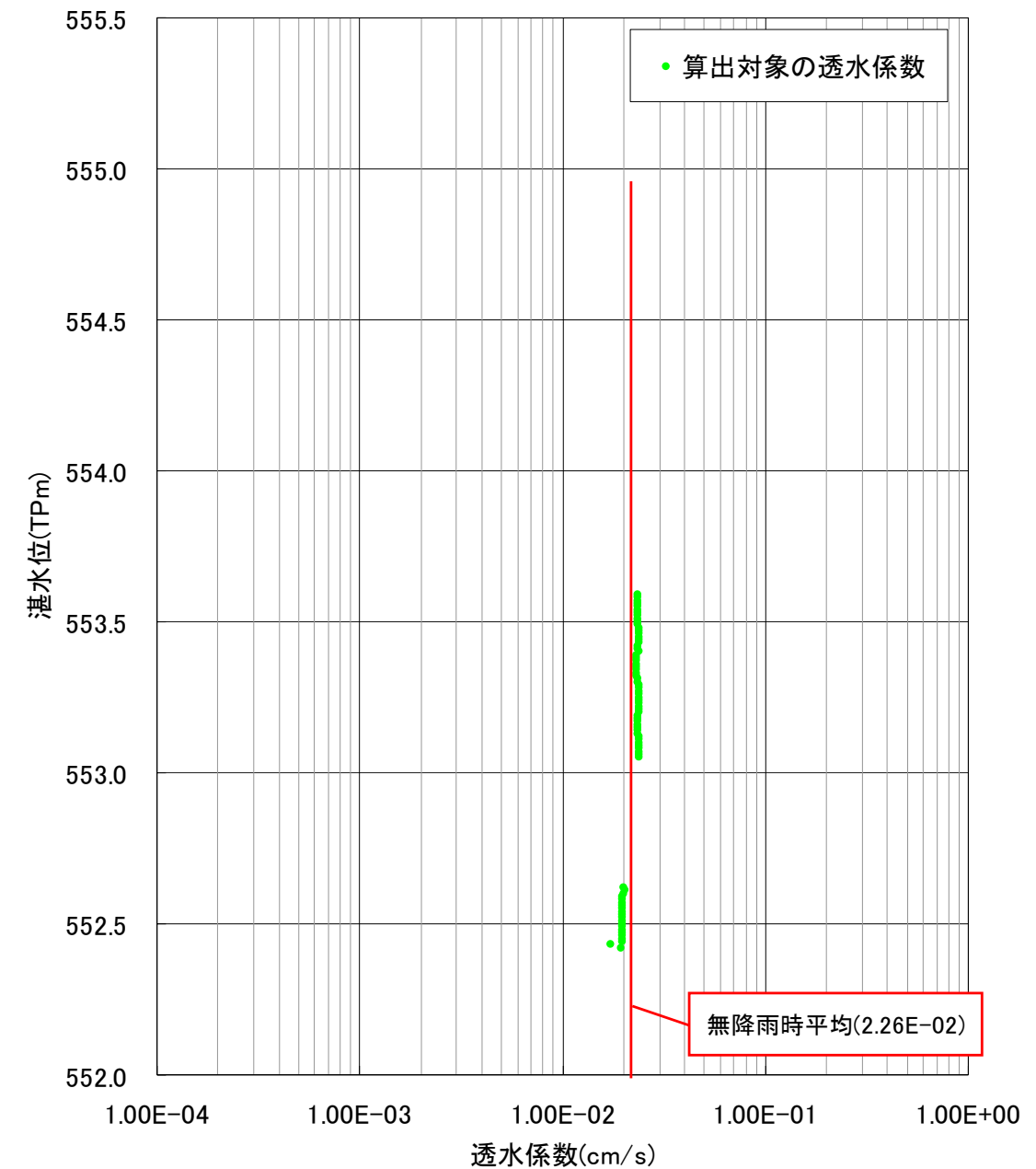


図-1.2.4 無降雨時の透水係数と湛水位の関係 (栗平地区)

3) 河道閉塞部の透水係数 Ks の設定

栗平地区で観測されている地下水位は、概ね深度-10~-40m 付近となっている（右図参照）。ボーリング調査箇所で行われている当該深度付近の現地透水試験結果は 10⁻¹~10⁻²cm/sec オーダー であり、無降雨時の湛水池流入量から算出した河道閉塞部の透水係数の平均値と同程度であった。

また、降雨イベント時における湛水位のピークと地下水位ピークの時間差、距離から到達速度を算定すると、10⁻¹~10⁻²cm/sec オーダー であり、無降雨時の湛水池流入量から算出した河道閉塞部の透水係数の平均値と同程度であった。

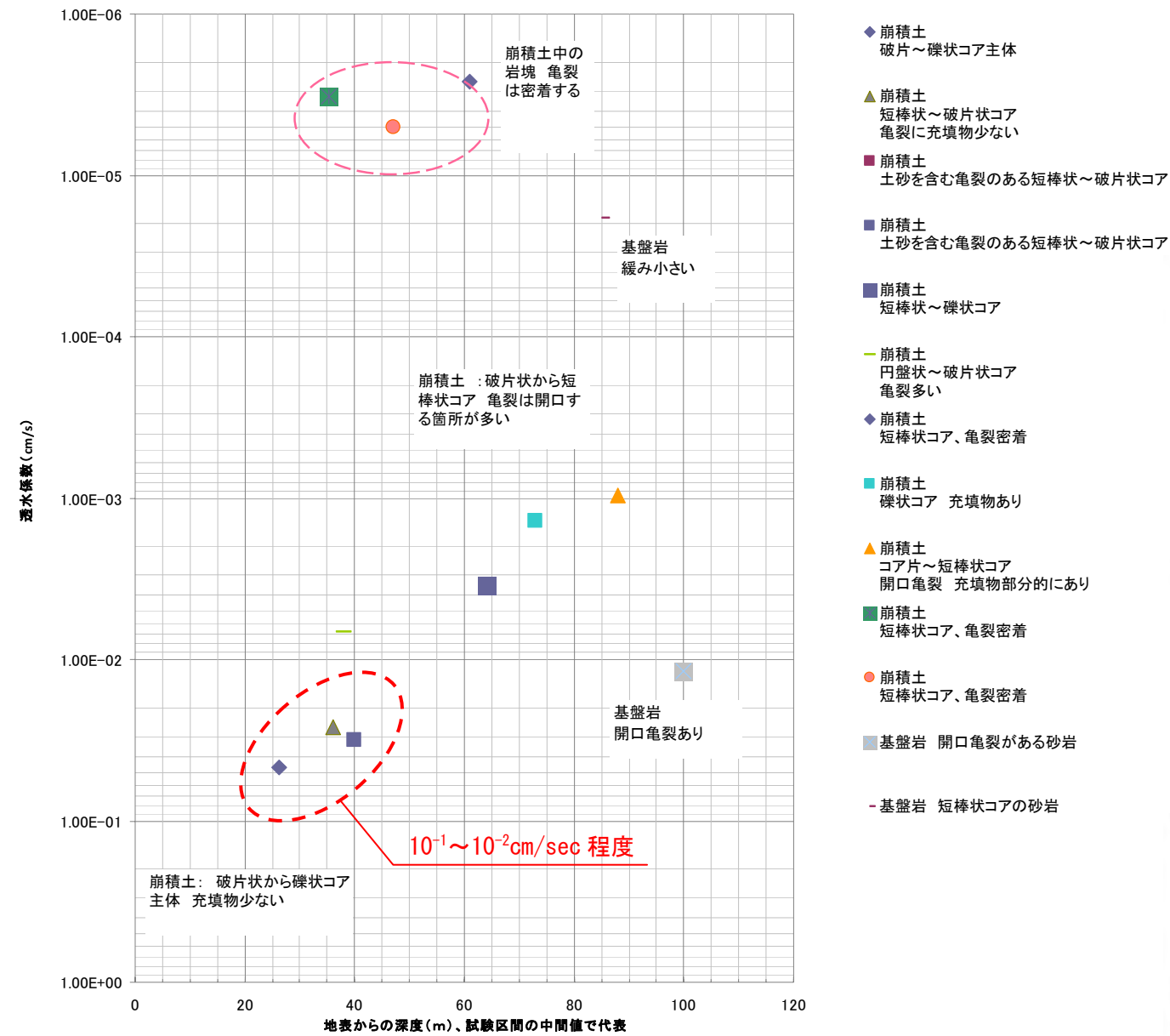


図-1.2.5 現地透水試験結果（栗平地区 Bor-1, Bor-2, Bor-3）

• 9/30 17:00~10/1 2:40 間=34,800 秒における到達速度
 $20,000 \div 34,800 = 5.7 \times 10^{-1} \text{ cm/sec}$

• 9/19 5:40~9/24 15:00 間=469,200 秒における到達速度
 $20,000 \div 469,200 = 4.3 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$

※仮排水路呑口と地下水位観測孔（天然ダム-2）との距離=200m（20,000cm）

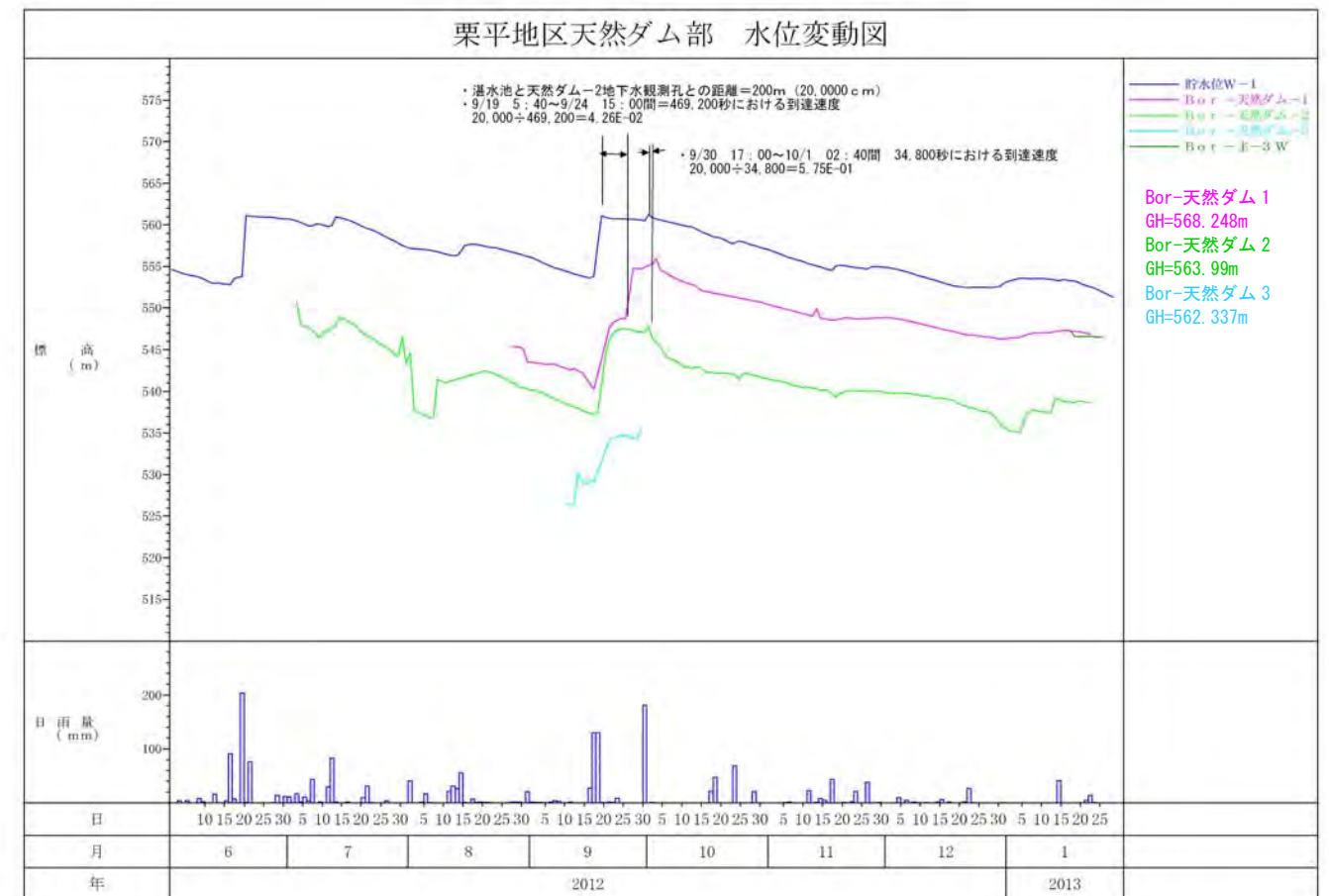


図-1.2.6 地下水位変動図（栗平地区）

以上の結果から、河道閉塞部における透水係数（Ks）は、無降雨時の透水係数算出結果の平均値（2.26 × 10⁻²cm/sec）を用いるものとした。

(3) 降雨イベント時の水収支 (栗平地区)

設定された河道閉塞部の透水係数 (Ks) と地下水位観測結果から得られる動水勾配 (dz/dx), 河道閉塞部の通水断面積 (A) から, 降雨イベント時の「③河道閉塞部湧水量」(Qout) を算出した。

上記で算出された「③河道閉塞部湧水量」および「②湛水増減量」より「①湛水池流入量」を算出した。なお, 越流があった場合及びポンプ排水が実施された場合は, それぞれ「⑥越流量」「⑦ポンプ排水量」も考慮した。ポンプ排水量は現地でのポンプ稼働台数×1台あたり排水量理論値から算出した。

栗平地区では, 2012年9月の台風16号および台風17号を対象の降雨イベントとし, 当該期間における水収支を整理した。なお, 損失高は現地雨量計の値を基に算定している。

栗平地区の水収支整理結果によると, 台風17号時の水収支は, 損失量が小さく, 越流量が大きい特徴がある。一方, 「③河道閉塞部湧水量」(Qout) は, 湛水池流入量や湛水増減量との連動は見られず, ほぼ同程度の値となっている。

表-2.2.2 検討対象降雨イベントの水収支内訳表

イベントNo	検討対象降雨イベント	総雨量 (現地) (mm)	湛水池 流入高 (推定) Qin (mm)	損失高 (mm)	湛水 増減高 dV/dt (mm)	河道閉塞部 湧水高 Qout (mm)	越流高 (mm)	ポンプ 排水高 (mm)
①台風16号降雨	2012/9/16 6:00~2012/9/19 17:00 (83時間)	292.0	197.43	94.57	136.26	9.28	43.85	8.04
②台風17号降雨	2012/9/30 10:00~2012/9/30 20:00 (10時間)	231.5	219.49	12.01	4.07	7.93	193.49	13.99

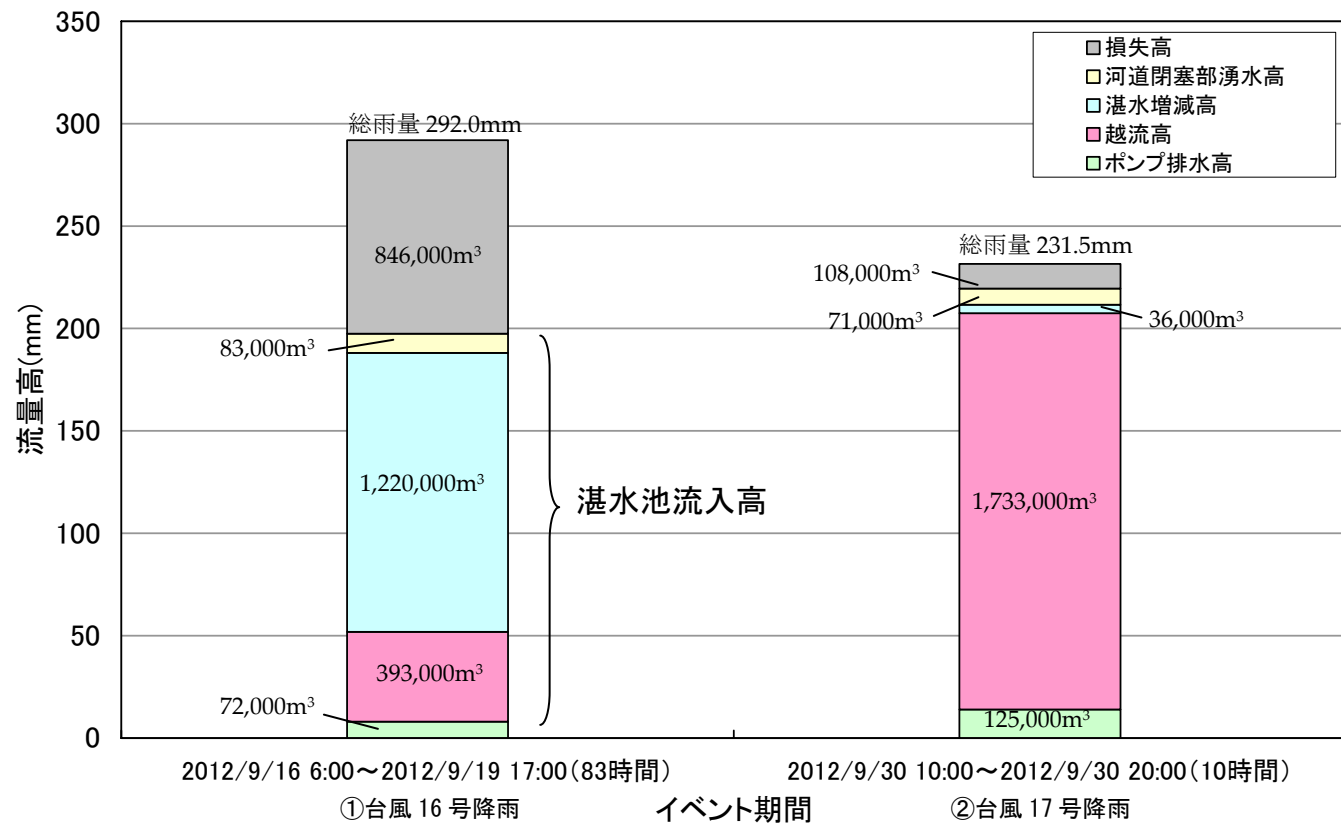
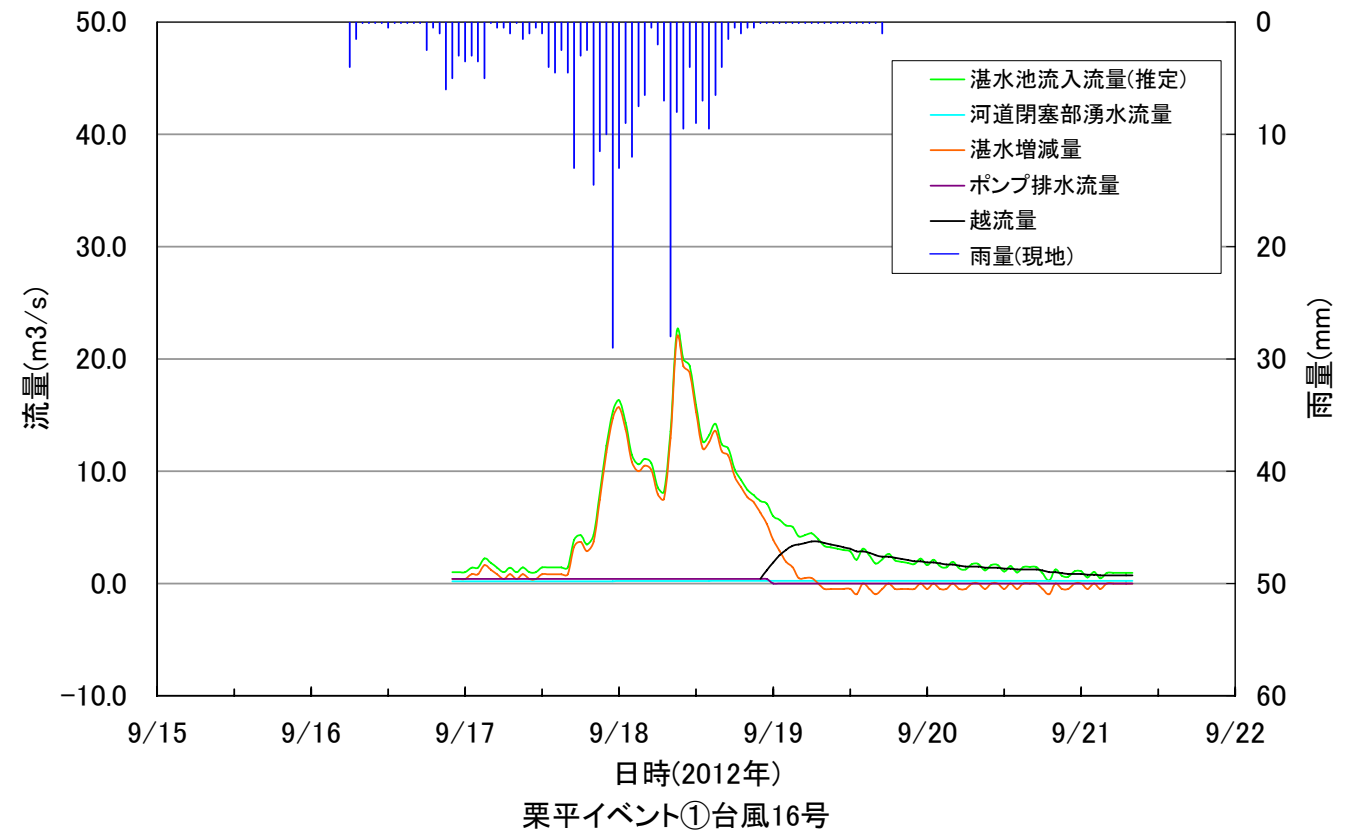
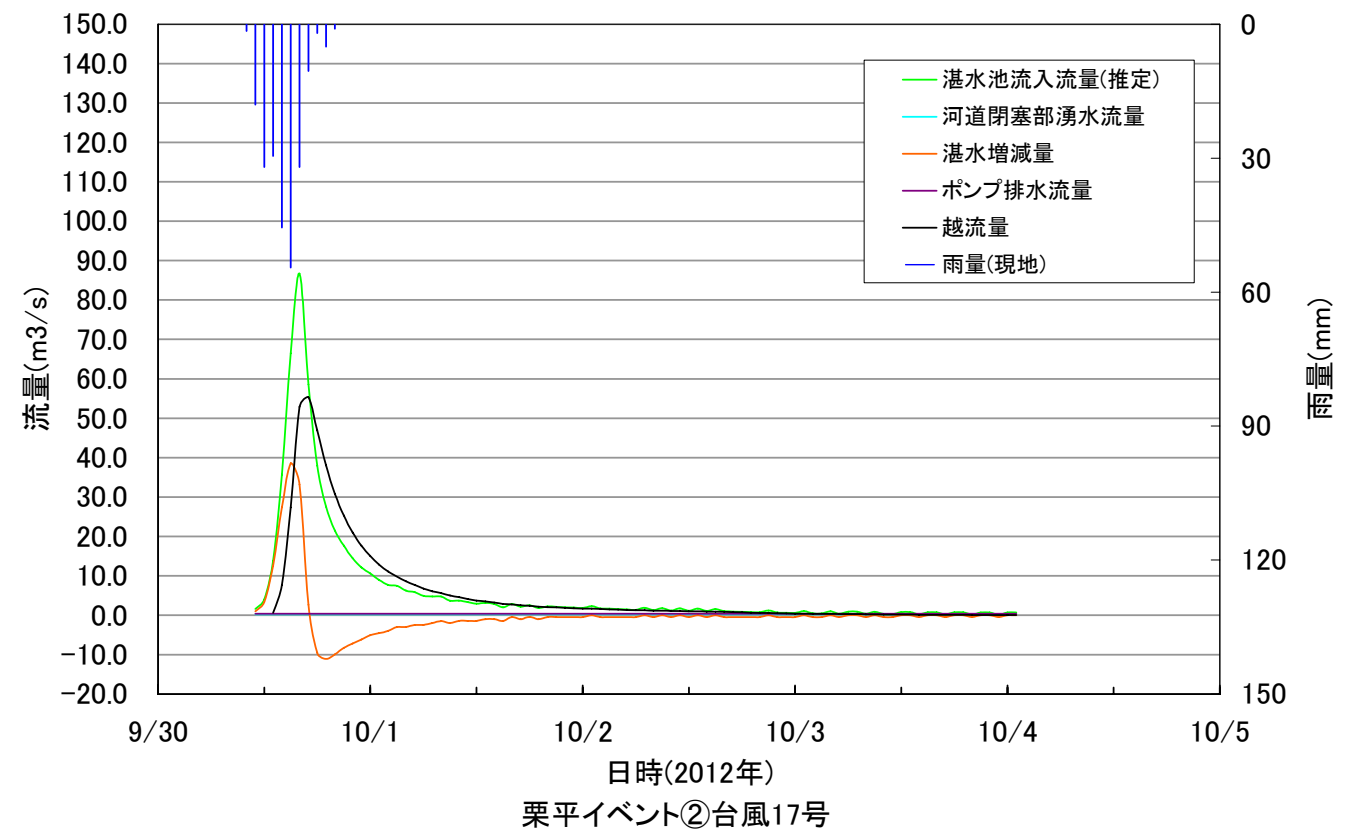


図-1.2.7 降雨イベント時の水収支 (栗平地区)



栗平イベント①台風16号



栗平イベント②台風17号

図-1.2.8 降雨イベント時のハイドログラフ (栗平地区)

1.2.2 浸透破壊に対する安定性について

栗平地区を対象に浸透流解析を実施し、河道閉塞部の浸透破壊に対する安定性評価を実施した。浸透破壊の安定性評価にあたっては、河道閉塞部をマクロ的にみてダルシー則に基づく飽和・不飽和浸透流解析を適用できるとし、数値解析を実施した。

(1) 浸透流解析

浸透流解析に用いるパラメータは既往調査結果等を用いるものとし、限界動水勾配、有効応力解析、地盤改良部の材料評価の結果から、それぞれ浸透破壊の有無について確認した。

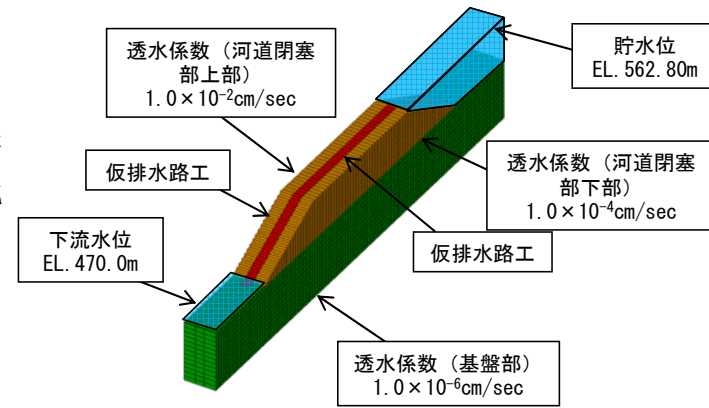


図-1.2.9 浸透流解析モデル

【解析モデル】

地形形状：台風17号による侵食発生前の河道閉塞部の形状を設定した。

仮排水路工：台風17号による侵食前の仮排水路工を設定し、当該部分は浸出（排出）しない点とした。

透水系数：前述の現地透水試験結果では、深度0m～45m付近は $1.0 \times 10^{-1} \sim 1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 程度、深度45m付近～100m付近（基盤岩）は $1.0 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 程度であった。

そこで、河道閉塞部上部、河道閉塞部下部、基盤部の3層に分け、それぞれ透水系数 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 、 $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/sec}$ 、 $1.0 \times 10^{-6} \text{cm/sec}$ を設定した。

水位：湛水位は2012/9/30 17:00に観測された最高水位 EL=562.80mを用い、下流側は EL.470.00m とした。

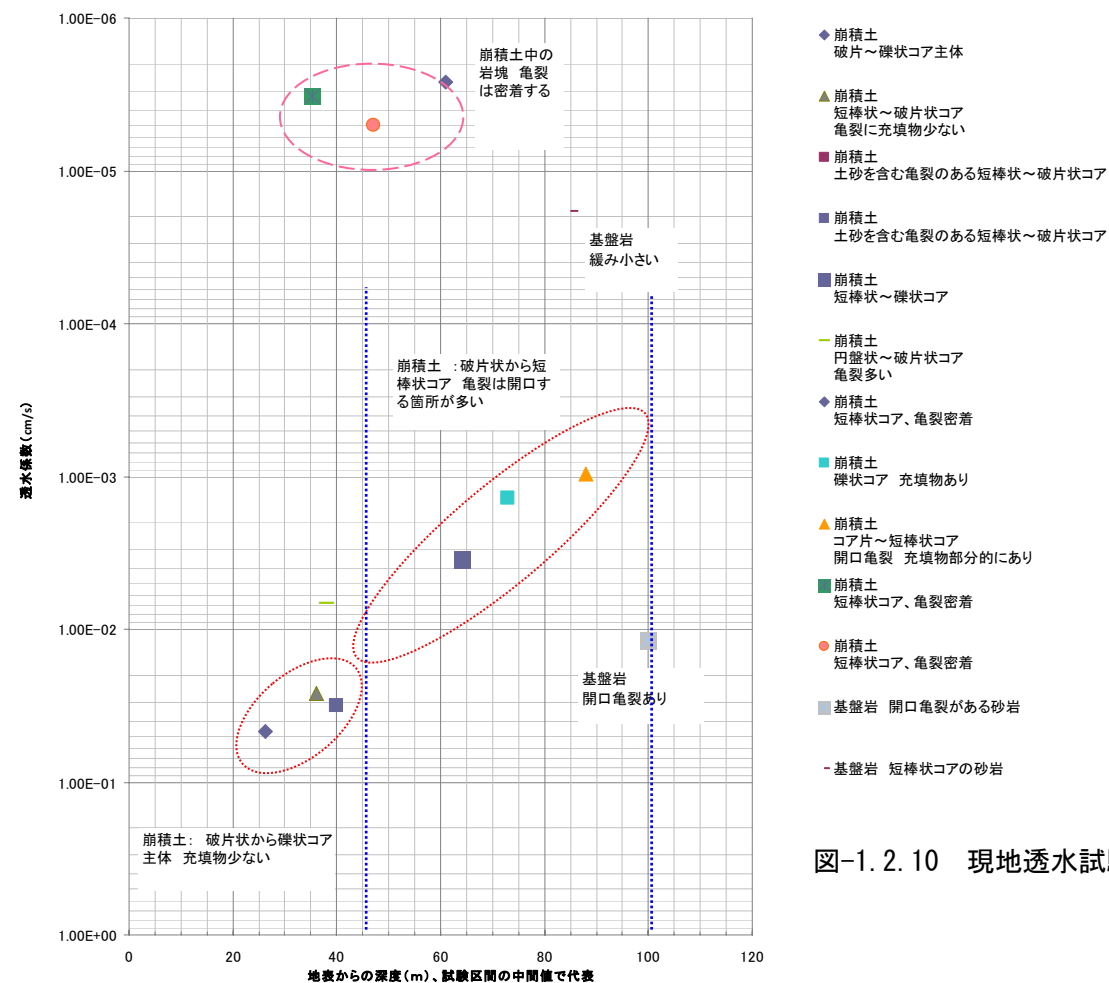


図-1.2.10 現地透水試験結果

(2) 限界動水勾配による評価

栗平地区の土質試験結果から得られる限界動水勾配（浸透水圧が土粒子間に働く抵抗力に打ち勝ち土粒子は移動するときの勾配）と前述のモデルを用いた浸透流解析の結果から得られる動水勾配（地下水位より算出）を比較し、浸透破壊の有無について確認した。

$$i_c = \gamma' / \gamma_w = (1 - n)(G_s - 1) = \frac{G_s - 1}{1 + e}$$

ここに、 γ' : 土の水中単位体積重量, n : 土の間隙率, e : 土の間隙比, G_s : 土粒子の比重, γ_w : 水の単位体積重量

栗平地区の土質試験結果から土粒子の比重は $2.6 \sim 2.7 \text{g/cm}^3$ 程度であったことから、比重 (G_s) を2ケース、間隙率 (n) を3ケース ($0.35 \sim 0.50$) とし、各ケースにおける限界動水勾配を算出した。また、動水勾配は、浸透流解析により2012/9/30の地下水位を再現し、その際の動水勾配を確認した。

その結果より、浸透流解析結果から得られる動水勾配は、河道閉塞部末端付近で0.7程度となっており、試験値から得られる限界動水勾配 ($0.8 \sim 1.105$) より小さいことから、浸透破壊は生じないと判断される。

表-2.2.3 試験値から得られる限界動水勾配

Gs: 比重	n: 間隙率	ic: 限界動水勾配	河道閉塞部末端
2.6	0.5	0.8	0.7
	0.4	0.96	
	0.35	1.04	
2.7	0.5	0.85	
	0.4	1.02	
	0.35	1.105	

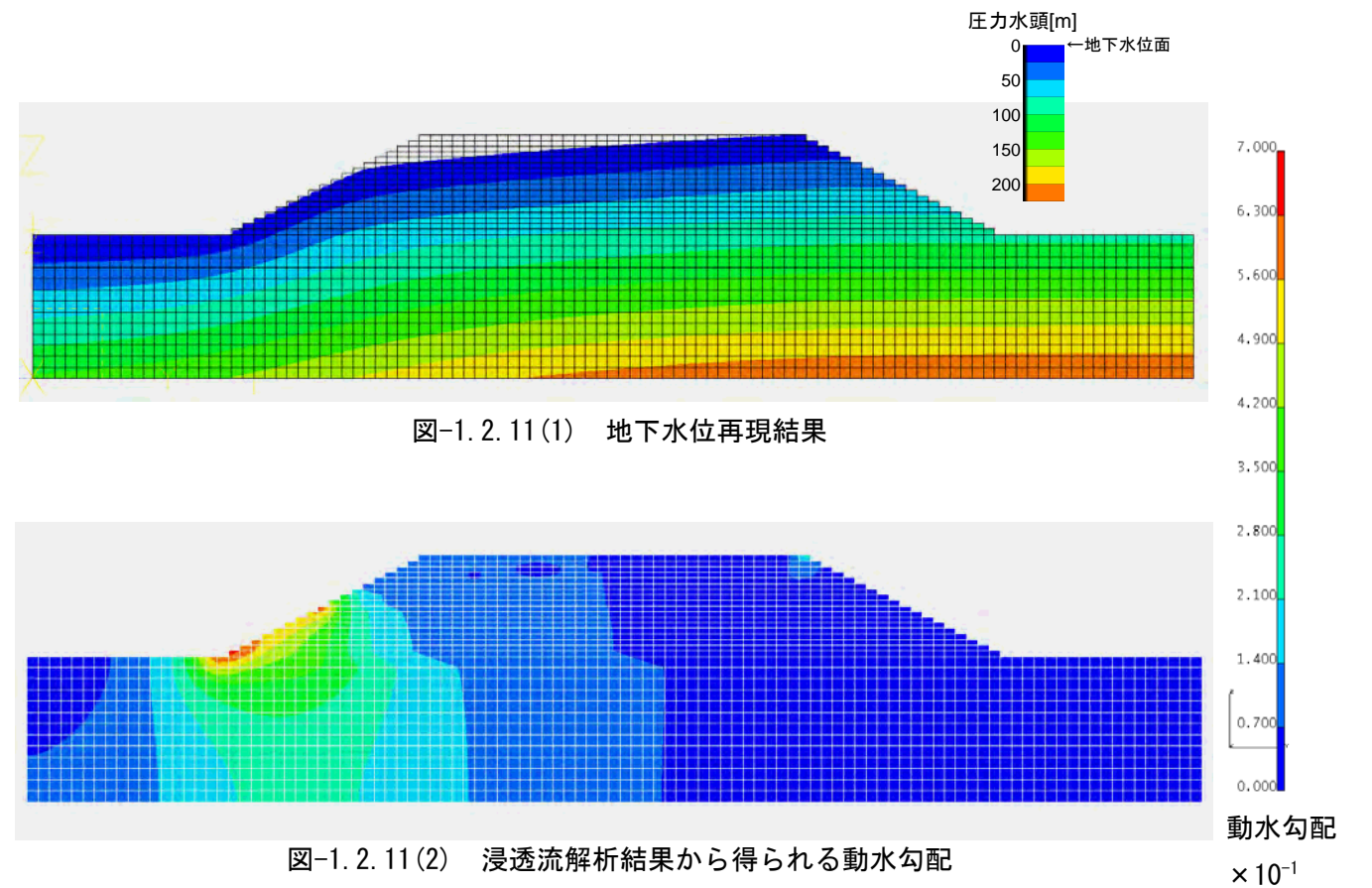


図-1.2.11(1) 地下水水位再現結果

図-1.2.11(2) 浸透流解析結果から得られる動水勾配

(3) 有効応力解析による評価

有効応力解析として、以下の流れで評価を実施した。

- ①「現地で実施された河道閉塞部の土質試験結果の粘着力、内部摩擦角」および「台風 17 号後河道閉塞部横断方向形状から逆算した粘着力、内部摩擦角」（後述）の値を用いて破壊線を設定する。
- ②河道閉塞部に地下水が作用する前の応力状態を設定する（全応力円）。
- ③②の状態に浸透力解析で求められた間隙水圧した場合の応力状態の変化を示す（有効応力円）。
- ④③の応力状態と①との距離から、安定性を検討する。

浸透流解析で求められた間隙水圧が作用した場合、河道閉塞部末端の応力状態は、「現地で実施された河道閉塞部の土質試験結果の粘着力、内部摩擦角」および「台風 17 号後河道閉塞部横断方向形状から逆算した粘着力、内部摩擦角」のそれぞれから得られる破壊基準線を下回っており、破壊には至らないと判断される。

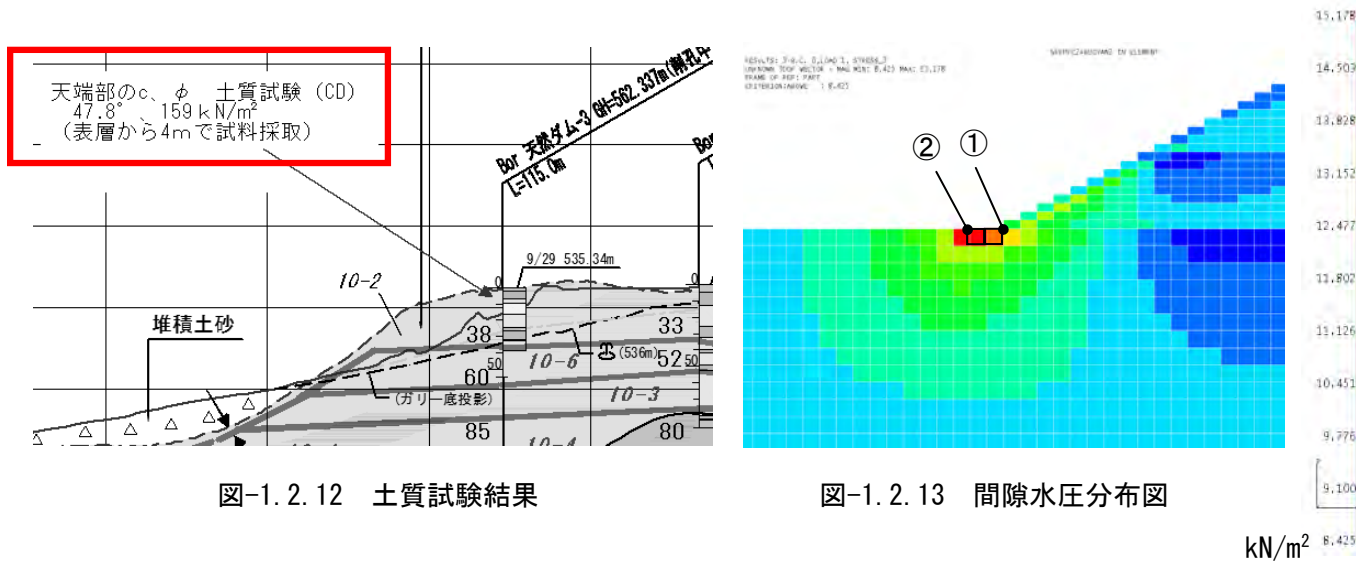


図-1.2.12 土質試験結果

図-1.2.13 間隙水圧分布図

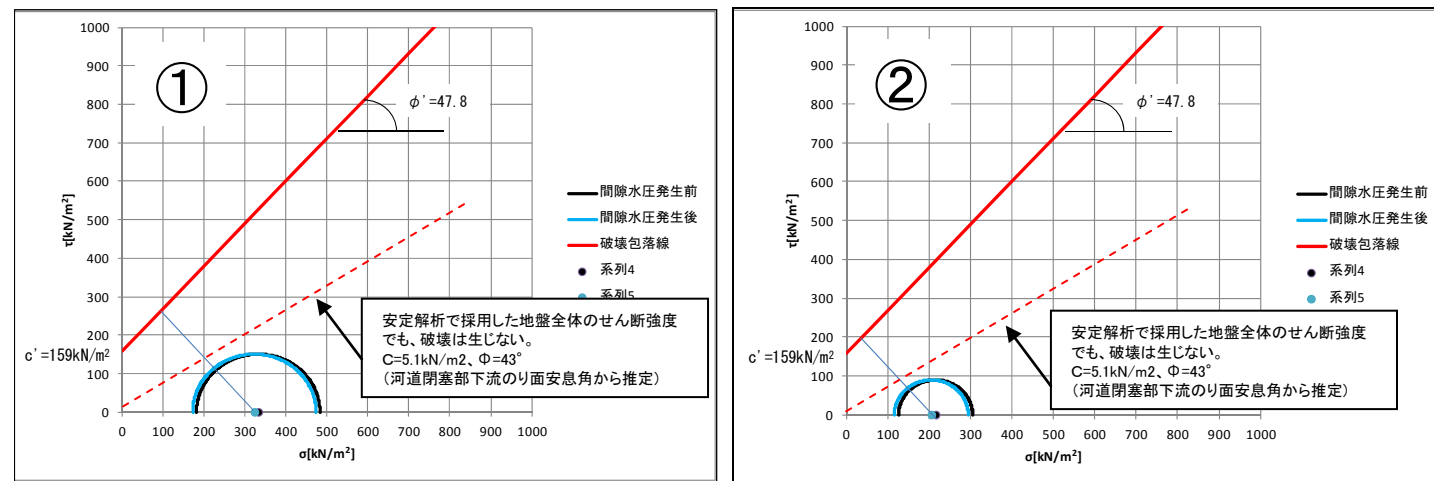


図-1.2.14 有効応力解析結果

(4) 地盤改良部の材料による評価

浸透流解析で求められた間隙水圧は作用した場合、地盤改良部の目標強度と比較して小さいことから、間隙水圧が作用しても、それによって地盤改良部が破壊されることはないと判断される。

- ・仮排水路の地盤改良部の目標値の強度： 0.5N/mm² (=500kN/m²)
- ・浸透流解析で求められた間隙水圧： 約 15kN/m²の水圧が作用（地盤改良部）

地盤改良部の目標強度 500kN/m² > 間隙水圧 15kN/m²

表-2.2.4 目標強度レベル

	目標強度 (設計強度)	室内試験目標強度 (配合強度)
目標強度レベルⅠ	0.5~1.5 N/mm ²	0.75~2.25 N/mm ²
目標強度レベルⅡ	1.5~3.0 N/mm ²	2.25~4.5 N/mm ²
目標強度レベルⅢ	3.0~6.0 N/mm ²	4.5~9.0 N/mm ²
目標強度レベルⅣ	6.0~18.0 N/mm ²	9.0~27.0 N/mm ²
目標強度レベルⅤ	18.0~21.0 N/mm ²	27.0~31.5 N/mm ²
目標強度レベルⅥ	21.0 N/mm ² 以上	31.5 N/mm ² 以上

1.2.3 試行円弧すべり解析結果（不安定領域の発生場を検討）

河道閉塞土砂が流出したメカニズムは、法肩からの大規模円弧すべり破壊、法尻から上方への逐次破壊などが想定されるが、ここでは試行円弧すべり解析を用いて、最小安全率円弧すべり領域の発生場を検討した。安定計算式は Fellenius 法を用いた。

$$F_s = \frac{\sum \{C \cdot l + (W \cdot \cos \alpha - u \cdot l) \cdot \tan \phi\}}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

ここで、

- F_s : 安全率
- C : 粘着力 (kN/m²)
- l : スライスすべり面長さ (m)
- W : スライス重量 (kN/m)
- α : すべり面傾斜角度 (°)
- u : 単位間隙水圧 ($U=h_w \cdot \gamma_w$) (kN/m²)
- h_w : 水位からすべり面の平均深さ (m)
- γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³)
- ϕ : 内部摩擦角 (°)

(1) 解析方法

試行円弧すべり解析は、想定される現象を踏まえ、以下の3ケースを実施した。なお、地下水位は浸透流解析で得られた台風17号時の地下水位とした。また、台風4号による減勢部の洗掘深に基づき、本解析における洗掘深を9mに設定した。

- ケース1 : 河道閉塞部の下流法肩から発生する円弧すべり破壊を想定した安定解析
- ケース2 : 河道閉塞部の下流法尻から発生する円弧すべり破壊を想定した安定解析
- ケース3 : 台風4号後の洗掘地形で安定解析

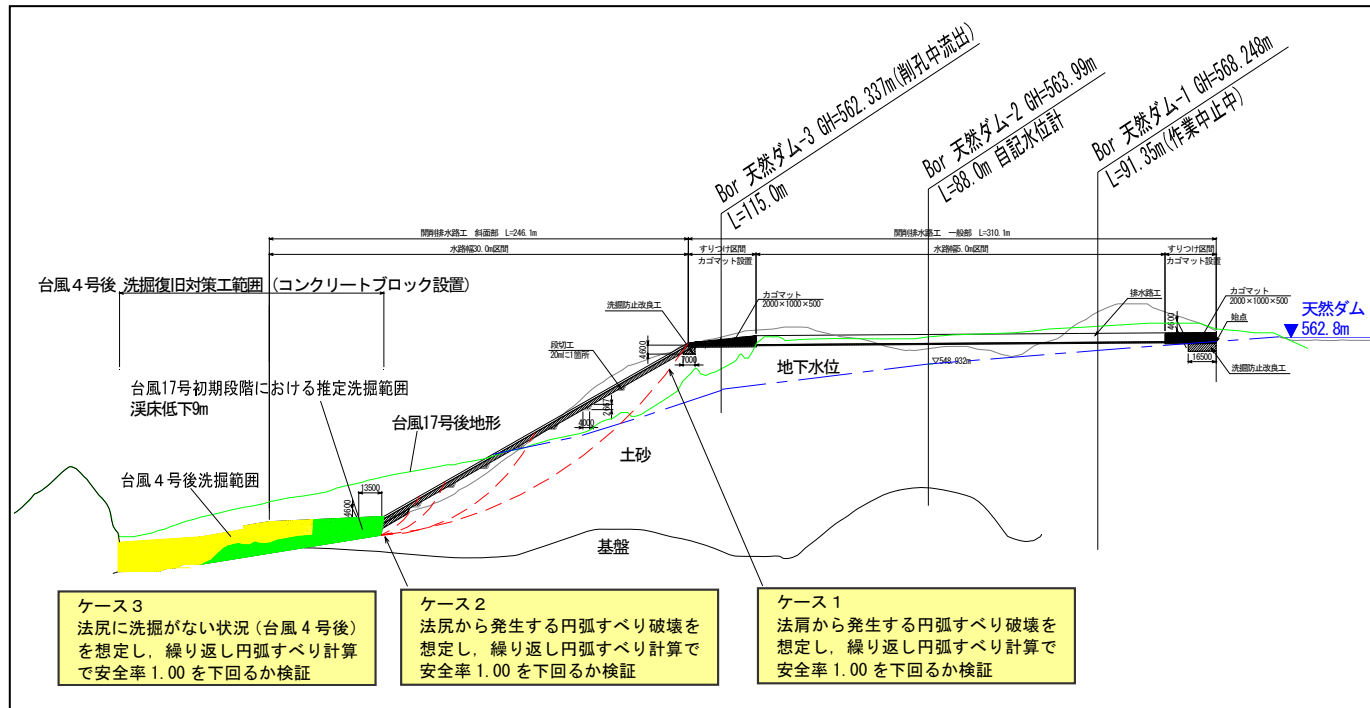


図-1.2.9 安定解析条件

【土質定数（河道閉塞部）】

- 単位体積重量 : 土質試験結果の湿潤密度より設定 (20kN/m³)
- 内部摩擦角 : 台風17号後の河道閉塞部侵食断面の安息角より設定 ($\phi=43^\circ$)
- 粘着力 : 台風17号後の河道閉塞部侵食断面の現状安全率を $F_s=1.00$ として、粘着力 C を逆算した。
($C=5.1\text{kN/m}^2$)

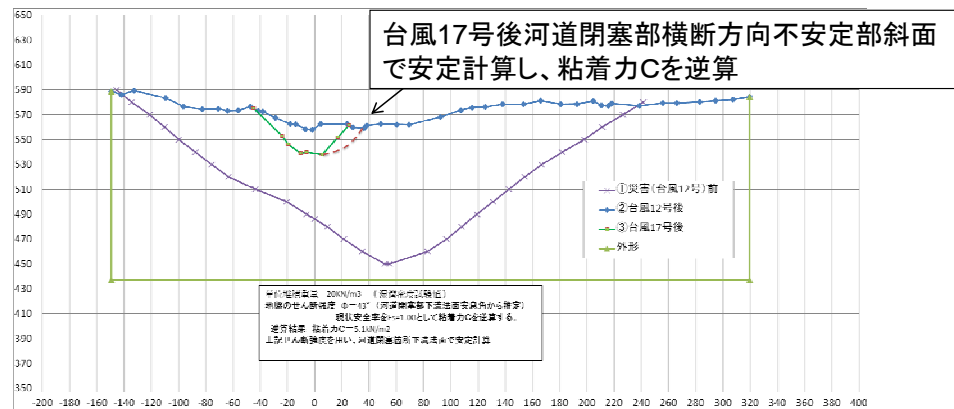
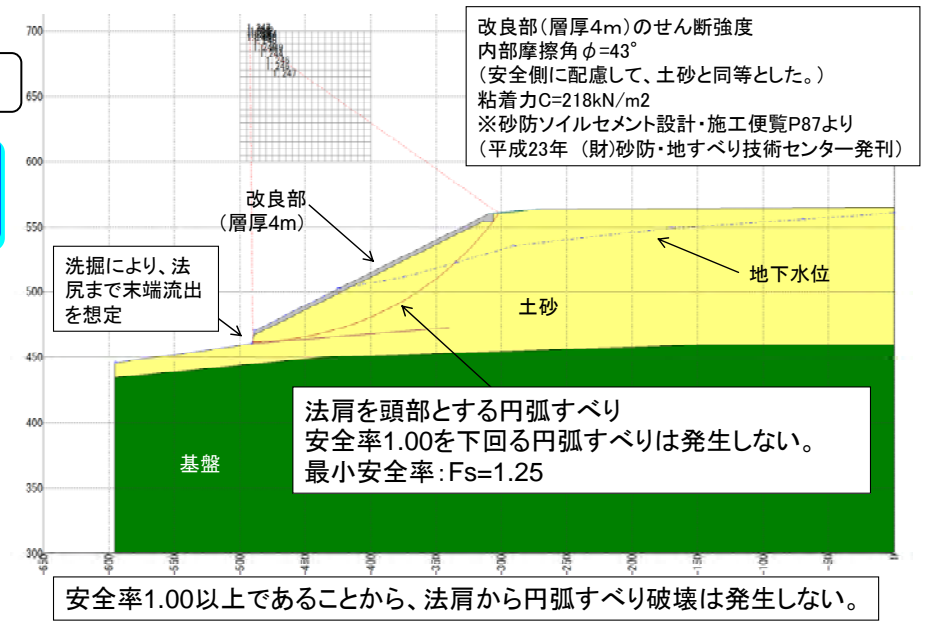


図-1.2.10 土質定数の設定イメージ

(2) 解析結果

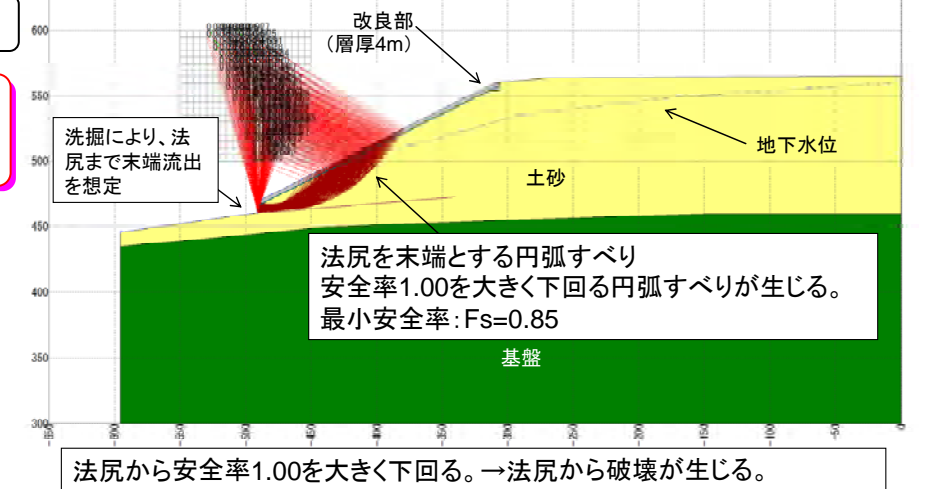
ケース1：安定解析結果断面図

シュート部の下流端が洗掘されても法肩からの崩壊は発生しない。



ケース2：安定解析結果断面図

シュート部の下流端が洗掘されると法尻から崩壊が発生する。



ケース3：台風4号後地形における安定解析 (法尻に洗掘無し)

シュート部の下流端が洗掘されなければ法尻からの崩壊は発生しない。

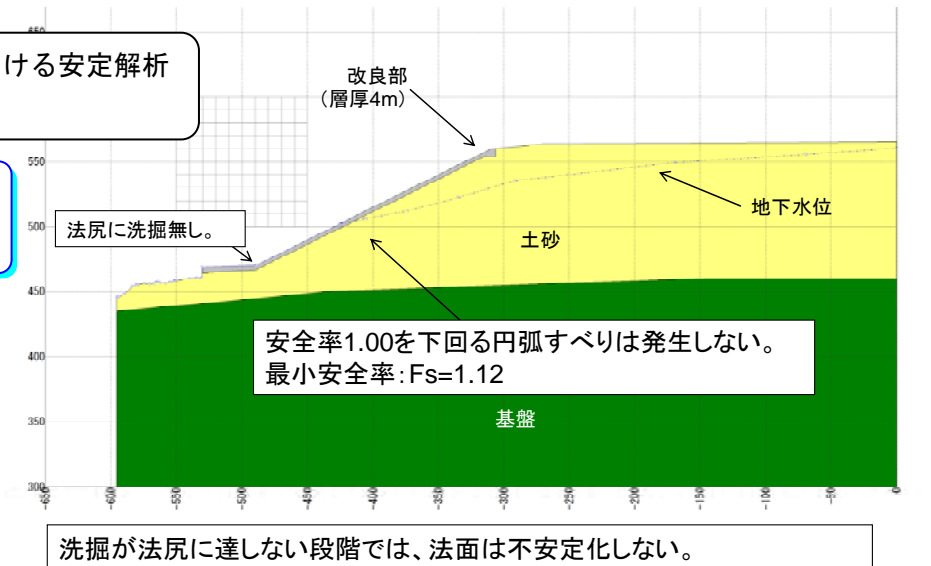


図-1.2.11 試行円弧すべり解析結果

1.2.4 栗平地区の侵食過程

以上の解析結果等に基づき、栗平地区における侵食過程について再整理した。以下に各解析結果の総括を示す。

- 水収支の整理結果から、台風16号前の湛水位が低かったために、台風16号時に上流河道から流入した流水によって湛水位が上昇して越流を開始したが、台風17号までに湛水位が低下せず（河道閉塞部内部に浸透しなかった）、台風17号時に上流河道から流入した流水の多くが越流したと推定される。
 - 台風17号時における越流量が多かった
- 浸透破壊の可能性について、浸透流解析、動水勾配、有効応力解析、地盤改良部の材料評価によって検証した結果は以下の通りである。
 - 河道閉塞部の下流末端（法尻）に浸透流が集中しているが、破壊に至る力はない。
 - 河道閉塞部内の動水勾配は限界動水勾配よりも小さい。
 - 間隙水圧が作用した場合の河道閉塞部の下流末端の応力状態は、現地の土質試験結果に基づく有効応力解析から得られる破壊基準線を下回っている。
 - 仮排水路における砂防ソイルセメントの圧縮強度は間隙水圧よりも大きい。
 - 浸透破壊が発生した可能性は低い
- CCTV画像の詳細解析の結果から、15:35頃から減勢部下流端直下左岸側のモルタル吹付工等の破壊が始まり、その後15:53頃まで連続的に左岸側のモルタル吹付工が破壊され、17:16頃には、減勢部下流端直下の流水が左岸側に集中して左岸側の洗掘が顕著となり、河床が低下してシュート部減勢部（水平部）の洗掘が進行したと考えられる。18:02頃には、シュート部減勢部（水平部）はほとんど流出し、河床の洗掘が進行したと考えられる。
 - 河道閉塞部の下流端が侵食・流出した
- 詳細な地形解析結果から、台風17号による侵食幅は、仮排水路の幅よりやや広い程度であり、仮排水路脇のボーリング機械（Bor-3）も原位置の数10m直下に落下したにすぎない。
 - 侵食範囲は縦断方向に卓越し、横断方向への広がり小さく、徐々に進行した



図-1.2.12 ボーリング機械（Bor-3）落下状況

- 試行円弧すべり解析結果から、河道閉塞部の下流法尻からは破壊しないが、シュート部減勢部（水平部）が流出した状態であると河道閉塞部の下流法尻から破壊することが確認された。
 - 河道閉塞部の下流末端は不安定な状態にあった

以上のことから、平成24年台風17号による河道閉塞部の侵食過程は次のように推定される。

- ①シュート部下流端の洗掘が進行し、下流河道の河床が侵食・低下
- ②シュート部の下部が洗掘し、河道閉塞部の直下に堆積
- ③シュート部の洗掘が上流端まで到達
- ④③以降、河道閉塞土砂の侵食・流出・堆積が進行し、一部は下流河道へ流出、現状に至る

- * 河道閉塞部の中で伏流水の流量が増加し、地下水位が上昇し、河道閉塞部の下流端に浸透流が集中していたが、現段階では浸透破壊に至った可能性は考えられない。
- * 台風16号によって地下水位は相対的に高い状態にあった。

栗平地区の侵食過程から、対策工の配置に際して、以下の留意点が明らかとなった。

- ① 河道閉塞部の高低差が大きく、越流破壊を防止するための排水路工を設置する場合、排水路工下流端の洗掘によって大規模な侵食破壊が発生する可能性がある。
- ② 仮排水路の整備によって越流破壊および浸透破壊を防ぐことに加えて、河道閉塞部下流端の侵食を防止するためには、河道閉塞部の下流端に基幹となる堰堤工の早期整備が重要である。

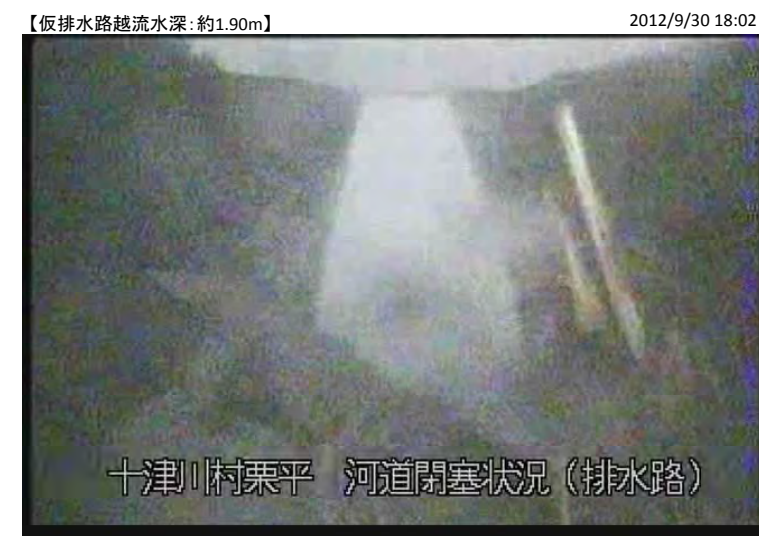


図-1.2.13 監視カメラ映像（上：17:16頃、下：18:02頃）

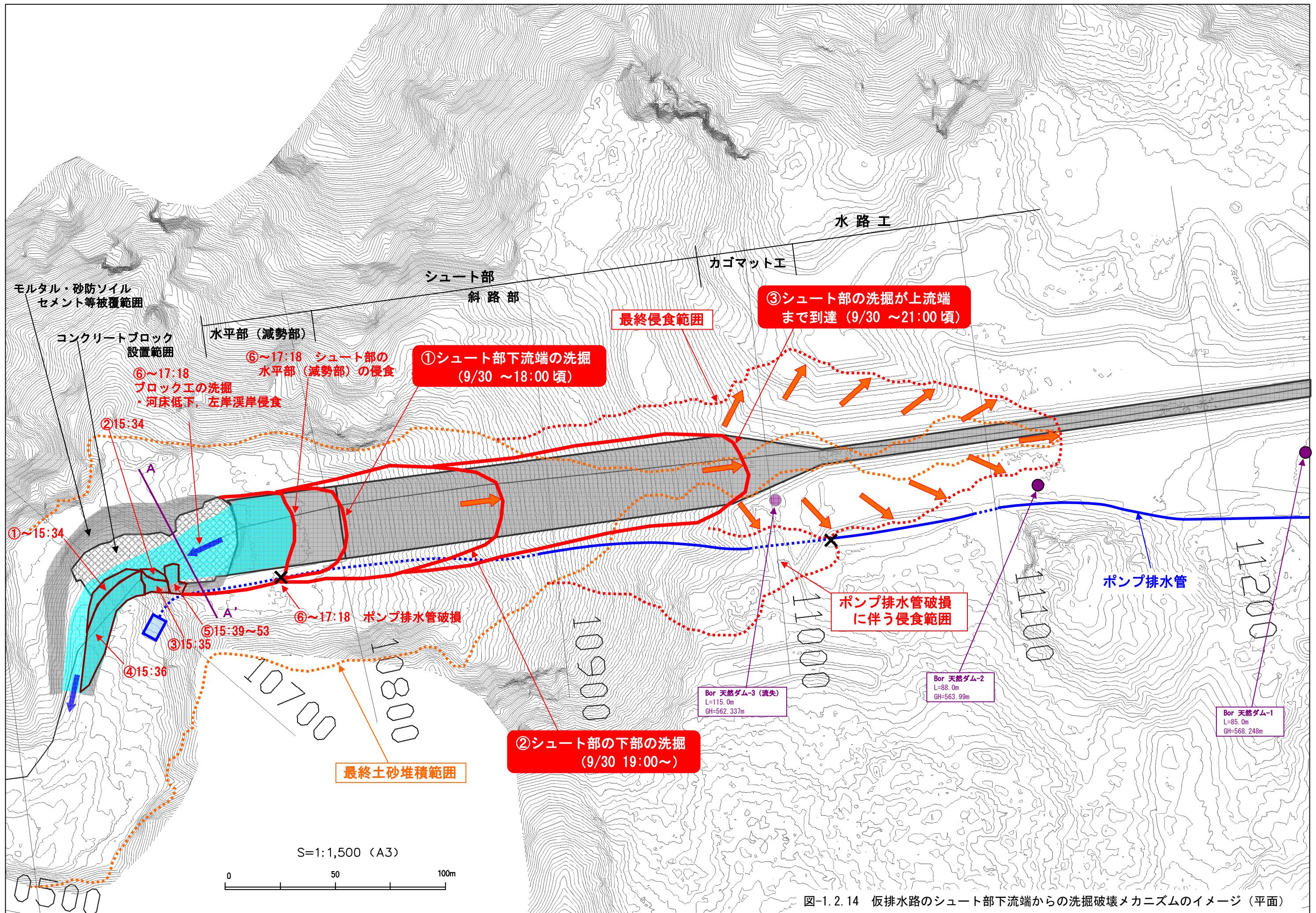
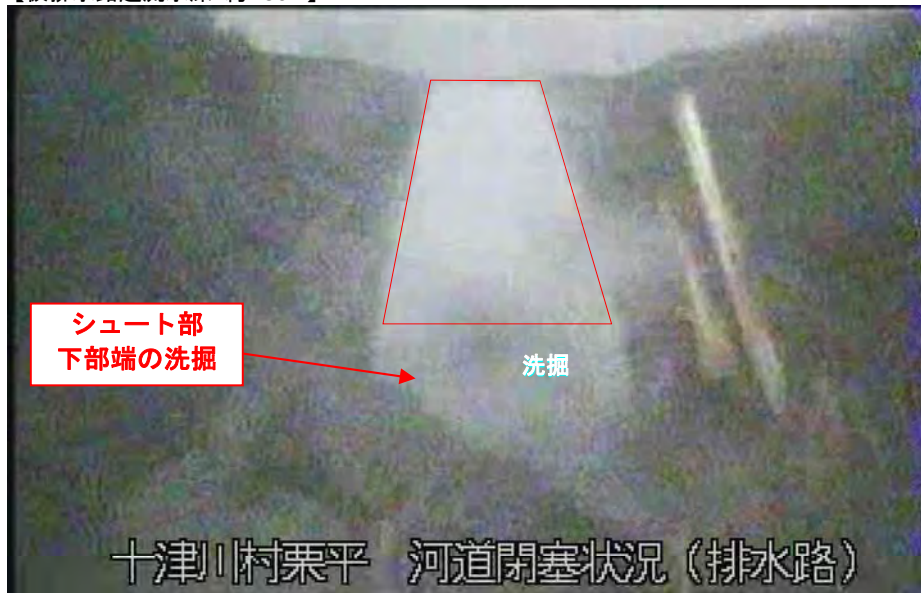


図-1.2.14 仮排水路のシュート部下流端からの洗掘破壊メカニズムのイメージ (平面)

【仮排水路越流水深:約1.90m】

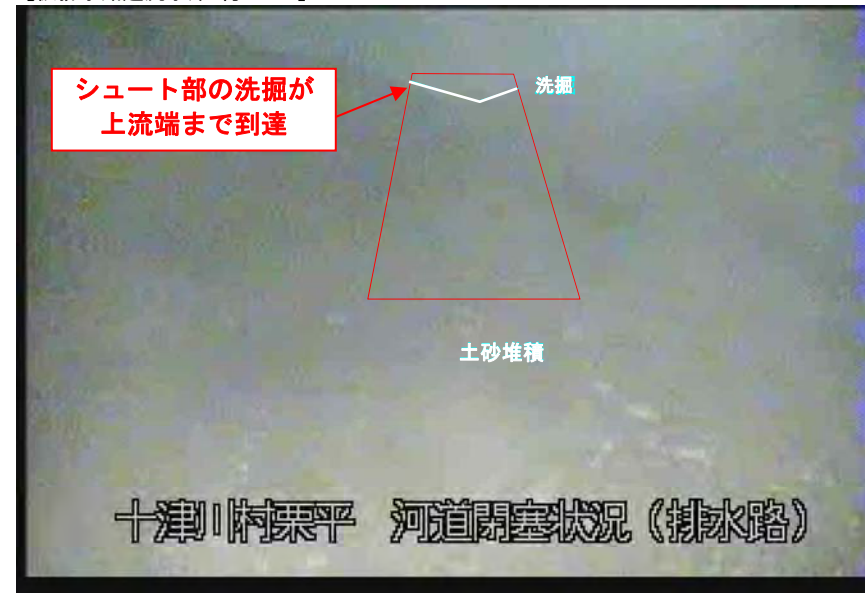
2012/9/30 18:02



(平成 24 年 9 月 30 日 18:02 CCTV)

【仮排水路越流水深:約1.38m】

2012/9/30 21:00



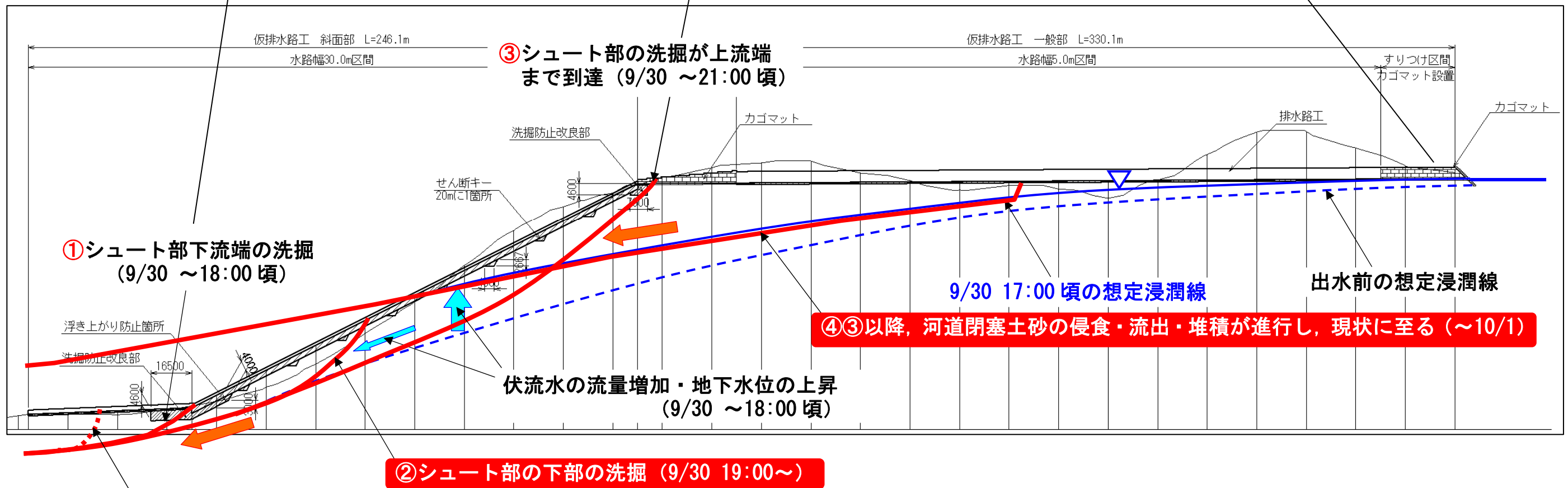
(平成 24 年 9 月 30 日 21:00 CCTV)

【仮排水路越流水深:約2.01m】

2012/9/30 17:27



(平成 24 年 9 月 30 日 17:27 CCTV)



~17:18 シュート部の水平部 (減勢部) の侵食

図-1.2.15 仮排水路のシュート部下流端からの洗掘破壊メカニズムのイメージ (縦断)

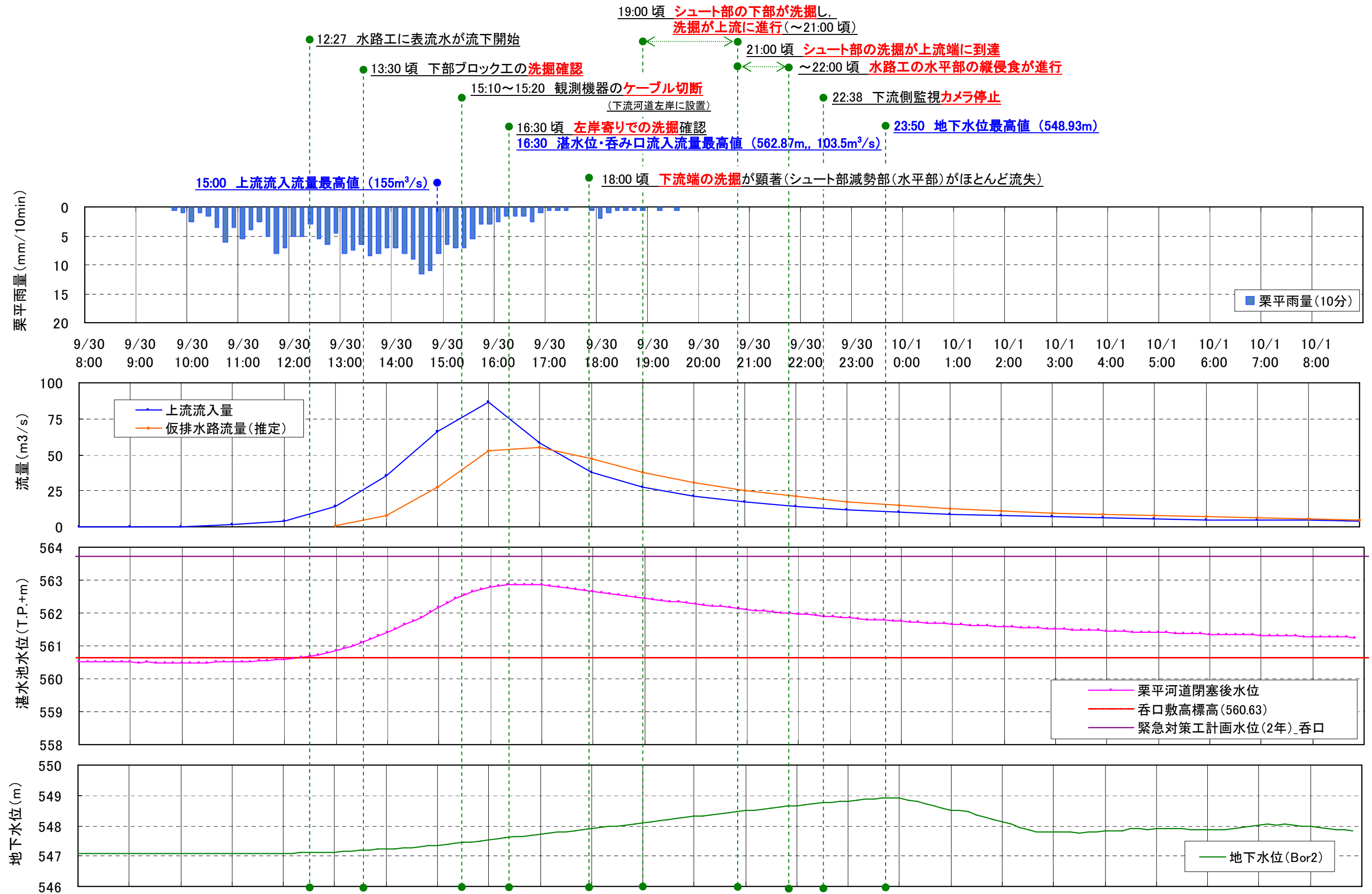


図-1.2.16 栗平地区仮排水路の侵食過程

2. 各地区対策案について

2.1 対策施設配置方針の基本的な考え方

これまでの討議結果および栗平の侵食過程を踏まえると、対策施設配置方針における基本的な考え方は以下の通りとなる。

- 計画規模の降雨・流量に伴う崩壊地の新たな崩壊や侵食、不安定土砂の二次移動・表面侵食、河道閉塞部の浸透や侵食による破壊、土石流の流下、渓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）

新たな崩壊や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】 （清水[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、洪水流による渓岸侵食・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や浸透による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・流木の流出を抑制する。

湛水池が残存している河道閉塞部では、崩壊地や崩壊土砂の安定性を損なわない範囲で、施工の可能性も判断した上で可能な限り越流標高の切り下げ等を行い、侵食や浸透による破壊を防止する。

【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・流木の流出を抑制する。

また、第三回委員会です承された崩壊地等の対策における基本的な考え方は以下の通りである。

- 崩壊地・崩壊土砂において、計画規模の降雨に伴う崩壊地の新たな崩壊、不安定土砂の二次移動・表面侵食等が発生する危険性が高い区域（範囲）を抽出する。抽出に際しては、以下のような影響を考慮する。
 - ・ 崩壊地・河道閉塞部の下流域に位置する家屋、道路等への直接的な影響
 - ・ 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などの影響
 - ・ 崩壊地・崩壊土砂・河道部における工事関係者への影響（工事中の安全確保）
- 土砂移動現象が発生する危険性が高い区域における現状で残存するリスクを評価し、当該地域で想定される現象に対して有効な対策施設・工法を選定する。なお、対策施設・工法については、過去の深層崩壊地等における対策工を参考とする。
- 維持管理への負担ができるだけ少ない施設配置とする。
- 対策施設については、砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- 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。

2.2 赤谷地区対策案

2.2.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。本地区において現在まで、下流域での土地利用状況を考慮して下流河道部の堰堤工の見直しを行った。
崩壊地からの流出土砂捕捉は堰堤工1基で対応するものとし、下流側の堰堤工が床固工に変更された。

【河道閉塞部】

▶ 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

- 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。
- 崩壊地・崩壊土砂・河道閉塞部において掘削した土砂は河道閉塞部内にて処分する。

【下流河道部】

▶ 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。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- 崩壊地の左側（崩壊地右岸，下流側）において、不安定土塊を除去した後に安定な形状に整形し、緑化工等を整備する。
- 上記以外の範囲では降雨のたびに拡大崩壊や崩壊土砂の崩落が頻発するために不安定土塊・土砂の除去や斜面整形が困難であること、河道閉塞部における基幹となる堰堤工の堆砂域により下流域への土砂流出が抑制されることから、基本的には斜面全体の監視・観測を行い、災害の発生防止を図る。
- 今後の崩壊地の拡大状況や土砂流出状況を踏まえ、必要に応じて対策を検討する。
- 基幹となる堰堤工の堆砂域に流出土砂が捕捉された場合には除石を行い、湛水池にて処分する。

【赤谷地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

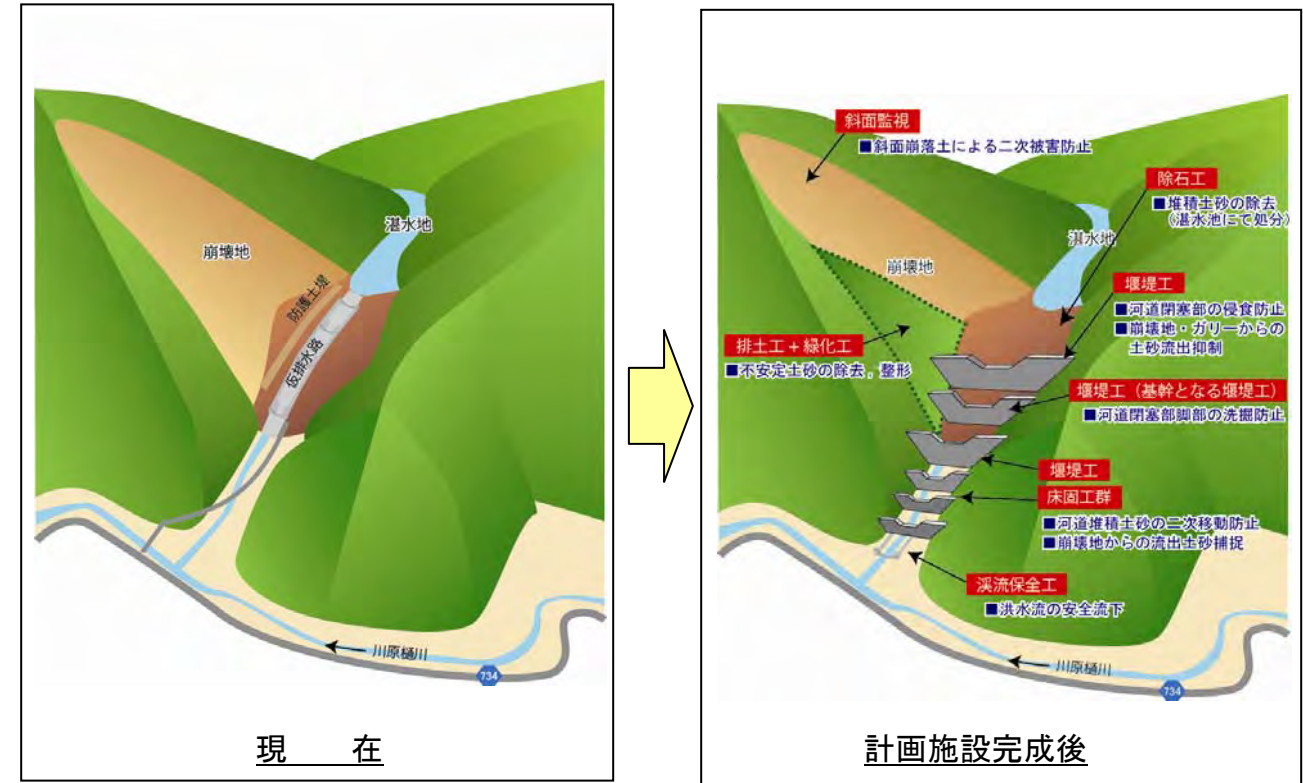


図-2.1 施設配置のイメージ（赤谷地区）

2.3 長殿地区対策案

2.3.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。
 本地区は現在まで設計方針等の変更はない。次頁以降に水理模型実験結果を示す。

【河道閉塞部】

▶ 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標高（排水路工呑口標高）を切り下げる。
 → 流木の流入による閉塞の防止を図る。
- 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。
- 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。
- 崩壊地・崩壊土砂・河道閉塞部において掘削した土砂は河道閉塞部内にて処分する。

▶ 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】

▶ 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。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- 斜面上部における不安定土塊を除去（排土工）した後に安定な形状に整形する。
- 崩壊地の左側（崩壊地右岸，下流側）において、不安定土塊を除去（排土工）した後に安定な形状に整形し、緑化工を整備する。
- 崩壊土砂を安定な形状に整形する。整形後には表面侵食を防止するために緑化工等を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- 崩壊土砂上におけるガリー侵食が顕著な範囲に表面排水路工を整備する。
- 斜面上部やガリーからの流出土砂による排水路工の機能阻害を防止するために、土砂堆積工による流出土砂の捕捉とともに導流堤による影響のない範囲までの導流を図る。土砂堆積工や導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。

【長殿地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

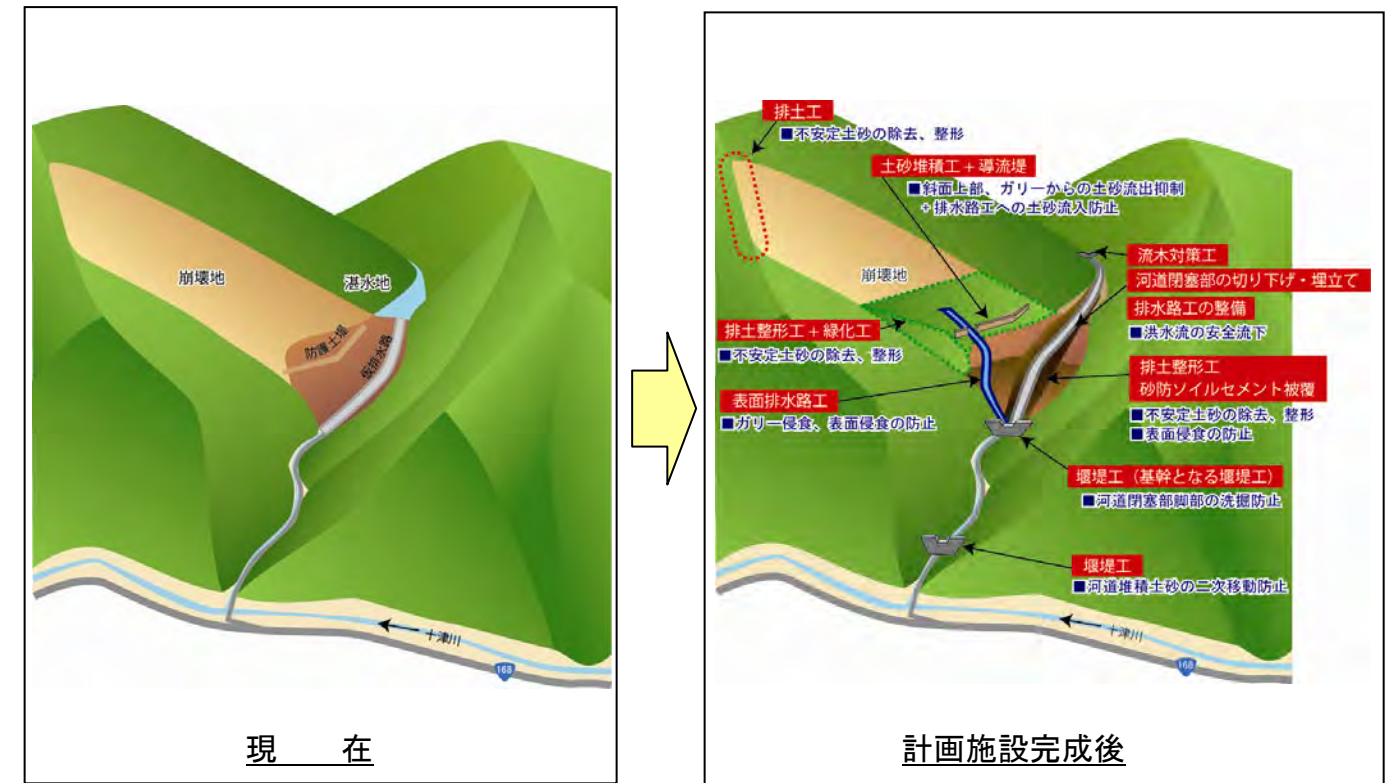


図-2.2 施設配置のイメージ（長殿地区）

2.3.2 砂防堰堤の減勢効果等に関する水理模型実験(長殿地区)

(1) 実験目的

本実験は、長殿地区の河道閉塞部下流に計画されている減勢工の効果や問題点及び湾曲部と伴う急斜面の水路工の流下現象や問題点を確認した上で、安全かつ機能的な基本形状(諸元)を検討し、施設設計に反映するために実施したものである。

◆計画原案の課題

長殿地区では、高低差76.8m、斜面勾配1/2.5の河道閉塞部下流面に、砂防ソイルセメント(厚さ2.0m)と表面吹き付けコンクリート(厚さ0.2m)のコンクリート三面張りの排水路工が計画されており、斜面末端部に減勢工を設けて堰堤工を経て下流河道に取り付ける計画になっている。

排水路工斜面部は、水路勾配が1/2.5と急勾配で設計流速が20.2m/sec($Fr=8.9$)の射流流域で、かつ法線が湾曲しており、従来の砂防施設設計の設計条件に収まらないことから、発生する現象を予測することが難しい(図-3.4.10参照)。そのため、水理模型実験により出水時に予想される現象を把握し、設計に反映させるための水理諸量のデータを把握するために実施するものである。

◆実験で確認する事項

- ①高流速で流下する斜路部の湾曲法線が流況に及ぼす影響の確認
- ②偏流等による河道閉塞部末端の減勢工の効果と問題点の確認
- ③堰堤工の堆砂状況と減勢工の機能の検討
- ④堰堤工構造及び下流河道への影響の検討
- ⑤排水路工斜面部の負圧の確認

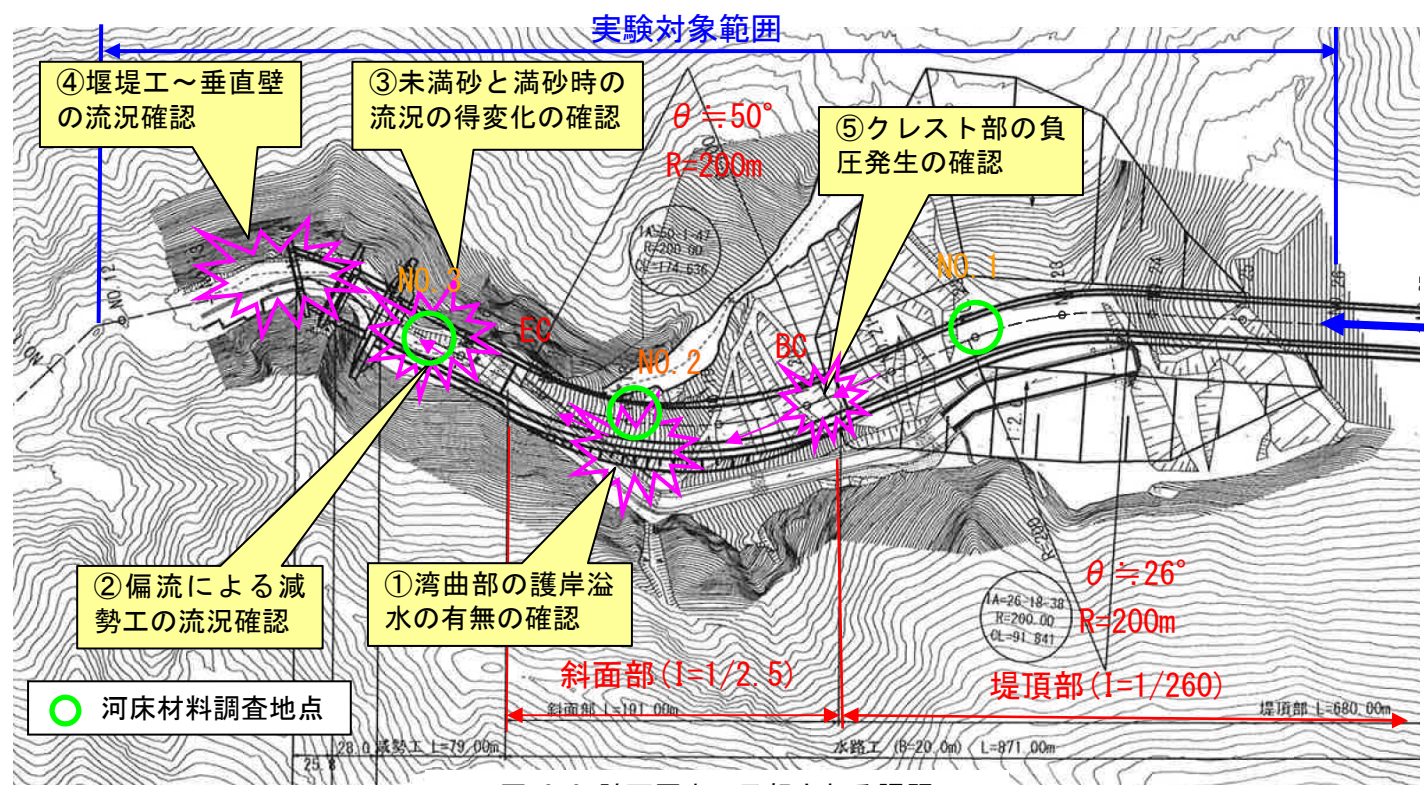


図-2.3 計画原案の予想される課題

(2) 計画対象流量と実験対象流量

実験では、長殿地区の河道閉塞部天端の切り下げにより降雨時の越流頻度が増えること、奈良県の砂防技術指針(案)では流域特性を考慮して計算式で算出した平均降雨強度を2.5倍していることを踏まえ、頻繁に発生する可能性がある小流量の流況確認も重要と考え、実験対象流量に組み入れることとした。

- ①実験は、発生頻度の高い40m³/secから1/100年確率流量の210m³/secまでの5流量で検討を行った。
- ②堤頂部の排水路工の勾配1/260では土砂濃度20%は流せないため、実験では土砂混入流量を清水流量に置き換えて検討を行った。

表-2.1 確率年と流量の関係

確率年(年)	流域面積A(km ²)	洪水到達時間T(min)	平均降雨強度R(mm/hr)	流出係数f	清水流量Q(m ³ /sec)	清水流量(計画)Q(m ³ /sec)	計画流量(土砂混入率5%)Q ₁ (m ³ /sec)	計画流量(土砂混入率20%)Q ₂ (m ³ /sec)
1/100	4.66	60	187.0	0.7	169.4	170	180	210
1/5	4.66	60	133.0	0.7	120.5	130	140	160
1/2	4.66	60	96.3	0.7	87.3	90	100	110
発生頻度が高い	4.66	60	77.0	0.7	69.8	70	80	90
	4.66	60	38.5	0.7	34.9	40	50	50

※ 実験で対象とする流量

(3) 河床材料調査結果と実験砂

長殿地区では、図-3.4.10に示す3箇所で河床材料調査が実施されている。調査結果によると、最大粒径は75mm以下になっているが、現地では直径200~300mmの礫が点在していることから、実験ではこれらの礫を混ぜて実験を行うこととする。長殿地区の河床粒径は全体($d_{60}=13.7$ mm)に小さいため、実験では小さい粒径の粒度分布を一致させることができないが、珪砂8号を混合して粒度分布を極力一致させた実験砂A($d_m=24$ mm)で検討を行った(図-3.4.11参照)。

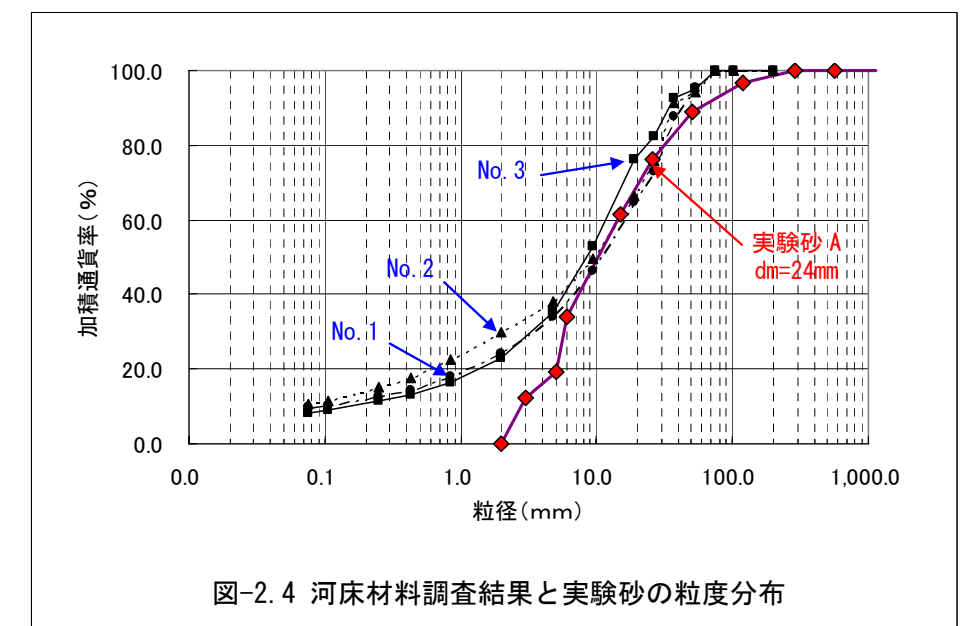


図-2.4 河床材料調査結果と実験砂の粒度分布

(4) 実験条件

1) 模型縮尺と相似則

実験を行う場合、表面張力の影響を無視できる水深として3cm以上確保することが望ましいとされていること、長殿地区の河床粒径が砂防河川としては比較的小さい($d_{60}=15\text{mm}$)ことから、水深と粒径の相似の観点からこの2つの条件を満たす**模型縮尺として1/60を採用**した。

2) 相似則

実験対象区間の流下現象は、重力の作用が卓越する流れであると考えられることから、**相似則はフルード相似則を採用**することとした。

3) 模型取り入れ範囲

長殿地区の排水路工は、S字型湾曲法線になっており、偏流による外湾側の水位上昇や衝撃波が発生し、流況に悪影響を及ぼす恐れがある。そのため、実験模型は写真-3.4.1に示す**700m(模型延長約11.7m, 模型幅約1.0m, 盛土高約1.3m)区間を模型に取り入れる**こととした。

表-2.2 実験ケースと検討内容一覧

CASE	実験名	減勢工		排水路工	対象流量	検討内容
		形状	堆砂条件	クレスト部		
1	計画原案実験	高さ 10.0m 長さ 70.0m	未満砂	直線折れ	40m ³ /sec、70m ³ /sec 110m ³ /sec(1/2年) 160m ³ /sec(1/5年) 210m ³ /sec(1/100年)	①斜面部の湾曲が流況に及ぼす影響の確認 ②斜路部末端の減勢工の効果と問題点の確認 ③堰堤工の下流河道への影響の確認 ④斜面部底面の負圧の確認
				直線折れ		
2	負圧対策実験 (クレスト改良案)	高さ 10.0m 長さ 70.0m	未満砂	クレスト部半径 5.0mの円弧形状	40m ³ /sec、70m ³ /sec 110m ³ /sec(1/2年) 160m ³ /sec(1/5年) 210m ³ /sec(1/100年) 288m ³ /sec(限界流量)	・負圧発生抑制対策として、クレスト部を半径5mの円弧に改良した場合の効果の確認
3	減勢工検討実験1	高さ 10.0m 長さ 70.0m	満砂(平常時堆砂 勾配1/29.6) ◆CASE-1と同形状	クレスト部半径 5.0mの円弧形状	40m ³ /sec、70m ³ /sec 110m ³ /sec(1/2年) 160m ³ /sec(1/5年) 210m ³ /sec(1/100年)	・計画原案で減勢工が土砂で満砂した状態での減勢効果の確認と問題点の把握
4	減勢工検討実験2 (垂直壁改良案)	高さ 10.0m 長さ 70.0m	未満砂 ◆減勢工側壁の拡幅 ◆垂直壁左岸袖部の改造	クレスト部半径 5.0mの円弧形状	40m ³ /sec、70m ³ /sec 110m ³ /sec(1/2年) 160m ³ /sec(1/5年) 210m ³ /sec(1/100年)	・減勢工の底幅を20mに規制しないで、地形なりに拡幅した場合の減勢効果の確認 ・垂直壁左岸袖部の長さを5.3m短くすることによる袖部の溢水状況の変化の確認 ・左岸側壁を袖小口に取り付けた場合の袖部の溢水状況の変化の確認
5	減勢工検討実験3 (垂直壁改良案)	高さ 10.0m 長さ 70.0m	満砂(平常時堆砂 勾配1/29.6) ◆CASE-4と同形状	クレスト部半径 5.0mの円弧形状	40m ³ /sec、70m ³ /sec 110m ³ /sec(1/2年) 160m ³ /sec(1/5年) 210m ³ /sec(1/100年)	・減勢工の底幅を20mに規制しないで、地形なりに拡幅した場合の減勢効果の確認と問題点の把握(満砂)
6	減勢工検討実験4 (参考)	高さ 6.69m 長さ 40.0m ※河川砂防技術基準(昭和33年)	未満砂	クレスト部半径 5.0mの円弧形状	40m ³ /sec、70m ³ /sec 110m ³ /sec(1/2年) 160m ³ /sec(1/5年) 210m ³ /sec(1/100年)	・計画案の基本になっている河川砂防技術基準で算出した減勢工形状で満砂状態での減勢効果の確認と問題点の把握
7	減勢工機能確認実験(参考)	CASE-1とCASE-6の2タイプ	未満砂	クレスト部半径 5.0mの円弧形状	210m ³ /sec(1/100年)	・斜面部の偏流した流れが平均化されて減勢工に突入した場合の減勢効果の流況確認

4) 実験ケースと検討内容

実験は、表-2.2に示す7ケースについて実施した。

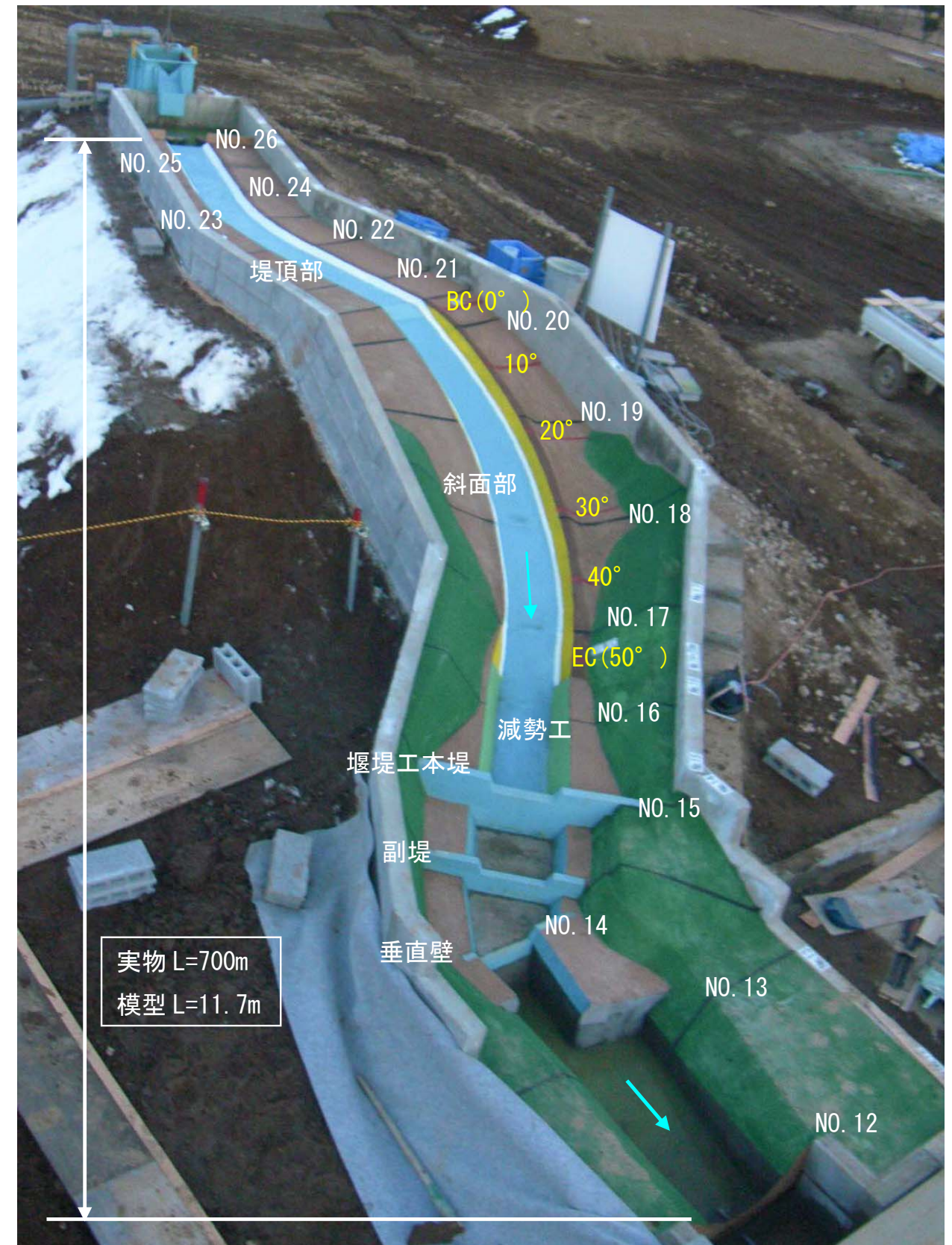


写真-2.1 長殿模型全景

(5) 実験結果

実験結果から明らかになった計画原案の特徴的な現象と問題点、改善策と設計・施工の際の留意点を表-2.3 に整理した。

表-2.3 実験結果のとりまとめ

区間	計画原案の特徴的な現象と問題点	改善策と設計・施工の際の留意点
(1) 排水路堤頂部	①設計水深と同程度である。【参考資料1-2 参照】 ②堤頂部には半径 200m の湾曲部があるが、河床勾配が 1/260 と緩いため、水位上昇は僅かであり、計画の護岸高で問題はない。【参考資料 1-2, 参考資料 1-5 参照】	●計画原案の断面形状は妥当である。
(2) 排水路クレスト部	①計画原案では、流量 160m ³ /sec までは負圧は発生しないが、計画流量 210m ³ /sec では堤頂部から斜面部に変化するクレストの屈折点付近で-0.3m の負圧が発生する。【参考資料 1-1, 参考資料 1-5 参照】	●多目的ダムでは、キャビテーションの発生によってコンクリート面が破壊されないように、壁面作用圧力水頭は-3.0m 以下になるようにすることが望ましいとされている。計画原案の場合は-0.3m であることから、許容値の範囲であるが、安全のためクレスト部を半径 5.0m の円弧に改良すると負圧の発生は解消される。施工時には、不陸を極力なくすよう精度管理が重要である。【参考資料 1-1 参照】
(3) 排水路斜面部	①計画流量 210m ³ /sec の流下に対して、30°～35° 附近で最も水位が上昇するが、計画原案の左岸護岸嵩上げ高で余裕高 0.8m は確保できる。【参考資料 1-2, 参考資料 1-5 参照】 ②排水路内は流速 18～19m/sec 前後の高流速で流下するため衝撃波が発生し、遠心力によって流れは左岸側に偏流し、水路中央から右岸側は極めて薄い水深で流下する。 ③左岸の嵩上げ護岸を溢水しない限界流量は 288m ³ /sec である。最も水位が高くなる位置は 35° 附近になる。【参考資料 1-2, 参考資料 1-5 参照】	●水路斜面を高速で流下するため、水路底面及び外湾側(左岸)の側面は不陸を極力小さくするための施工管理に注力し、負圧の発生を抑制することが施設の安全性を高める上で重要である。 ●護岸法面を高速流が流下するため、流速 18～19m/sec に耐えられる構造の検討が重要になる。
(4) 減勢工	①未満砂と満砂の比較：満砂状態は減勢効果が高い反面、跳水による水面の動揺が大きく、その影響が下流に伝播して堰堤工袖部の溢水(周期的)が大きくなる。【参考資料 1-3, 参考資料 1-4, 参考資料 1-5, 参考資料 1-6, 参考資料 1-7 参照】 ②底幅の規制と未規制の比較：底幅を地形なり拡幅すると袖裏部の水面の動揺が大きくなり、堰堤工袖部の溢水(周期的)が大きくなる。【参考資料 1-7 参照】 ③渦の発生状況：斜面部の排水路が湾曲しているため、流れが左岸側に偏流した状態で減勢工に突入するため、流量が 110m ³ /sec (1/2 年確率)を超えると減勢工内で渦の発生が顕著になる。【参考資料 1-7 参照】	●減勢工の流況は、満砂状態よりも未満砂状態の方が安定している。【参考資料 1-7 参照】 ●減勢工の底面幅は、計画原案の 20m 幅に規制した断面の方が流況が安定し、水面の動揺が小さい。【参考資料 1-7 参照】 ●減勢工に突入する流れが偏流しないで平均化されていれば、河川砂防技術基準(S33)の形状でも対応が可能である。長殿地区のように地形条件から湾曲法線にならざるを得ない条件下においては、偏流した流れ(流速 18～19m/sec)を減勢させるためには、計画原案の長さ 70m、深さ 10m 規模の減勢工が必要である。【参考資料 1-8 参照】
(5) 堰堤工本堤～副堤	①水通し部：本堤と副堤の水通し部は、設計水位と同程度である。満砂状態の場合は、本堤の水通し部は等流水深ではなく、逆台形堰の越流水深に近い水深になる。【参考資料 1-3, 参考資料 1-4 参照】 ②左右の袖部：本堤袖部は、Q=160m ³ /sec 時に水面の動揺により袖小口の肩まで水位が周期的に上昇し、Q=210m ³ /sec 時には袖部傾斜部で周期的に溢水が生じる。副堤袖部は、Q=160m ³ /sec～Q=210m ³ /sec 時に水面の動揺により袖部で周期的に溢水が生じる。【参考資料 1-3, 参考資料 1-4 参照】	●水面の動揺により、飛沫が側壁護岸裏に回る可能性があるため、吸い出し防止対策の検討が望ましい。
(6) 副堤～垂直壁	①副堤水通しを落下した流れが、垂直壁左岸袖部に衝突し、計画流量 210m ³ /sec 時には周期的に袖部で溢水が生じる。 ②左岸袖部に衝突した流れは、袖部に導流されて右岸方向に流れを変え、右岸添いの流れと合流して垂直壁直下流の右岸護岸を周期的に溢水する。	●左岸袖部の長さ：計画原案は、垂直壁左岸袖部が副堤の左岸水通しラインよりも河道側に突出しているため水面の盛り上がりが大きく、袖部の溢水も顕著である。袖部の突出を短くすることで水通し部の水位が下がり、袖部の周期的な溢水も小さくなる。さらに左岸側壁を前出して袖小口に取り付けることで流れは円滑になるが、水位はほとんど差がない。流況面では袖部を 5.3m 短くして左岸側壁を袖部が突出しないように取り付け形状が安定している。【参考資料 1-9, 参考資料 1-10 参照】 ●右岸護岸の溢水：垂直壁直下流の右岸護岸の周期的な溢水は、護岸法線が屈曲していることによる影響が大きいため、護岸裏の吸いだし防止等の対策を講じることが望ましい。【参考資料 1-9 参照】
(7) 垂直壁下流	①現況河床高から約 2m 下に岩盤があるため、河床低下は 2m 以下には低下しない。	●堰堤工で土砂の流出が抑制されると、垂直壁の下流で河床低下が生じるが、2m 程度下に岩盤があるため、施設に支障を及ぼす状況にはならないと考えられる。

2.4 栗平地区対策案

2.4.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。本地区において、河道閉塞部上流の堰堤工の支持層が深く、大規模な基礎処理が必要であることから床固工群に変更された。

【河道閉塞部】

- ・ 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標高（排水路工呑口標高）を切り下げる。
- ・ 河道閉塞部が侵食されたことにより流出した河道閉塞土砂の下流域への流出抑制を図るため、台風17号によって流出・堆積土砂の下流端／元河床付近に基幹となる堰堤を整備する。
- ・ 基幹となる堰堤工は、侵食によって流出した土砂の堆積区間（堆積部）末端まで堆砂敷に取り込むことができる堤高とする。
- ・ 侵食によって谷形状となっている区間（侵食部）は、斜面山脚固定と縦侵食防止のため床固工群を整備する。また、侵食部の両岸斜面における不安定土砂を除去して安定な形状に整形し、表面侵食を防止する。
- ・ 崩壊地・崩壊土砂・河道閉塞部において掘削した土砂は河道閉塞部内にて処分する。
- ・ 施工中における現場の保全、工事中の安全対策のため、湛水池の水位低下と安定した排水を行う。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

- ・ 斜面上部ならびに崩壊地の両岸における不安定土塊を除去（排土工）した後に安定な形状に整形し、緑化工等を整備する。
- ・ 斜面上部やガリーからの流出土砂による排水路工の機能阻害を防止するために、土砂堆積工による流出土砂の捕捉とともに導流堤による影響のない範囲までの導流を図る。土砂堆積工や導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。
- ・ また、土砂堆積工に堆積した土砂は湛水池にて処分する。

【栗平地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

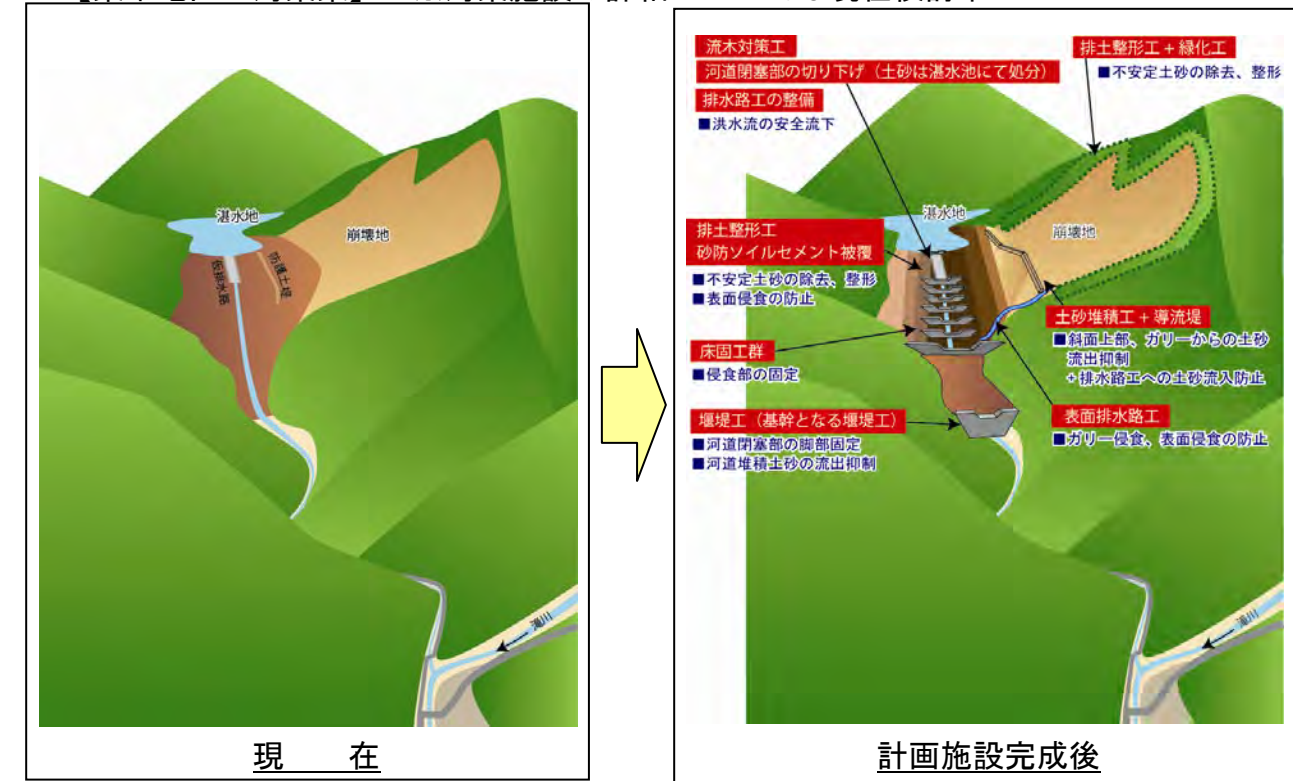


図-2.5 施設配置のイメージ（栗平地区）

2.5 北股地区対策案

2.5.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。本地区において現在まで河道閉塞部上流の堰堤工の支持層が深く、大規模な基礎処理が必要であることから床固工群に変更された。

【河道閉塞部】

▶ 越流破壊

- 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・床固工を整備する。
 - この堰堤工・床固工により、崩壊地からの流出土砂の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。ただし、床固工の堆砂域には流向規制・侵食防止の護岸工を整備するとともに、流木による水通し断面阻害防止を図る流木流入防止工を設ける。
 - 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。

【下流河道部】

▶ 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。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- 既に不安定土塊が除去（排土工）され、安定な形状に整形された斜面上部では、表面侵食を防止するために土留工、柵工、緑化工等を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- 崩壊地の両岸において、不安定土塊を除去（排土工）した後に安定な形状に整形し、緑化工等を整備する。
- 崩壊土砂ならびに崩壊地脚部を安定な形状に整形する。整形後には表面侵食を防止するために土留工、柵工、緑化工等を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- 崩壊地・崩壊土砂上におけるガリー侵食が顕著な範囲に表面排水路工を整備する。
- 斜面上部やガリーからの流出土砂による下流域への影響を防止するために、土砂堆積工による流出土砂の捕捉とともに導流堤による影響のない範囲までの導流を図る。土砂堆積工や導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。
- 深層すべりは安定性が確認されているため、対策は行わない。

【北股地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中



図-2.6 施設配置のイメージ（北股地区）

2.6 熊野地区対策案

2.6.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。本地区において現在まで下流河道部堰堤工の基礎処理が困難であることから床固工群に変更された。

【河道閉塞部】

▶ 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。
 - 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。
 - 流木の流入による閉塞の防止を図る。
- 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。
- 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。

▶ 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】

▶ 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渓岸の侵食を防止するために溪流保全工を整備する。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- 斜面上部において段差亀裂が生じている範囲、ならびに崩壊地の両岸における不安定土塊を除去（排土工）した後安定な形状に整形し、緑化工等を整備する。
- 崩壊土砂ならびに崩壊地脚部を安定な形状に整形する。整形後には表面侵食を防止するために土留工、柵工、緑化工等を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- 崩壊地・崩壊土砂上におけるガリー侵食が顕著な範囲に表面排水路工を整備する。崩壊地脚部の表面排水路工の下流端には床固工を整備する。
- 斜面上部やガリーからの流出土砂による下流域への影響を防止するために導流堤による影響のない範囲までの導流を図る。導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。

【熊野地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

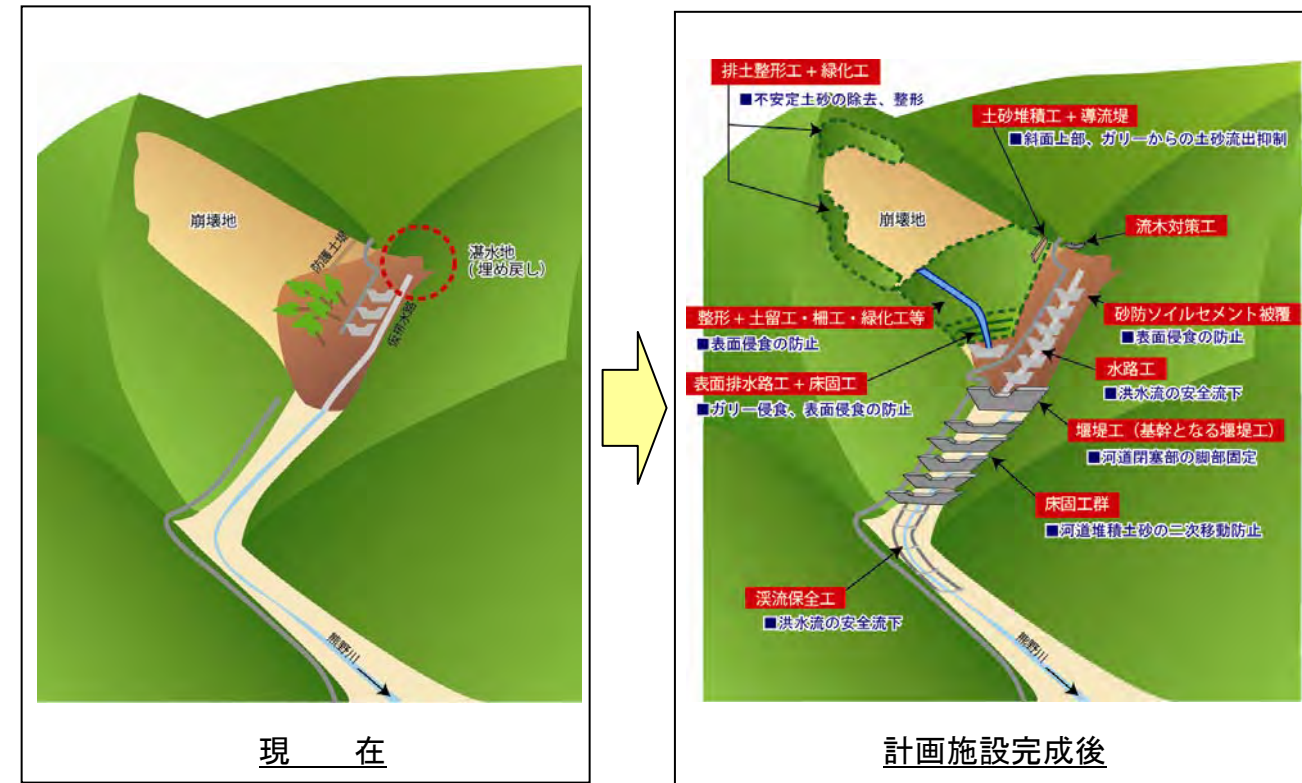


図-2.7 施設配置のイメージ（熊野地区）

2.7 清水〔宇井〕地区対策案

2.7.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。
本地区は現在まで設計方針等の変更はない。

【河道部】

▶ 洪水流の安全流化

- ・ 河道部における渓岸侵食の防止を図るために、護岸工を整備する。
- ・ 護岸工の整備に際しては、奈良県の河川計画との整合を図る。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- ・ 斜面上部の安定化を図るために、斜面を整形した後に斜面抑止工（崩壊対策：鉄筋挿入工＋法枠工等）を整備する。
- ・ 崩壊土砂を安定な形状に整形する。整形後には表面侵食を防止するために土留工、柵工、緑化工等を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- ・ 崩壊地・崩壊土砂上におけるガリー侵食が顕著であったり、表流水が流下している範囲には表面排水路工を整備する。
- ・ 斜面上部やガリーからの流出土砂による道路や熊野川本川への影響を防止するために、土砂堆積工による流出土砂の捕捉とともに導流堤による影響のない範囲までの導流を図る。土砂堆積工や導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。
- ・ 道路の安全通行を図るために、崩壊地脚部を安定な形状に整形した後に擁壁工や法面保護工を整備する。

【清水〔宇井〕地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

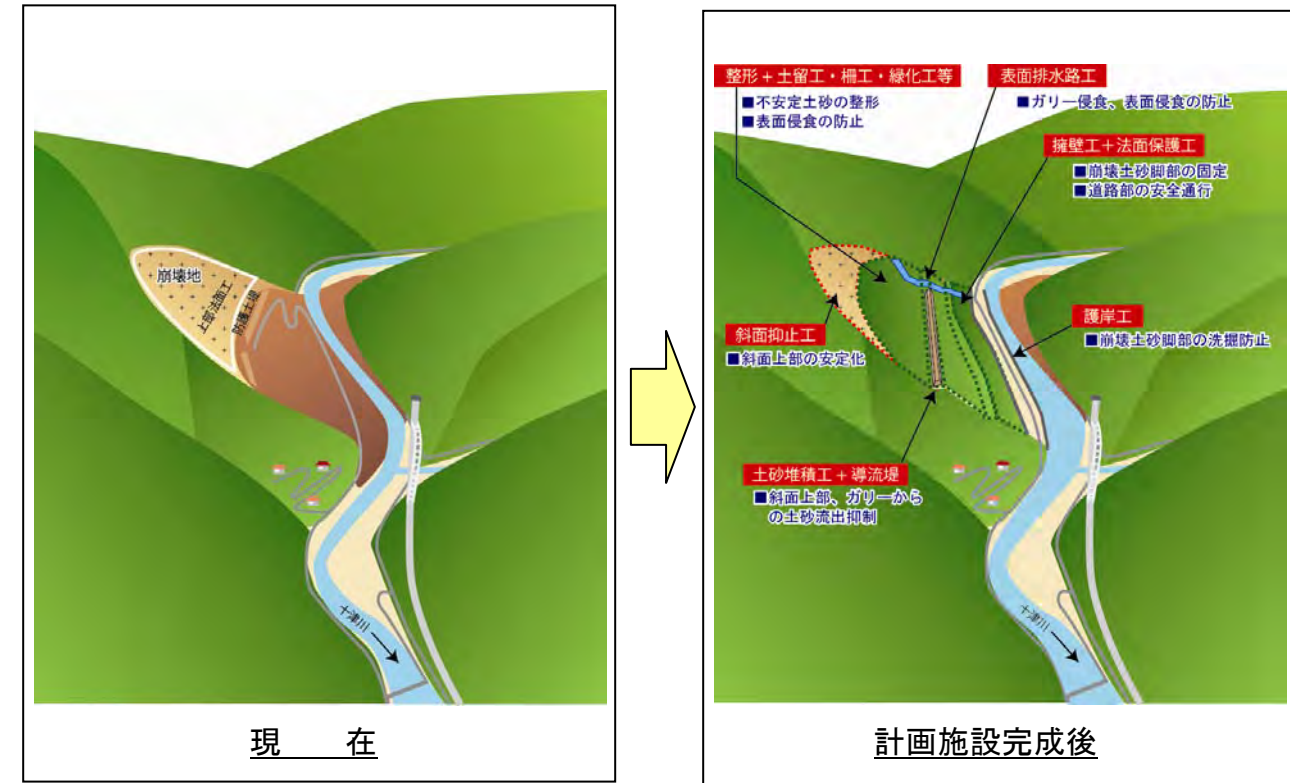


図-2.8 施設配置のイメージ（清水〔宇井〕地区）

2.8 坪内地区対策案

2.8.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。本地区において現在まで調査・解析検討により地下水排除工は必要性がないと判断された。

【河道部】

▶ 洪水流の安全流化

- 河道部における洪水流の安全流下と溪岸侵食の防止を図るために、河道掘削（河床および左岸地山の掘削）とともに護岸工を整備する。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- 斜面最上部の安定化を図るために、斜面を整形した後に斜面抑止工（表層崩壊対策：鉄筋挿入工+法枠工等）を整備する。
- 斜面上部において段差亀裂が生じている範囲の安定化を図るために、斜面を整形した後に斜面抑止工（崩壊対策：アンカー工+プレキャスト受圧板等）を整備する。
- 崩壊地の右側（崩壊地左岸，上流側）において段差亀裂が生じている範囲の安定化を図るために、不安定土塊を除去した後に安定な形状に整形し，緑化工等を整備する。
- 崩壊土砂を安定な形状に整形する。整形後には表面侵食を防止するために土留工，柵工，緑化工等を整備し，その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- 崩壊地・崩壊土砂上におけるガリー侵食が顕著であったり，表流水が流下している範囲には表面排水路工を整備する。
- 斜面上部やガリーからの流出土砂による道路や熊野川本川への影響を防止するために，土砂堆積工による流出土砂の捕捉とともに導流堤による影響のない範囲までの導流を図る。土砂堆積工や導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。
- 道路の安全通行を図るために，崩壊地脚部を安定な形状に整形した後に擁壁工や法面保護工を整備する。

【坪内地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

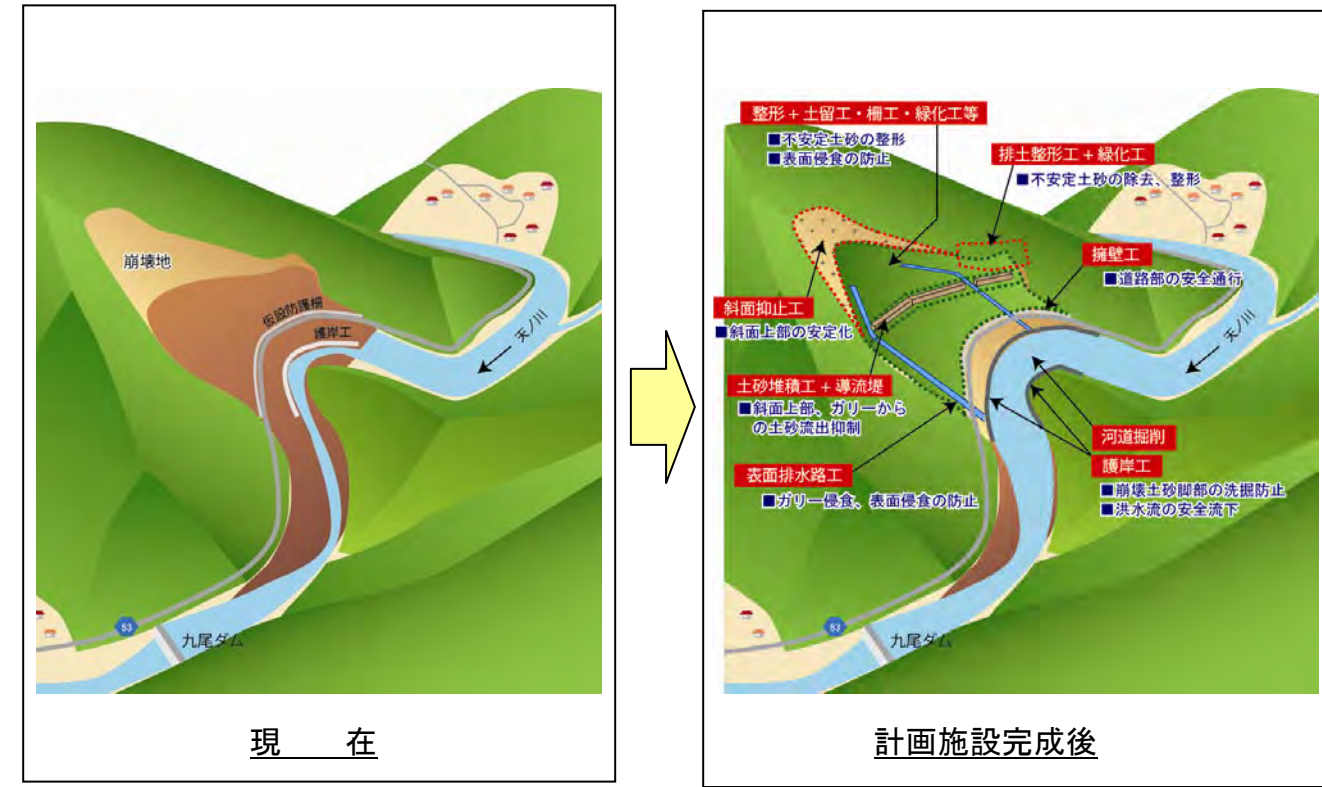


図-2.9 施設配置のイメージ（坪内地区）

2.9 三越地区対策案

2.9.1 対策案について

第三回委員会です承された土砂処理に対する河道部、崩壊地等の対策施設配置方針は以下の通りである。本地区において現在まで河道部の斜面の安定化方針が変更された。

【河道部】

▶ 洪水流の安全流化

- ・ 洪水流の安全流下と導流（流向制御）を図るために、崩壊土砂の上流部に床固工を整備する。
- ・ 河道部における洪水流の安全流下と溪岸侵食の防止を図るために、**溪岸斜面を整形するとともに、河道掘削を行い、護岸工を整備する。**

【下流河道部】

▶ 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を整備する。

【崩壊地】 【崩壊土砂】

▶ 残存不安定土塊の崩落

- ・ 崩壊土砂を安定な形状に整形する。整形後には表面侵食を防止するために土留工、柵工、緑化工等を整備し、その対策工には砂防ソイルセメントや間伐材の活用を図る。
- ・ 崩壊地・崩壊土砂上におけるガリー侵食が顕著な範囲には表面排水路工を整備する。
- ・ 斜面上部やガリーからの流出土砂による三越川への影響を防止するために、土砂堆積工による流出土砂の捕捉とともに導流堤による導流を図る。土砂堆積工や導流堤には砂防ソイルセメントの活用を図る。

【三越地区 対策案】 ※対策施設の詳細については現在検討中

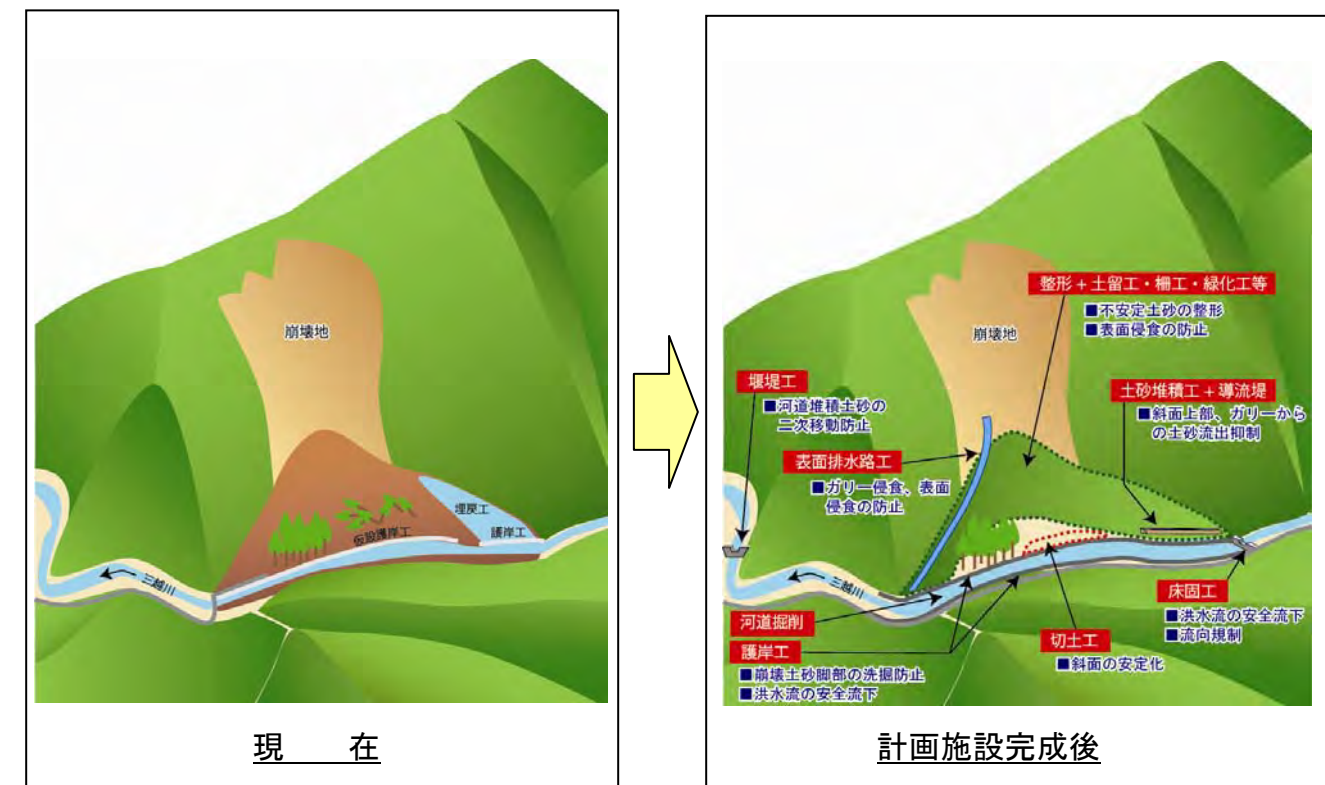


図-2.10 施設配置のイメージ（三越地区）

3. 警戒避難体制について

3.1 台風 12 号による災害発生時の実態と対応（2011.9）

3.1.1 国土交通省

(1) 監視・観測体制

台風 12 号に伴う豪雨によって形成された河道閉塞箇所では、崩壊地の拡大崩壊や崩壊土砂の二次移動、湛水池から越流する表面流による越流決壊、下流河道に堆積した土砂の二次移動、河道部における土砂洪水氾濫など甚大な二次災害が発生することが懸念された。そこで国土交通省では、二次災害を事前に予測し、適切に対策を講じるため、各河道閉塞箇所について監視体制を構築した。

また、監視結果はホームページ等で公開するとともに、異変等が確認された場合には「土砂災害防止法に基づく緊急調査の随時情報」として、自治体等に通知した。



図-3.1.1 河道閉塞箇所の監視観測

1) ヘリコプターによる監視体制

河道閉塞箇所の監視を目的として、ヘリによる監視を実施した。監視の基本は次のとおりである。

- ・崩壊斜面の状況
- ・越流部・越流状況・貯水位
- ・下流斜面・湧水状況
- ・河川の流下状況（濁り）

なお、変状を掴むため、同じ構図の写真撮影が可能となるよう「飛行ルート」を定めた。



図-3.1.2 撮影計画（赤谷地区の例）

2) 水位観測・雨量観測体制

ヘリコプターから投下型水位観測ブイを河道閉塞による湛水箇所へ投下し、水位を計測した。投下箇所は、赤谷地区、北股地区、長殿地区、栗平地区、熊野地区の5箇所である。水位観測を実施する5箇所には、雨量計も設置した。

さらに、国土交通省XバンドMPレーダ降雨情報の公開HP上で「河道閉塞5箇所の概略集水域」を表示し、河道閉塞箇所近傍の降雨状況を明確に把握できるようにした。

3) ワイヤセンサー・斜面崩壊検知センサーによる土石流等の検知体制

土石流発生を検知するワイヤセンサーを、赤谷地区、長殿地区、栗平地区、熊野地区の河道閉塞箇所下流に設置した。土石流が発生した際には、ワイヤセンサーが切断しサイレン・回転灯により河道閉塞箇所下流沿川の地域住民への警報を発する体制とした。

北股地区では、斜面崩壊センサーを設置した。斜面の崩壊に伴い、斜面崩壊センサーが転倒作動（傾斜）することで崩壊を検知し、リアルタイムで斜面崩壊の警報を、北股集落の2箇所のサイレン・回転灯に伝える体制とした。

4) 監視カメラによる監視体制

監視カメラを赤谷地区、北股地区、長殿地区、栗平地区、熊野地区の河道閉塞箇所の下流側に設置し、河川の流水状況等の変化を監視した。

(2) 発信（公表）体制

1) 被害が生じるおそれのある区域の設定

発災直後に実施した緊急調査で得られた閉塞高等の情報を基に、数値シミュレーションを用いて、河道閉塞部での越流によって発生する土石流により被害が生じるおそれのある区域を明らかにした。

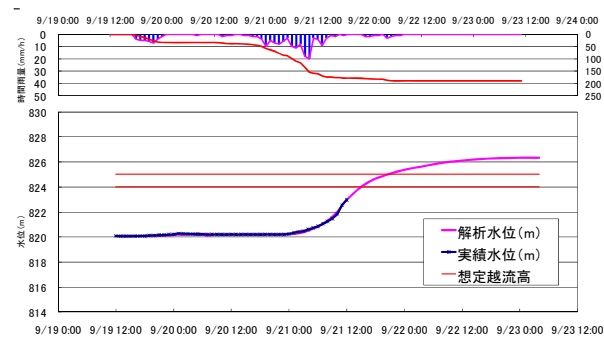


栗平の被害が生じるおそれのある区域(H23.9.12)

2) 重大な土砂災害が想定される時期の算出

予想される降雨によって越流等が想定された場合には、「土砂災害防止法に基づく土砂災害緊急情報」として、重大な土砂災害が想定される時期を自治体等に通知した。

重大な土砂災害が想定される時期は、貯留関数法を用いて湛水池への流入量を算出し、上流域で降った雨が全て上流の湛水域に流入すると想定した場合に、湛水域が満水になり、越流が開始するまでの時間（雨量）を算出した。なお、水位は投下型水位観測ブイによる実測値、実況雨量と予測雨量は気象庁提供データを使用した。



北股の越流時間予測結果(H23.9.21 13:00)

3) 土砂災害緊急情報・随時情報の発出

緊急調査に基づく数値シミュレーション等により得られた被害が想定される区域と時期に関する情報を、「土砂災害緊急情報」として市村・一般に周知した。

緊急調査により得られた河道閉塞に関する情報のうち、土砂災害緊急情報以外の下記の情報を随時情報として、適宜提供した。また、河道閉塞の決壊を確認したときや決壊する恐れが極めて高いなど重要な情報は、「土砂災害緊急調査の随時情報」として通知した。

- ・機器設置情報
- ・水位情報（越流確認情報含む）
- ・現地調査結果（地上、ヘリコプター）
- ・「縦断な土砂災害が想定される区域」の解消情報
- ・緊急対策工事進捗状況

等

平成23年9月8日

土砂災害緊急情報（奈良県十津川流域） 第1号

奈良県知事 殿
五條市長 殿
十津川村長 殿

9月6日からの大雨による河道閉塞による土石流等による被害が想定される土地の区域を発生原因として示していることに基づき、1項の規定に基づき、以下の区域に重大な土砂災害が想定される土地の区域を指定する。

別紙1
区域名：熊野川(十津川)流域 十津川村栗平 (1/2)

別紙-2 重大な土砂災害が想定される時期 (平成23年9月8日17時現在)

河道閉塞の確認場所	重大な土砂災害が想定される時期	避難について	河道閉塞高さまで雨水にならずの最大雨量
奈良県五條市大塔町赤谷	早ければ今夜	避難が必要であると考えられます。	約60mm
奈良県十津川村長殿	予想されている降雨量では越流する可能性は小さい。	予想されている降雨量では避難の必要はないと考えられますが、局地的豪雨の可能性もあるため、避難の準備を進めてください。	約170mm
奈良県十津川村栗平	予想されている降雨量では越流する可能性は小さい。	予想されている降雨量では避難の必要はないと考えられますが、局地的豪雨の可能性もあるため、避難の準備を進めてください。	約160mm

※ ただし、今後の降雨の状況等によって土石流の発生が早まることも予想されます。

3.1.2 奈良県・和歌山県

1) 土砂災害警戒情報の暫定基準の設定

土砂災害発生現場では、溪流や斜面に残った崩壊残土の流出等、今後のわずかな降雨による土砂災害が発生しやすくなっていたため、県と地方気象台が共同で発表する土砂災害警戒情報の発表基準を、「通常基準より引き下げた暫定基準」を設けて運用した。（奈良県、和歌山県とも平成24年11月に暫定基準廃止）

- 奈良県：五條市南部、十津川村、野迫川村、天川村における暫定基準を**通常基準の5割**とした。
- 和歌山県：田辺市における暫定基準を**通常基準の8割**とした。

3.1.3 市村

1) 避難勧告・避難指示の実態

市村における避難勧告等の状況は以下のとおりである。

表-3.1.1 避難勧告・避難指示の発令状況(平成23年)

避難勧告		避難指示	
発令日	対象区域	発令日	対象区域
9月1日	五條市大塔町内	9月3日	五條市大塔町赤谷地区
9月4日	十津川村の十津川沿い住民	9月4日	天川村坪内地区
	野迫川村北股地区 田辺市本宮町三越地区(中下番)	9月8日	五條市大塔町宇井地区 十津川村長殿地区、宇宮原地区、上野地地区
9月5日	田辺市熊野・面川地区		田辺市熊野地区

2) 警戒区域の設定

平成23年9月16日、各市村長により、土砂災害防止法に基づく土砂災害緊急情報等に基づき、二次災害防止等のため「災害対策基本法第63条に基づく警戒区域」が設定された。警戒区域の設定状況は以下のとおりである。

表-3.1.2 警戒区域の設定状況

県	市村	対象箇所
奈良県	五條市	宇井地区、清水地区、赤谷地区
	野迫川村	北股地区(居住区)
	十津川村	長殿地区、宇宮原地区、上野地地区
和歌山県	田辺市	熊野地区

3) 住民避難の状況

地域住民の「自主避難」及び、「避難勧告・避難指示後」の避難状況は以下のとおりである。

表-3.1.3 住民の避難状況(平成23年)

県	実施日	避難状況
奈良県	9月2日	五條市大塔町宇井地区住民が自主避難(避難先:ふれあい交流館) 野迫川村北股地区住民が自主避難
	9月4日	野迫川村北股地区住民が避難(避難場所:山村振興センター) 坪内・南日裏地区住民が避難(避難場所:天川小学校)
和歌山県	9月2日	田辺市熊野地区住民が自主避難(避難場所:三川熊野集会所、法性寺)
	9月5日	田辺市熊野・面川地区住民が避難(避難場所:熊野会館、面川会館) 孤立化していた田辺市本宮町三越奥番地区住民を救出

3.2 災害発生時から緊急対策工完成までの対応（2011.9～2012.12）

3.2.1 国土交通省

（1）監視・観測体制

- 雨量観測 : 緊急対策を実施している5箇所（赤谷地区、長殿地区、栗平地区、北股地区、熊野地区）について、2011年9月～10月に現地雨量計を設置した。現地雨量計の観測データは、紀伊山地砂防事務所ホームページにて公開している。
- 流入量観測 : 赤谷地区、長殿地区、栗平地区の湛水池上流に水位計（流速計なし）を設置し、湛水池への流入量を算出している。
- 水位観測 : 災害発生直後は、ヘリからの投下型ブイを用いて湛水池の水位観測を実施していたが、その後、水圧式の水位計を順次設置し、設置完了後に投下型ブイの水位計は順次撤去した。現在は、湛水池が残存している赤谷地区、長殿地区、栗平地区で水位観測を継続しており、水位観測データは、紀伊山地砂防事務所ホームページにて公開している。また、湛水池の水位や流入量の観測結果から水位予測を行い、越流開始時刻や越流量の予測を行い、関係機関へ情報提供している。
- 湧水量観測 : 河道閉塞部下流側で湧水が確認されていた長殿地区、栗平地区を対象として、不定期で湧水量計測を実施した。現在は、長殿地区において河道閉塞部下流に量水堰を設置し、湧水量観測を実施している。
- 地下水水位観測 : 赤谷地区、長殿地区、栗平地区では河道閉塞部のボーリング調査箇所において地下水水位を計測している。また、崩壊地については直轄砂防事業の対象となっている8箇所ともボーリング調査箇所において地下水水位を計測している。
- ワイヤーセンサー : 栗平地区、熊野地区では異常な土砂が流出を検知するワイヤーセンサー（土石流センサー）を設置している。異常を検知した場合は、下流の集落にて警報装置（回転灯とサイレン）が作動する。
- 伸縮計 : 各河道閉塞箇所の崩壊地頭部には多数のクラックが確認されており、今後崩壊する危険性が高いことから、現場の安全管理を目的として、伸縮計が設置されている。栗平地区では、2012年の台風17号による侵食後、河道閉塞部天端に多数のクラックが確認されたことから、現場の安全管理を目的としてクラックに伸縮計が設置されている。
- 監視カメラ : 現在の監視カメラ設置状況は以下のとおりである。なお、監視カメラは現在16台設置されており、一部の映像は紀伊山地砂防事務所ホームページにて公開している。また、一部役場等の関係機関にも配信している。

（2）発信（公表）体制

1) 土砂災害緊急情報・随時情報の発出タイミング

「土砂災害防止法に基づく土砂災害緊急情報」の通知にあたって、越流等による土石流発生の危険性は、対策工の施工状況に応じて異なることから、緊急対策工事によって湛水池の埋め戻しが完了した際、仮排水路の設置が完了した際に緊急情報・随時情報の発出タイミングを見直した。

以下に、情報発出タイミングの考え方を示す。

表-3.2.1 仮排水路完成前後の緊急情報・随時情報の発出タイミングについて

		仮排水路完成前(6月末まで)		仮排水路完成後(7月以降)	
		緊急情報	随時情報	緊急情報	随時情報
赤谷	①工事中の仮排水路に水が流れ出すことが予想される時間の致時間前(6時間程度)の段階	②工事中の仮排水路に水が流れ出した段階 ③河道閉塞土砂の浸食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損、大量の泥土で仮排水路埋没等の異常事態が発生した段階	②仮排水路を溢れる状況が予想される時間の数時間前(6時間程度)の段階	①仮排水路に水が流れ出した段階 ③河道閉塞土砂の浸食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損、大量の泥土で仮排水路埋没等の異常事態が発生した段階	
長殿	①工事中の仮排水路に水が流れ出すことが予想される時間の致時間前(6時間程度)の段階	②工事中の仮排水路に水が流れ出した段階 ③河道閉塞土砂の浸食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損、異常漏水等の異常事態が発生した段階	②仮排水路を溢れる状況が予想される時間の数時間前(6時間程度)の段階	①仮排水路に水が流れ出した段階 ③河道閉塞土砂の浸食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損等、異常漏水等の異常事態が発生した段階	
栗平	①工事中の仮排水路に水が流れ出すことが予想される時間の致時間前(6時間程度)の段階	②工事中の仮排水路に水が流れ出した段階 ③河道閉塞土砂の浸食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損等の異常事態が発生した段階	②仮排水路を溢れる状況が予想される時間の数時間前(6時間程度)の段階	①仮排水路に水が流れ出した段階 ③河道閉塞土砂の浸食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損等の異常事態が発生した段階	
北股	※ダム湖を埋めたため緊急情報は出さない。	・河道閉塞土砂の侵食、変状、仮排水路破損等の異常事態が発生した段階	※ダム湖を埋めたため緊急情報は出さない。	・河道閉塞土砂の侵食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損等の異常事態が発生した段階	
熊野	※ダム湖を埋めたため緊急情報は出さない。	・河道閉塞土砂の侵食、変状、仮排水路破損等の異常事態が発生した段階	※ダム湖を埋めたため緊急情報は出さない。	・河道閉塞土砂の侵食、変状、崩壊斜面の変状、仮排水路破損等の異常事態が発生した段階	

(出典) 木下篤彦：台風12号により河道閉塞が発生した箇所における緊急工事の状況・出水期に向けた警戒避難体制と今後の抜本的な対策について、砂防と治水、＜第208号＞平成24年8月、P49

2) 警戒区域解除に係わる情報の通知

各河道閉塞箇所の警戒区域の解除に係わる情報として、緊急対策工の進捗によって越流に伴う土石流発生の危険性が低い状況になった箇所について、土砂災害随時情報として通知した。

表-3.2.2 各地区の警戒区域解除に係わる情報

地区名	警戒区域解除日	関係市村	随時情報の概要
赤谷	平成24年2月8日	五條市・十津川村	緊急工事の進捗により越流時には仮排水路を用いた通水が可能となり、越流に伴う土石流発生の危険性が低い状態となったため。
熊野	平成23年12月3日	田辺市	湛水池の埋め戻しが完了し、越流に伴い発生する土石流の危険性が回避されたため。
長殿	平成24年2月8日	十津川村	現在の状況該箇所周辺において過去10年間に観測された非出水期(11月～6月)の最大日雨量146mmの降雨があったとしても、湛水池の水位は、越流を開始する高さから約20m以上低く、越流に伴う土石流発生の危険性が低い状況となっているため。
栗平	—	—	(警戒区域の設定なし。)
北股	平成23年12月23日	野迫川村	湛水池の埋め戻しが完了し、越流に伴い発生する土石流の危険性が回避されたため。

3.2.2 奈良県・和歌山県

1) 土砂災害警戒情報の暫定基準の運用

奈良県及び和歌山県は、台風 12 号以降の降雨と災害の発生状況等を踏まえ、土砂災害警戒情報の暫定基準の運用を以下のように行った。

表-3.2.3 土砂災害警戒情報の暫定基準の運用状況

年	設定月日	土砂災害警戒情報の暫定基準の運用状況
平成23年	9月8日	奈良県五條市南部、十津川村、野迫川村、天川村（通常基準の5割） 和歌山県田辺市（通常基準の8割）
平成24年	5月29日	奈良県天川村（通常基準の6割） 奈良県五條市南部、十津川村、野迫川村（通常基準の8割）
	8月30日	奈良県五條市南部、十津川村、野迫川村、天川村（通常基準の8割）
	11月27日	奈良県五條市南部、十津川村、野迫川村、天川村（暫定基準を廃止） 和歌山県田辺市（暫定基準を廃止）

3.2.3 市村

1) 避難勧告・避難指示の変遷

市村における避難勧告等の変遷は以下のとおりである。

表-3.2.4 避難勧告・避難指示の発令状況の変遷

県	地区	現状	避難勧告・避難指示の発令、解除状況	備考	
奈良	五條市大塔町赤谷	避難勧告	避難指示発令	平成23年9月3日	9/16 警戒区域の設定
			避難勧告に変更	平成24年2月8日	同日の警戒区域解除後に発令
	十津川村 長殿、宇宮原、上野地	-	避難勧告発令	平成23年9月4日	
			避難指示発令	平成23年9月8日	9/16 警戒区域の設定
			避難指示を解除	平成24年2月8日	同日の警戒区域解除後に解除
	十津川村滝川	-	避難勧告発令	平成23年9月4日	十津川村全域に発令
			避難勧告を解除	平成23年9月5日	
	野迫川村北股	避難指示	避難勧告発令	平成23年9月4日	
			避難指示発令	平成23年9月16日	9/16 警戒区域の設定
	五條市大塔町宇井	-	避難指示発令	平成23年9月8日	9/16 警戒区域の設定
			避難勧告に変更	平成23年11月10日	11/2 警戒区域解除後に発令
			避難勧告を解除	平成24年11月1日	災害対策工事の施工により
	五條市大塔町清水	-	避難指示発令	平成23年9月3日	9/16 警戒区域の設定
			避難勧告に変更	平成23年12月27日	
避難勧告を解除			平成24年11月1日	災害対策工事の施工により	
天川村坪内	-	避難指示発令	平成23年9月4日		
		避難指示を解除	平成23年9月13日		
和歌山	田辺市熊野	避難勧告発令	平成23年9月5日		
		避難指示発令	平成23年9月8日	9/16 警戒区域の設定	
		避難指示を解除	平成23年12月3日	同日の警戒区域解除後に解除	
	田辺市本宮町三越 (中下番地区)	-	避難勧告発令	平成23年9月8日	
			避難勧告を解除	平成23年9月10日	

2) 警戒区域の変遷

二次災害防止等のため自治体が設定した警戒区域等において、範囲の設定や区域への立ち入り、一時帰宅、避難解除等について各市村及び関係機関が連携して今後の対応を協議するため「土砂災害緊急情報現地対策協議会（五條市、十津川村、野迫川村）」、「田辺市熊野地区河道閉塞対策協議会」が設置された。

各地区の警戒区域の変遷は以下のとおりである。

表-3.2.5 警戒区域の変遷

県	地区	警戒区域設定、解除状況	対象	備考	
奈良	五條市大塔町赤谷	【設定】	平成23年9月16日	3世帯4名	
		【解除】	平成24年2月8日		緊急工事の進捗により仮排水路の通水が可能となったため
	十津川村長殿地区 (国道168号付近)	【設定】	平成23年9月16日	14世帯21名	
		【範囲縮小】	平成23年9月26日	4世帯5名	
		【範囲縮小】	平成23年11月3日	3世帯3名	
		【解除】	平成24年2月8日		湛水池の水位が低く越流に伴う土石流発生の危険性が低いため
	十津川村宇宮原	【設定】	平成23年9月16日	15世帯33名	
		【範囲縮小】	平成23年9月26日	2世帯4名	
		【範囲縮小】	平成23年11月3日	人家なし	
		【解除】	平成24年2月8日		赤谷地区長殿地区の緊急工事の進捗により危険性が低い状態となったため
	十津川村上野地 (上野地中学校付近)	【設定】	平成23年9月16日	17世帯32名	
		【範囲縮小】	平成23年9月26日	4世帯11名	
		【解除】	平成24年2月8日		赤谷地区長殿地区の緊急工事の進捗により危険性が低い状態となったため
	野迫川村北股 (居住区)	【設定】	平成23年9月16日	37世帯87名	
【解除】		平成23年12月23日		緊急工事により湛水池の埋め戻しが完了したため	
五條市大塔町宇井	【設定】	平成23年9月16日	39世帯71名		
	【範囲縮小】	平成23年9月27日	3世帯7名		
五條市大塔町清水	【設定】	平成23年11月2日			
	【解除】	平成23年9月16日	9世帯19名		
和歌山	田辺市熊野	【設定】	平成23年9月16日	19世帯30名	
		【解除】	平成23年12月3日		緊急工事により湛水池の埋め戻しが完了したため

3) 住民の一時帰宅状況

各地区の警戒区域及び避難指示区域において、避難住民の一時帰宅が実施された。

表-3.2.6 避難住民の一時帰宅状況

県	地区	避難住民の一時帰宅の実施状況
奈良	五條市大塔町宇井	平成23年9月28日
	十津川村宇宮原・上野	平成23年9月29日 (一時帰宅者数 5名)
		平成23年10月30日 (一時帰宅者数 7名)
	野迫川村北股	平成23年9月29日 (一時帰宅者数 91名)
平成23年11月23日 (一時帰宅者数150名)		
和歌山	田辺市熊野	平成23年9月25日 (一時帰宅者数 95名)
		平成23年10月9日 (一時帰宅者数118名)
		平成23年10月30日 (一時帰宅者数 59名)

3.3 今後の警戒避難体制のあり方について

平成 25 年 2 月現在、各箇所において緊急対策工（直轄砂防災害関連緊急事業）として仮排水路工、水路への土砂流入を防止する防護土堤、一部の不安定土塊の除去、暗渠排水管、仮堰堤工等の整備が完了している。これにより、当面の降雨・流量に伴う河道閉塞部の越流決壊を抑制することができる。

しかし、緊急対策工の計画規模は 2 年超過確率規模（熊野地区は 100 年超過確率規模）を対象としているため、計画規模（直轄特定緊急砂防事業：100 年超過確率規模）が完了するまでの間に、計画規模を含むそれ以上の降雨・流量によって、仮排水路工の溢流による河道閉塞部の表面侵食・越流決壊・浸透破壊、深層崩壊地の拡大・再崩壊、不安定土砂の流出などが発生する可能性がある。また、直轄特定緊急砂防事業が完了した後においても、計画規模以上の降雨・流量によって土砂生産・流出が発生する可能性も考えられる。

本項では、前項までに整理した警戒避難体制の実態や各種監視・観測機器の整備状況とともに、各地区に位置する保全対象の実態を踏まえ、今後の直轄砂防事業における警戒避難体制のあり方について検討した。

3.3.1 警戒避難体制の基本方針

直轄砂防事業における関係機関に対する警戒避難体制の基本方針は以下の通りである。

■目的

深層崩壊地、河道閉塞部等からの土砂生産・流出による、下流域に位置する保全対象における土砂災害を防止するために必要となる情報を共有することにより、奈良県・和歌山県および各市村等の関係機関における警戒避難体制の確立を支援する。

■基本方針

- 各地区における計画対象現象と、それに対する直轄砂防事業（砂防施設）の効果、すなわち直轄砂防事業による保全対象において軽減・回避できるリスクを関係機関に明示する。
- 関係機関への情報提供に際しては、各機関が必要とする情報を簡潔で理解しやすい形で、迅速に提供することに留意する。
- 上記に際しては、

- ① 直轄砂防災害関連緊急事業 完了 : 現時点
- ② 直轄特定緊急砂防事業 実施中 : 平成 24 年度～平成 28 年度
- ③ 直轄特定緊急砂防事業 完了 : 平成 28 年度以降 等

に区分し、各段階における対策の進捗状況に応じて示すとともに、現地の状況に合わせて適宜更新する。

- ③以降については、計画規模を超過した現象が発生した場合の留意点について明記する。
- 直轄砂防事業において整備した各種監視・観測機器については、奈良県・和歌山県および各市村に引き継げる仕様とする。

*) 工事関係者に対する警戒避難体制は各現場の実情毎に応じて検討することとし、本検討には含めない。

3.3.2 警戒避難体制に必要な情報について

(1) 提供情報の考え方

前述の通り、これまでに整備された監視・観測機器によって直轄砂防事業から奈良県・和歌山県および各市村など関係機関に提供している情報は以下の通りである。

- ・ 降雨量 : 10 分間雨量, 時間雨量, 日雨量, 累加雨量
- ・ 水位 : 上流河道, 湛水池, 排水路, ボーリング孔, 伏流水流出点, 下流河道
- ・ 流量 : 上記地点毎に水位に基づき算出 (ボーリング孔は除く)
- ・ 各種映像 : 崩壊地, 崩壊土砂, 河道閉塞部, 排水路 等の CCTV 画像
- ・ センサー情報 : ワイヤセンサー, 振動計, 伸縮計,
ボーリング孔内傾斜計・パイプ歪計 等

上記の情報の内、警戒避難体制の基本方針に基づき、奈良県・和歌山県および各市村など関係機関における警戒避難体制の確立に必要な情報について、数値・映像情報とともに、それに基づき想定される各種現象（水の流れ、土砂移動現象）の解説やその危険性、注意喚起情報等を、簡潔で理解しやすい形でリアルタイムに提供するものとする。

簡潔で理解されやすい情報とは以下のような表現が考えられる；

- 「仮排水路を水が流れ始めました」, 「仮排水路の流量が計画の流量に達しました」,
- 「仮排水路を溢流する危険性が高まりました」, 「〇〇で侵食が始まりました」 等

(2) 情報の提供タイミング

前述の通り、仮排水路完成前後には国土交通省近畿地方整備局は土砂災害防止法に基づく「随時情報」と「緊急情報」を関係機関に発出していた。

仮排水路を含む直轄砂防災害関連緊急事業が完了した現在から直轄特定緊急砂防事業が完了するまでの間（左図の②）および直轄特定緊急砂防事業が完了した後（左図の③）においては、警戒避難体制の基本方針ならびに土砂災害防止法に基づき、奈良県・和歌山県および各市村など関係機関に対する情報提供のタイミングは、基本的に以下のように考えられる。

■随時情報

- ①排水路に水が流れ出した段階
- ③河道閉塞部の侵食, 変状 (崩落等), 崩壊
斜面の変状 (崩落, 崩壊等), 排水路の破損,
排水路への土砂流入・埋没, 異常漏水や伏流水の流量増加など異常事態が発生した段階

■緊急情報

- ②排水路を溢れると予想される段階
(排水路工の天端より 1m 程度低い水位)

*) 排水路には仮排水路を含む。

3.3.3 各地区における警戒避難体制のあり方

「第二回 河道閉塞対策検討委員会」で示した直轄砂防事業における計画対象現象は以下の通りである。

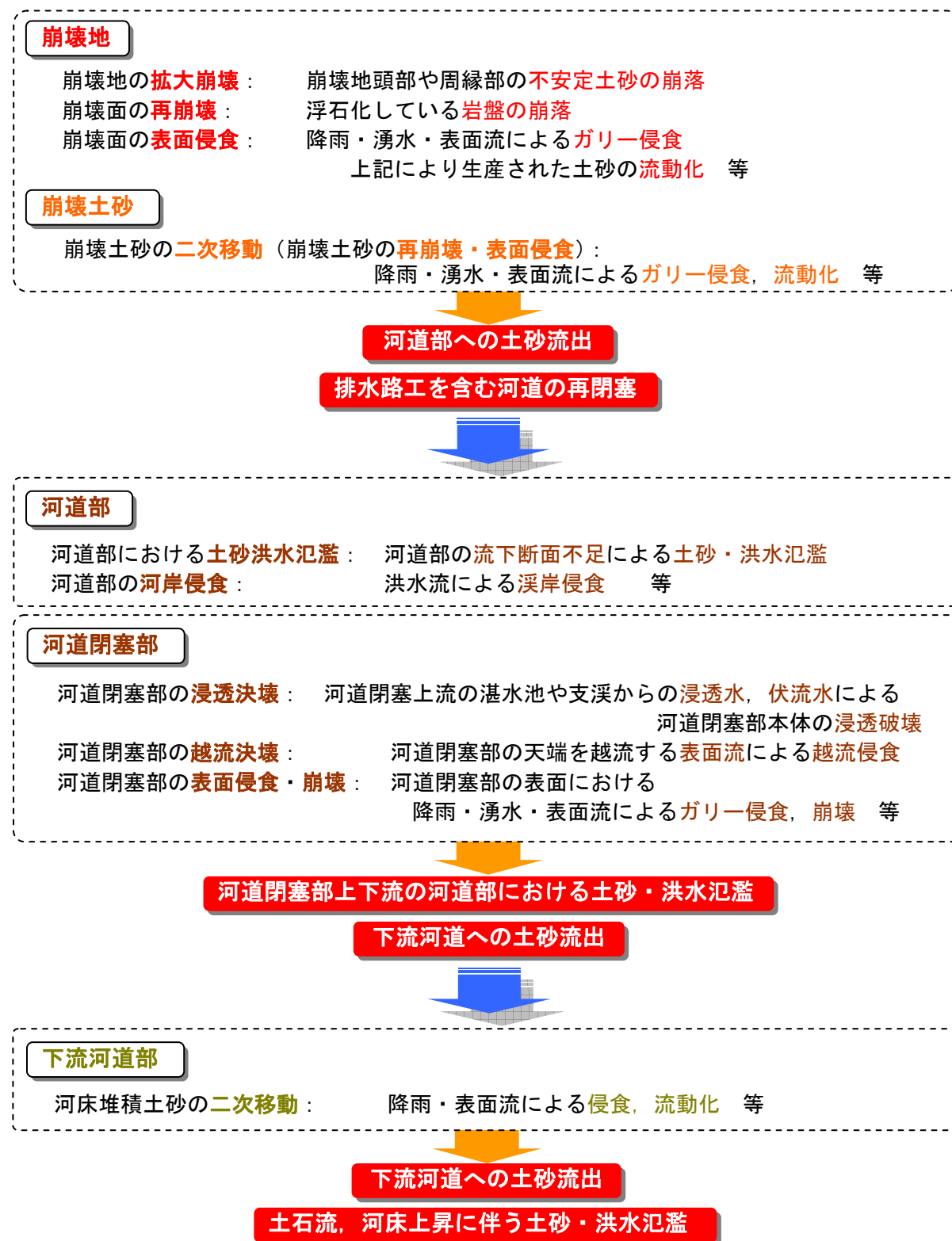


図-3.3.1 対策における計画対象現象

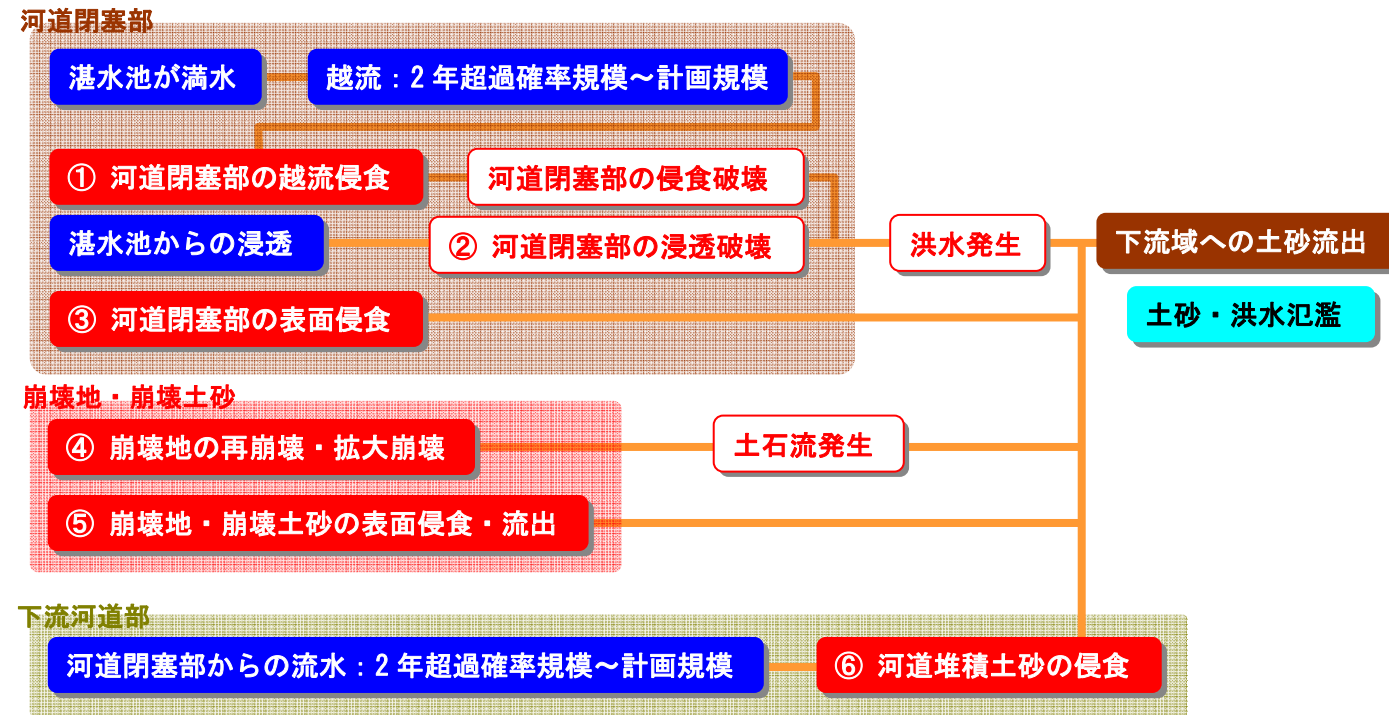
直轄砂防事業における計画対象現象に対し、仮排水路などの直轄砂防災害関連緊急事業が完了した現状では各地区の土砂生産・流出環境が変化している。

そこで、直轄砂防災害関連緊急事業が完了した現状において想定される各地区の土砂移動シナリオ、警戒避難体制の基本方針、前項で示した計画砂防施設の整備効果と整備後の残存リスク等に基づき、各地区における警戒避難体制のあり方を整理した。

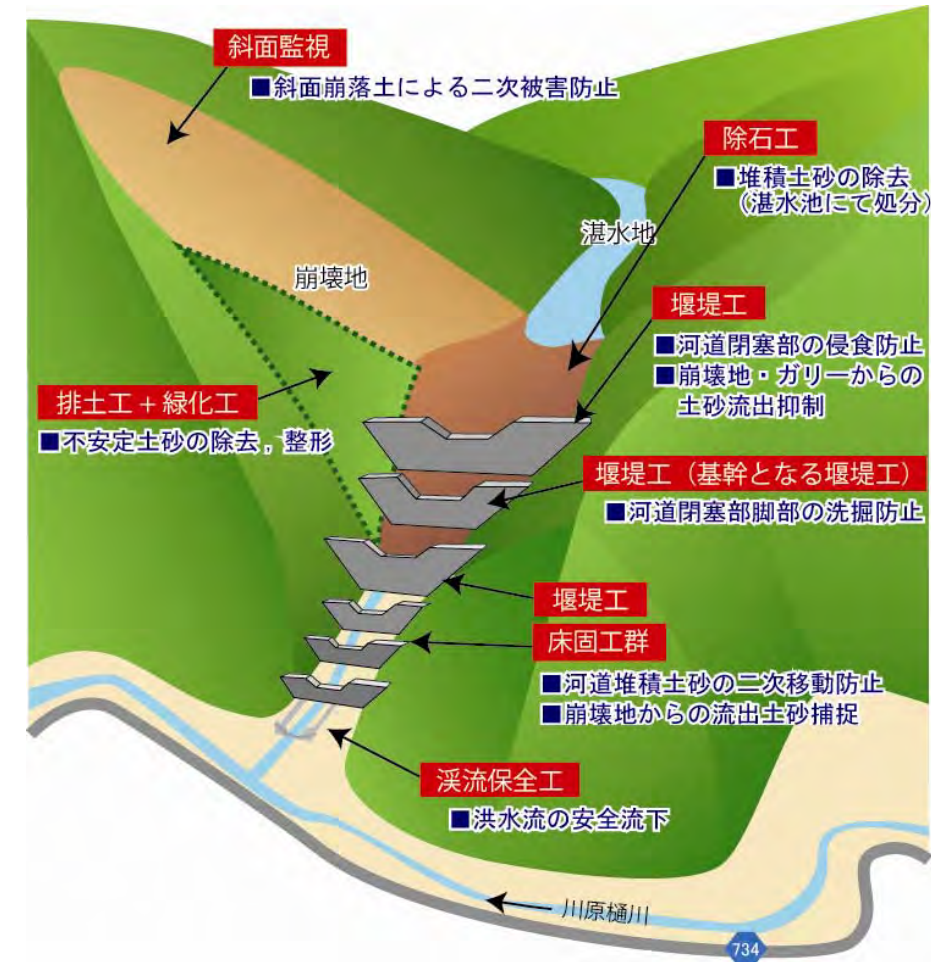
各地区の整理結果を以下に示す。

(1) 赤谷地区

赤谷・川原樋川合流点付近、川原樋川下流河道沿いに位置する保全対象における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



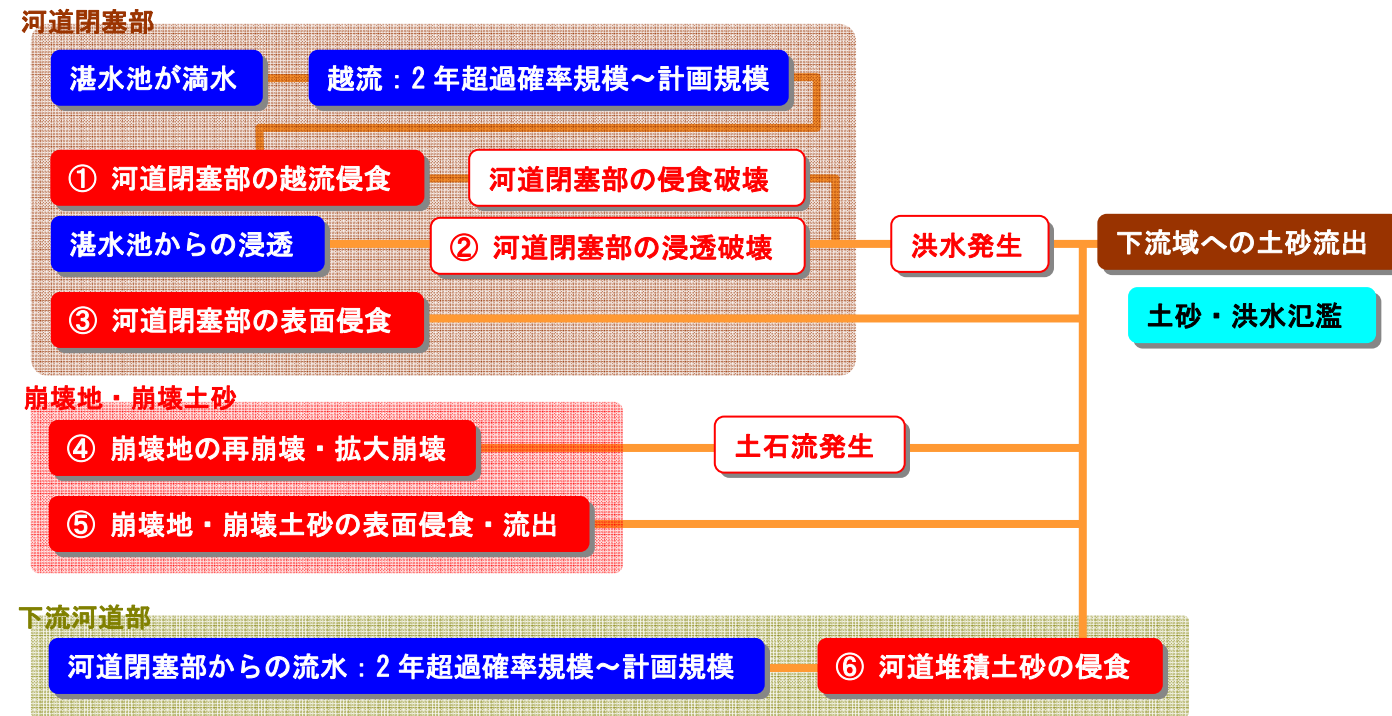
【現状で想定される土砂移動シナリオ】



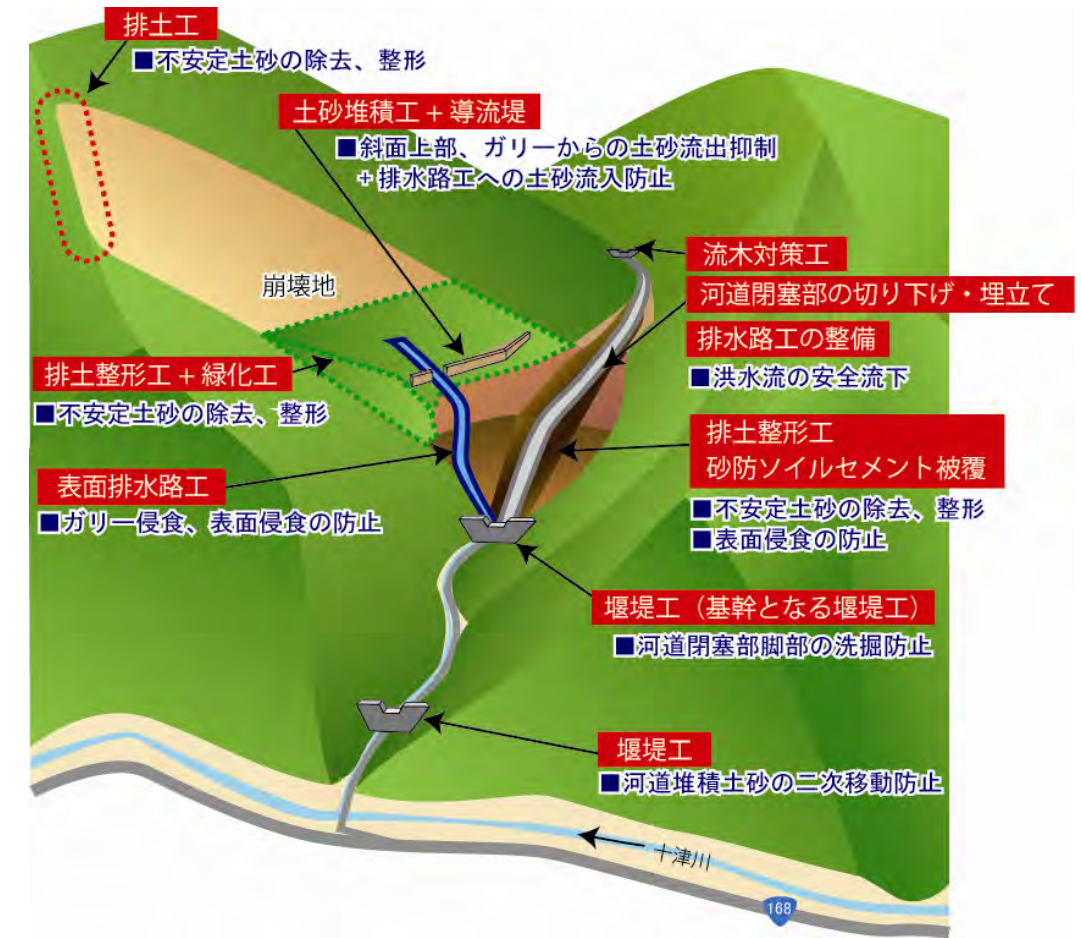
事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
↓	河道閉塞部	堰堤工 (基幹となる堰堤工)	【防止効果】 ①河道閉塞部の越流侵食 ②河道閉塞部の浸透破壊 ③河道閉塞部の表面侵食	①河道閉塞部の越流侵食(一部) ③河道閉塞部の表面侵食(一部) ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ⑥河道堆積土砂の侵食	【湛水池上流】 ・流入量観測 ・湛水位観測 【崩壊部】 ・伸縮計	・仮排水路(下流面)の溢流 ・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
		堰堤工	【抑制効果】 ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土石流流出	④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ⑥河道堆積土砂の侵食	【下流河道(基幹となる堰堤工, 赤谷キャンプ場周辺)】 ・水位観測	・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
	崩壊地	排土整形工+緑化工	【抑制効果】 ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	⑥河道堆積土砂の侵食	【湛水池上流】 ・流入量観測 ・湛水位観測 【崩壊部】 ・伸縮計	・下流河道での流量増加 が予想されるとき
	下流河道部	堰堤工	【抑制効果】 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 (捕捉効果)		【下流河道(渓流保全工; 赤谷キャンプ場周辺)】 ・水位観測	
		床固工群	【防止効果】 ⑥河道堆積土砂の侵食		【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	
		渓流保全工				
	直轄特定緊急砂防事業完了以降			<ul style="list-style-type: none"> ■ 計画規模以上の流量流下による越流侵食破壊 ■ 計画規模以上の降雨による大規模崩壊, 河道閉塞の形成, 土石流の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 降雨量, 湛水位, 各地点における水位・流量の観測, 監視カメラによる監視 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出

(2) 長殿地区

長殿谷・熊野川合流点付近、熊野川下流河道沿い（上野地地区）に位置する保全対象における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



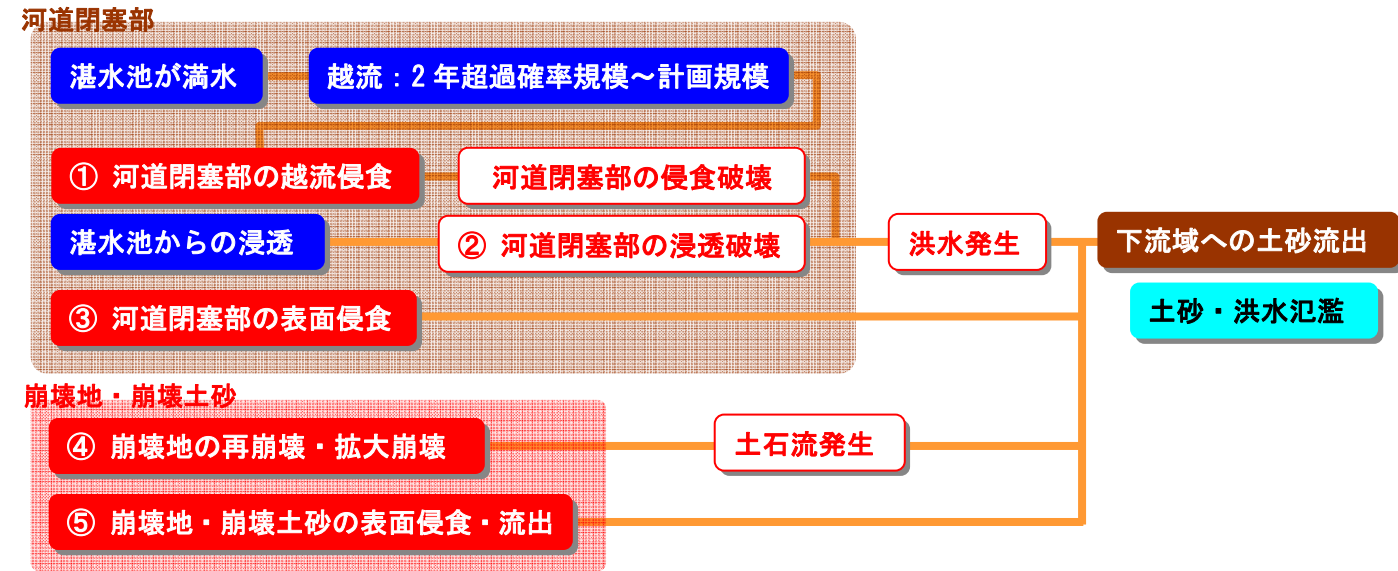
【現状で想定される土砂移動シナリオ】



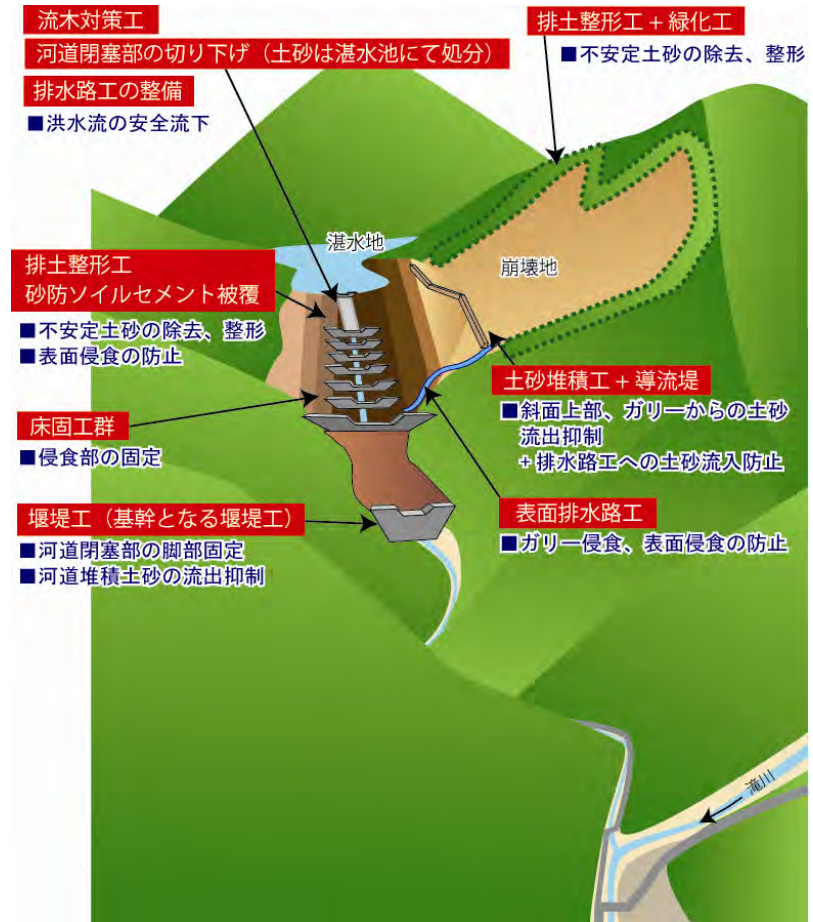
事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
河道閉塞部	河道閉塞部	堰堤工 (基幹となる堰堤工)	【防止効果】 ②河道閉塞部の浸透破壊 【抑制効果】 ①河道閉塞部の越流侵食 ②崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土石流流出	①河道閉塞部の越流侵食(一部) ③河道閉塞部の表面侵食(一部) ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ⑥河道堆積土砂の侵食	【湛水池上流】 ・流入量観測 ・湛水位観測 【崩壊部】 ・伸縮計 【下流河道(基幹となる堰堤工)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・仮排水路の溢流 ・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
		排水路工の掘削	【防止効果】 ①河道閉塞部の越流侵食 ③河道閉塞部の表面侵食	④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ⑥河道堆積土砂の侵食		
	崩壊地	排土整形工+緑化工	【抑制効果】 ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ⑥河道堆積土砂の侵食	【下流河道(下流堰堤)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊土砂の移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
	崩壊土砂	排土整形工+緑化工	【抑制効果】 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	⑥河道堆積土砂の侵食		
		土砂堆積工+導流堤				
下流河道部	堰堤工	【防止効果】 ⑥河道堆積土砂の侵食	-	-	-	
直轄特定緊急砂防事業完了以降				■計画規模以上の流量流下による排水路の溢流に伴う越流侵食破壊 ■計画規模以上の降雨による大規模崩壊、河道閉塞の形成、土石流の発生	■降雨量、各地点における水位・流量の観測、監視カメラによる監視	■計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出

(3) 栗平地区

栗平川・滝川合流点付近に位置する保全対象における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



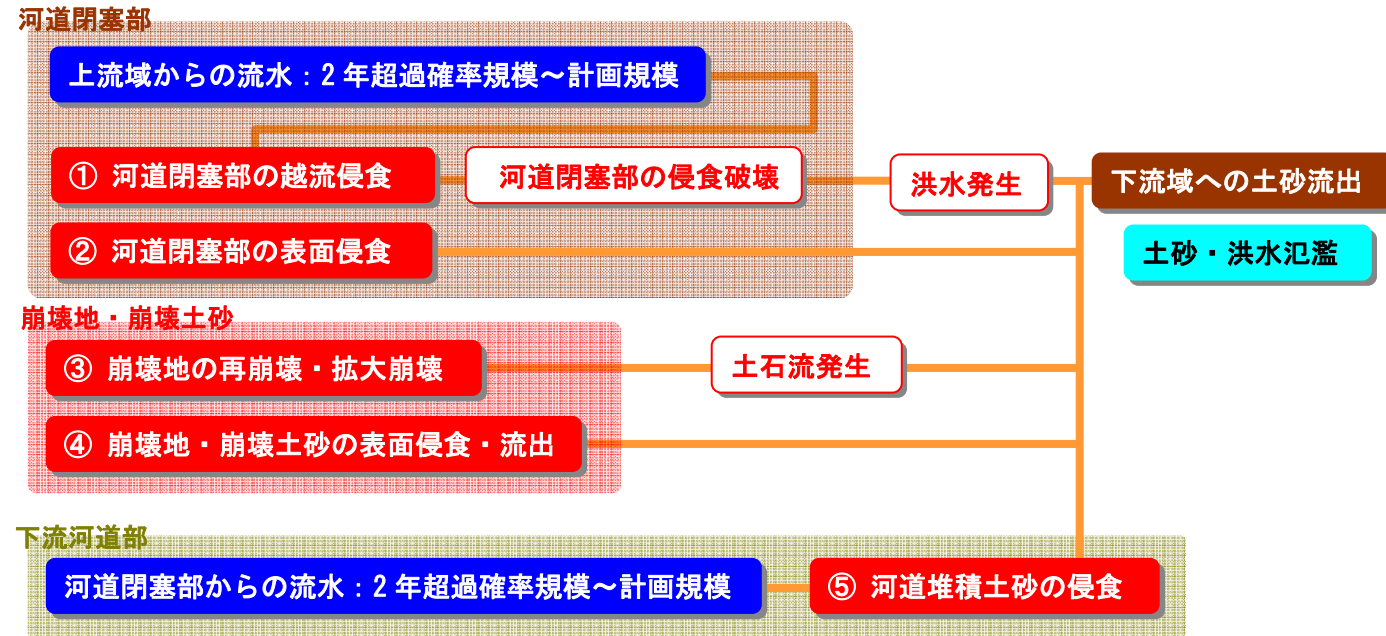
【現状で想定される土砂移動シナリオ】



事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
河道閉塞部	堰堤工 (基幹となる堰堤工)	【防止効果】 ②河道閉塞部の浸透破壊 【抑制効果】 ①河道閉塞部の越流侵食 ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土石流流出	①河道閉塞部の越流侵食(一部) ③河道閉塞部の表面侵食(一部) ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【湛水池上流】 ・流入量観測 ・湛水位観測 【崩壊部】 ・伸縮計 【下流河道(基幹となる堰堤工)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・仮排水路の溢流 ・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 が予想されるとき	
	暗渠排水管	【防止効果】 ①河道閉塞部の越流侵食 ③河道閉塞部の表面侵食	④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出			・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 が予想されるとき
	床固工群	【抑制効果】 ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	・崩壊土砂の移動 が予想されるとき		
	排水路工の掘削	【抑制効果】 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—	—		
崩壊地	排土整形工+緑化工	【抑制効果】 ④崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—	—	
	排土整形工+緑化工	—	—	—	—	
崩壊土砂	土砂堆積工+導流堤	【抑制効果】 ⑤崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—	—	—	
	表面排水路工	—	—	—	—	
直轄特定緊急砂防事業完了以降			<ul style="list-style-type: none"> ■ 計画規模以上の流量流下による排水路の溢流に伴う越流侵食破壊 ■ 計画規模以上の降雨による大規模崩壊, 河道閉塞の形成, 土石流の発生 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 降雨量, 湛水位, 各地点における水位・流量の観測, 監視カメラによる監視 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出 	

(4) 北股地区

岩谷の出口付近に位置する保全対象（北股地区）における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



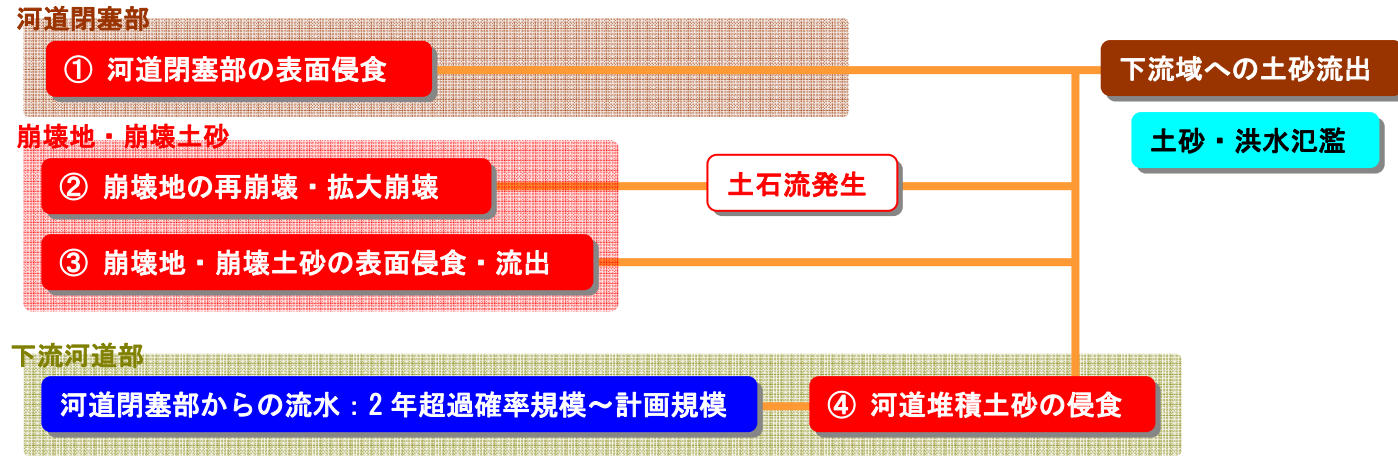
【現状で想定される土砂移動シナリオ】



事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
事業実施の流れ	下流河道部	堰堤工	【防止効果】 ⑤河道堆積土砂の侵食 【抑制効果】 ②河道閉塞部の表面侵食による土砂流出	①河道閉塞部の越流侵食 ②河道閉塞部の表面侵食(一部) ③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【崩壊部】 ・伸縮計 【下流河道(基幹となる堰堤工)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 ・河道閉塞部での侵食 が予想されるとき
		溪流保全工	③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土砂流出			
	河道閉塞部	堰堤工(基幹となる堰堤工)	【防止効果】 ①河道閉塞部の越流侵食 ②河道閉塞部の表面侵食 【抑制効果】 ③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土砂流出	③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【下流河道(溪流保全工:北股地区)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 が予想されるとき
		床固工群	③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土砂流出			
	崩壊地	排土整形工+緑化工	【抑制効果】 ③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出		・崩壊土砂の移動 が予想されるとき
崩壊土砂	土留工+柵工+緑化工 土砂堆積工+導流堤 表面排水路工	【抑制効果】 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—		—	
直轄特定緊急砂防事業完了以降				■ 計画規模以上の流量流下による越流侵食破壊 ■ 計画規模以上の降雨による大規模崩壊、河道閉塞の形成、土石流の発生	■ 降雨量、各地点における水位・流量の観測、監視カメラによる監視	■ 計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出

(5) 熊野地区

熊野川下流域に位置する保全対象ならびに熊野川沿いの道路における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



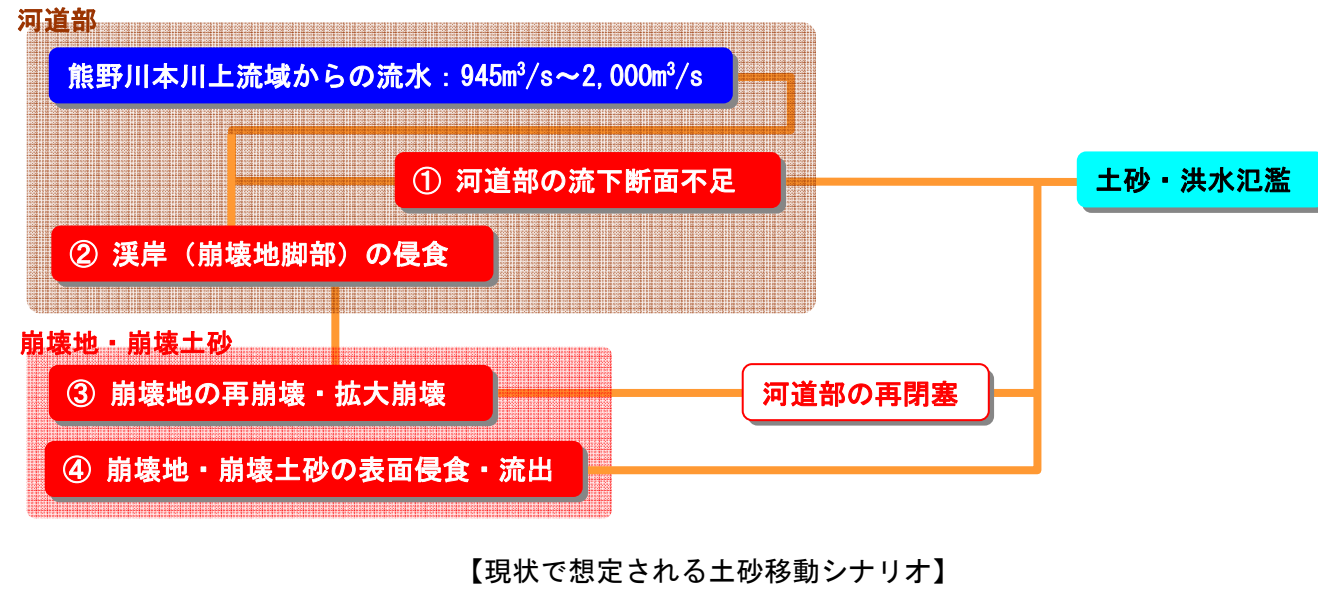
【現状で想定される土砂移動シナリオ】



事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
↓	河道閉塞部	堰堤工 (基幹となる堰堤工)	【防止効果】 ①河道閉塞部の表面侵食 【抑制効果】 ②崩壊地の再崩壊・拡大崩壊による土砂流出	②崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ③崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ④河道堆積土砂の侵食	【崩壊部】 ・伸縮計 【下流河道(基幹となる堰堤工)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊・土石流の発生 ・崩壊土砂の移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
	崩壊地	排土整形工 + 緑化工	【抑制効果】 ②崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	③崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ④河道堆積土砂の侵食		・崩壊土砂の移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
	下流河道部	床固工群 渓流保全工	【防止効果】 ④河道堆積土砂の侵食	③崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【下流河道(渓流保全工 下流域:集落)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊土砂の移動 が予想されるとき
	崩壊土砂	土留工 + 柵工 + 緑化工 土砂堆積工 + 導流堤 表面排水路工 + 床固工	【抑制効果】 ③崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—		—
	直轄特定緊急砂防事業完了 以降		■計画規模以上の流量流下による排水路の溢流に伴う越流侵食破壊 ■計画規模以上の降雨による大規模崩壊, 河道閉塞の形成, 土石流の発生	■降雨量, 各地点における水位・流量の観測, 監視カメラによる監視	■計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出	

(6) 清水 [宇井] 地区

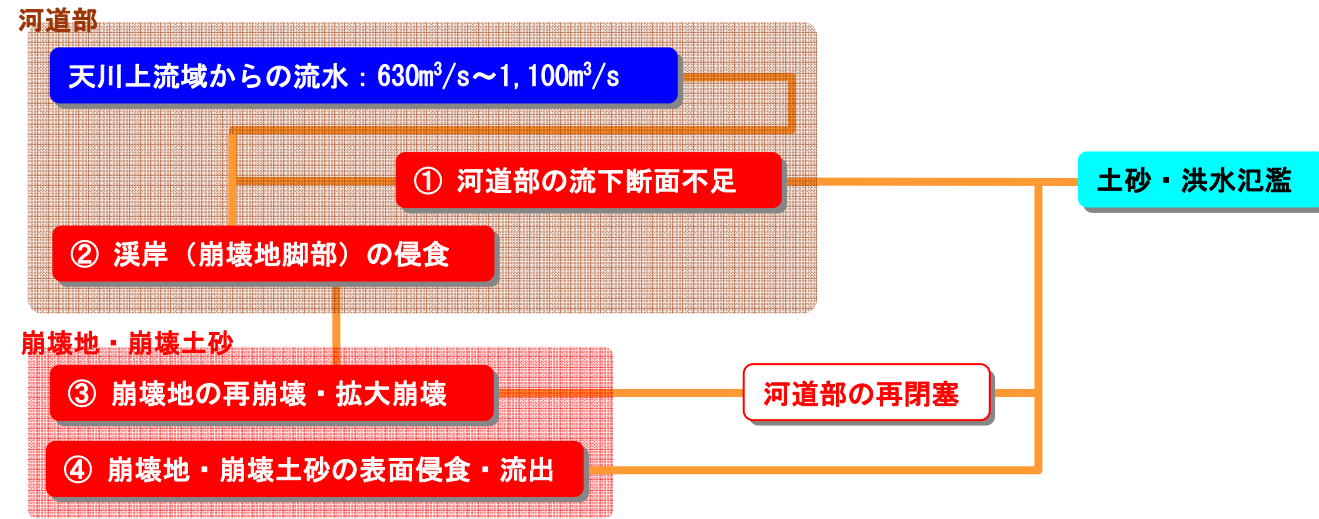
熊野川本川沿いに位置する保全対象ならびに道路における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
↓	崩壊地	斜面抑止工(崩壊対策)	【抑制効果】 ③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	①河道部の流下断面不足 ②渓岸(崩壊地脚部)の侵食 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【崩壊部】 ・伸縮計 【河道部】 ・ダム放流量 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊土砂の移動 ・熊野川本川の水位上昇 が予想されるとき
	崩壊土砂	整形工 土留工+柵工+緑化工	【抑制効果】 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出			
	河道部	護岸工	【防止効果】 ②渓岸(崩壊地脚部)の侵食による再閉塞	④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出		・崩壊土砂での土砂移動 が予想されるとき
	崩壊土砂	土砂堆積工+導流堤 擁壁工+法面保護工 表面排水路工	【抑制効果】 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—	【河道部】 ・ダム放流量 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	—
	直轄特定緊急砂防事業完了以降			■計画規模以上の流量流下による渓岸侵食に伴う再崩壊 ■計画規模以上の降雨による大規模崩壊、河道閉塞の形成	■降雨量、各地点における水位・流量の観測、監視カメラによる監視	■計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出

(7) 坪内地区

天川沿いに位置する保全対象ならびに道路における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



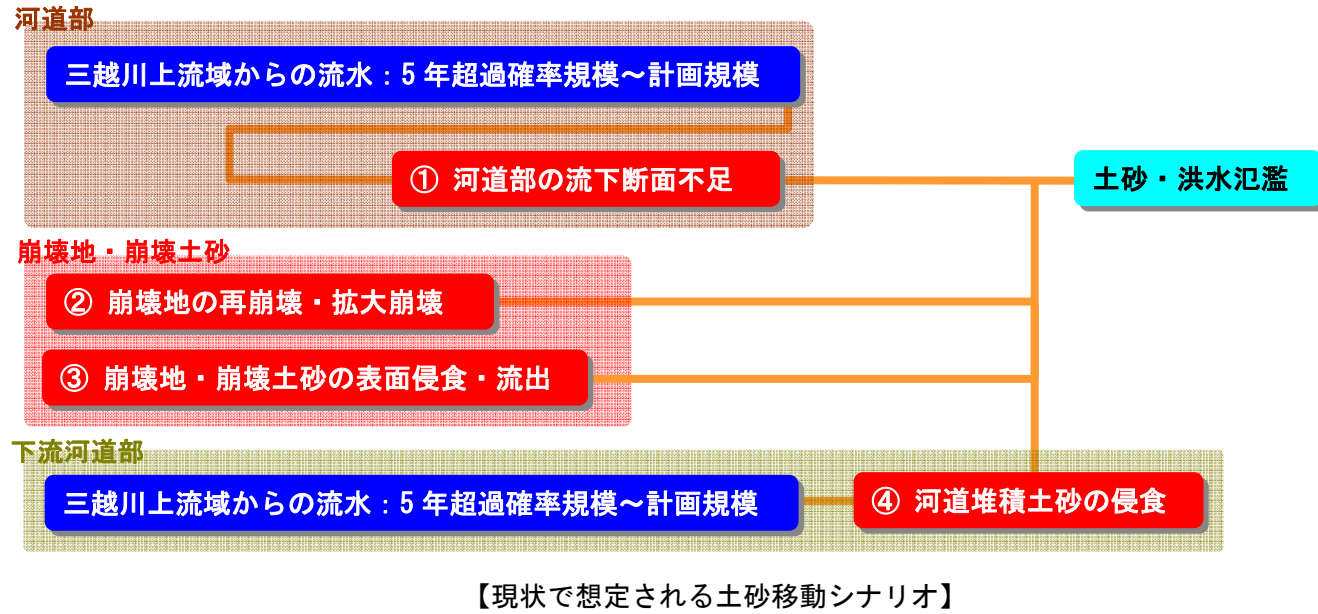
【現状で想定される土砂移動シナリオ】



事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
↓	河道部	排土工（河道掘削） ＋護岸工	【防止効果】 ①河道部の流下断面不足 ②溪岸（崩壊地脚部）の侵食 【抑制効果】 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【崩壊部】 ・伸縮計 【河道部】 ・ダム放流量 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊地の土砂移動 ・崩壊土砂の移動 が予想されるとき
	崩壊土砂	擁壁工				
	崩壊地	斜面抑止工（崩壊対策） 排土整形工＋緑化工	【抑制効果】 ③崩壊地の再崩壊・拡大崩壊	④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出		・崩壊土砂の移動 が予想されるとき
	崩壊土砂	斜面抑止工（表層崩壊対策） 整形工 土留工＋柵工＋緑化工 表面排水路工	【抑制効果】 ④崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	—	【河道部】 ・ダム放流量 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	
	直轄特定緊急砂防事業完了以降		■計画規模以上の流量流下による溪岸侵食に伴う再崩壊 ■計画規模以上の降雨による大規模崩壊、河道閉塞の形成	■降雨量、各地点における水位・流量の観測、監視カメラによる監視	■計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出	

(8) 三越地区

三越川下流河道沿いに位置する保全対象ならびに道路における土砂災害を防止に資するために必要な情報提供を行う。



事業実施の流れ	エリア区分	整備施設	施設整備による効果	残存リスク	監視観測体制のあり方	情報の提供タイミング
↓	河道部	排土工(河道掘削)+護岸工	【防止効果】 ①河道部の流下断面不足による洪水氾濫	②崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ③崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出 ④河道堆積土砂の侵食	【崩壊部】 ・伸縮計 【下流河道部(既設堰堤)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊地・崩壊土砂の土砂移動 ・河道閉塞部での土砂移動 ・下流河道での流量増加 が予想されるとき
		床固工				
		切土工				
↓	下流河道部	床固工	【防止効果】 ④河道堆積土砂の侵食	②崩壊地の再崩壊・拡大崩壊 ③崩壊地・崩壊土砂の表面侵食・流出	【下流河道部(既設堰堤)】 ・水位観測 【全般】 ・雨量観測 ・監視カメラ	・崩壊地・崩壊土砂の土砂移動 ・河道閉塞部での土砂移動 が予想されるとき
		崩壊土砂				
↓	直轄特定緊急砂防事業完了以降		—	■計画規模以上の流量流下による現況流路における渓岸侵食に伴う河道閉塞の形成と旧河道への流下 ■計画規模以上の降雨による大規模崩壊、河道閉塞の形成	■降雨量、各地点における水位・流量の観測、監視カメラによる監視	■計画規模以上の降雨・流量を超える可能性が生じた段階に情報発出