

山地災害における 治山施設及び森林の効果について

8. 土石流発生時の治山施設効果

- | | | | |
|-----|------------------------|-------|-------|
| 8.1 | 二次元氾濫シミュレーションによる土石流の再現 | | 8-1-1 |
| 8.2 | 土石流発生時における治山施設の耐久性 | | 8-2-1 |
| 8.2 | 土石流発生時における治山施設の効果 | | 8-3-1 |

9. 荒廃地における森林

- | | | | |
|-----|----------------|-------|-------|
| 9.1 | 荒廃地及び周辺のエリ相 | | 9-1-1 |
| 9.2 | 荒廃地における樹木の根系分布 | | 9-2-1 |
| 9.3 | 樹木による土石流等の抑止事例 | | 9-3-1 |

8. 土石流発生時の治山施設効果

8.1 二次元氾濫シミュレーションによる土石流の再現

(1) 解析条件の設定

① 計算範囲の設定

計算は HyperKANAKO を用いた。検討の設定は、堰堤上流から堆砂敷きの上流までを 1次元解析とし、扇状地から下流を 2次元解析とした。設定の概況は下図の通りである。

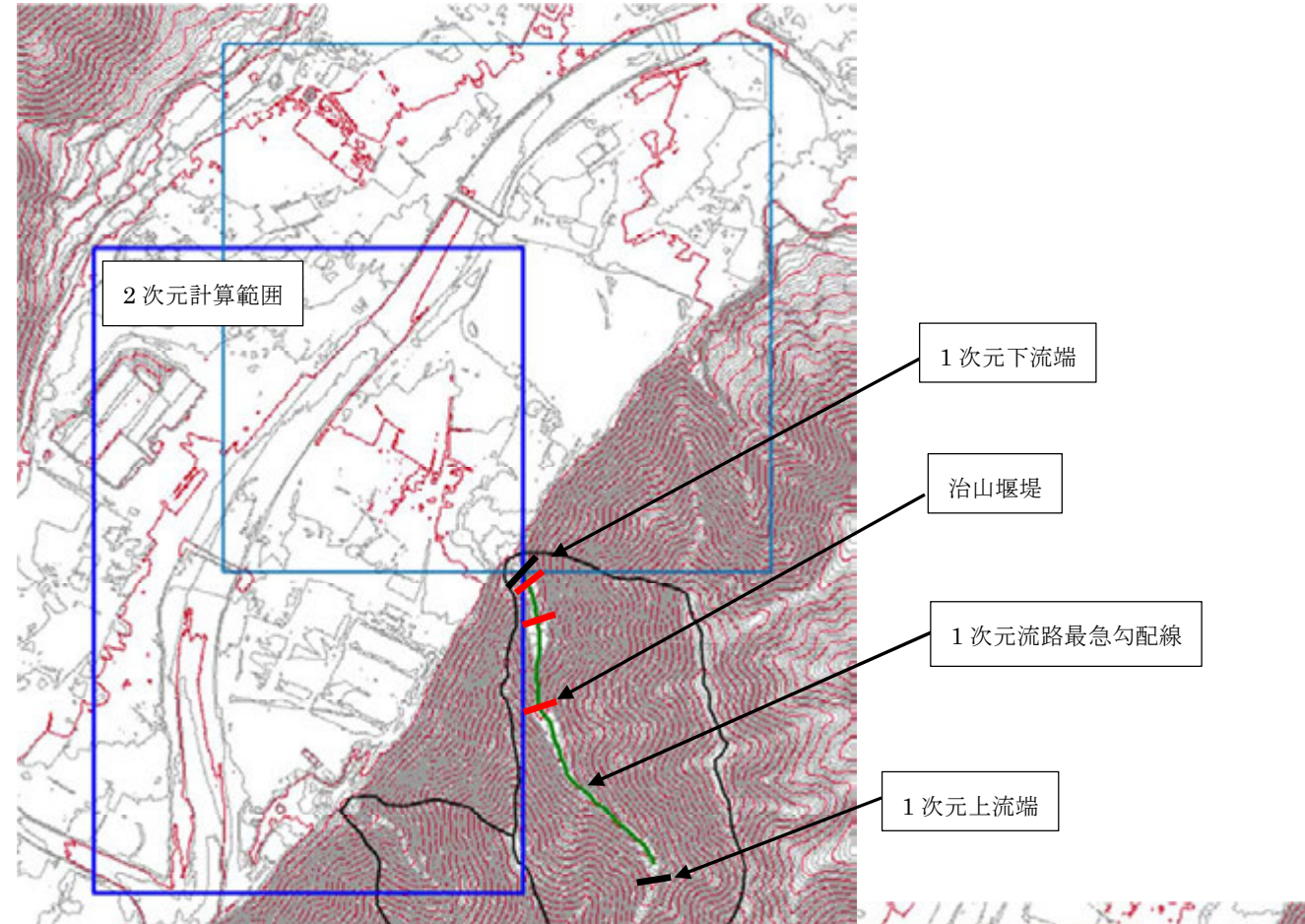


図 8.1.1 高松山 (ヶ-2) 設定概況

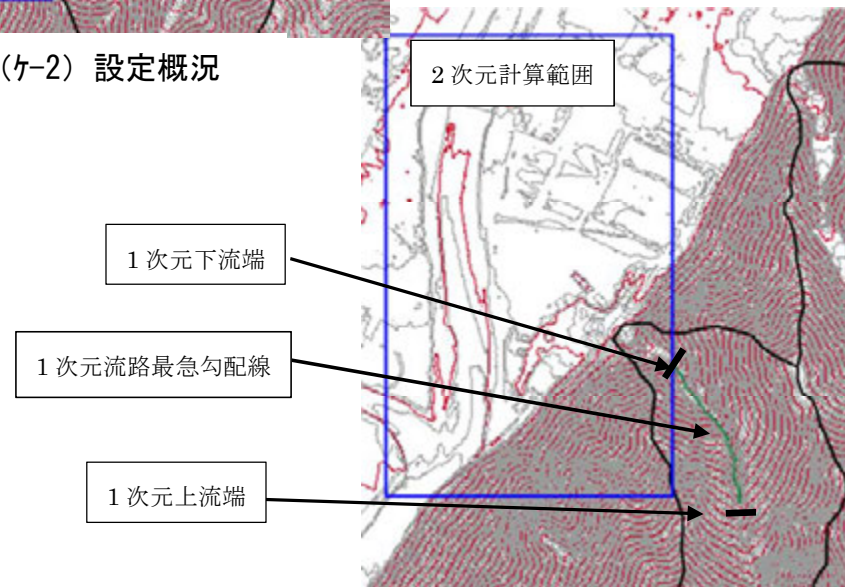


図 8.1.2 高松山 (ヶ-3) 設定概況

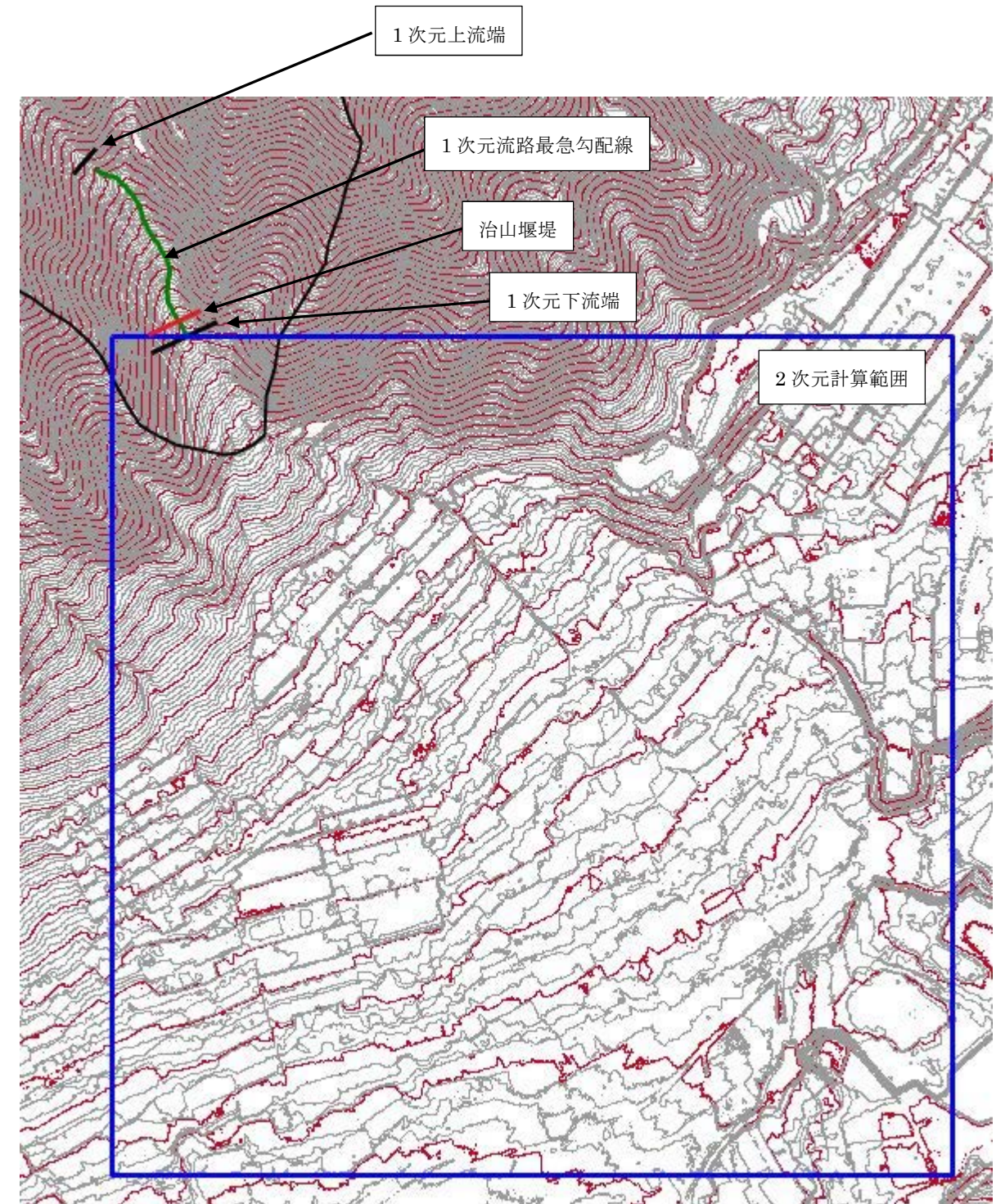


図 8.1.3 美濃越設定概況

検討に用いた地形データは平成 21 年度作成の LP データ(国土交通省太田河川事務所提供)である。これを HyperKANAKO 上で 5m×5m に変換して用いた。

②粗度係数

粗度係数は以下の値を適用した。

表 8.1.1 粗度係数

適用条件	粗度係数
土石流流下時	0.1
土砂の運搬形態が掃流に変化した場合	0.03

③土石流諸元

土石流のピーク流量、総土石流量の算出に当たっては、LP データの差分解析によって流域内および扇状地からの流出土砂量が求められているため、経験式によることとした。

土石流は降雨のピーク時に発生したとし、ハイドログラフはピークを先頭に 200 秒間の三角形、後続にピーク雨量から求められる流量を継続させることとした。検討に用いた雨量観測所は近傍の三入観測所、高瀬観測所である。

表 8.1.2 高松山地区に用いた降雨データと洪水流量（三入観測所）

Day	time	雨量 (mm)	累加雨量 (mm)	合理式による流量(m ³ /s)	
				ケ-2(0.102km ²)	ケ-3(0.059km ²)
8月19日	17:00	0.5	0	0.01	0.01
	18:00	0.0	0.0	0.00	0.00
	19:00	0.5	0.5	0.01	0.01
	20:00	1.5	2.0	0.03	0.02
	21:00	15.0	17.0	0.34	0.20
	22:00	3.5	20.5	0.08	0.05
	23:00	8.0	28.5	0.18	0.10
	0:00	4.0	32.5	0.09	0.05
8月20日	1:00	2.0	34.5	0.05	0.03
	2:00	28.0	62.5	0.64	0.37
	3:00	80.0	142.5	1.82	1.05
	4:00	101.0	243.5	2.30	1.32
	5:00	12.5	256.0	0.28	0.16

表 8.1.3 美濃越地区に用いた降雨データと洪水流量（高瀬観測所 流域面積 0.293km²）

Day	time	雨量(mm)	累加雨量	合理式による流量 (m ³ /s)
8月19日	18:00	0.0	0	0.00
	19:00	2.0	2.0	0.13
	20:00	7.0	9.0	0.46
	21:00	19.0	28.0	1.24
	22:00	12.0	40.0	0.78
23:00	18.0	58.0	1.17	
8月20日	0:00	0.0	58.0	0.00
	1:00	2.0	60.0	0.13
	2:00	21.0	81.0	1.37
	3:00	87.0	168.0	5.66
4:00	79.0	247.0	5.14	

土石流の濃度は計算開始点の勾配から算出されたものを基本とし、再現計算の結果が良好となるようトライアンドエラーで変化させることとした。この際に、流出土砂量は変化させずに、土砂濃度に応じて総土石流量、ピーク流量も変化させた。

表 8.1.4 土石流量の算出（高松山ケ-2）

	初期条件	検討値
投入土砂量(m ³)	11,800	11,800
流路勾配(tan θ)	0.213	0.213
土砂濃度	0.375	0.2
総土石流量(m ³)	18,889	35,400
ピーク流量(Qspm ³ /s)	188.9	354.0

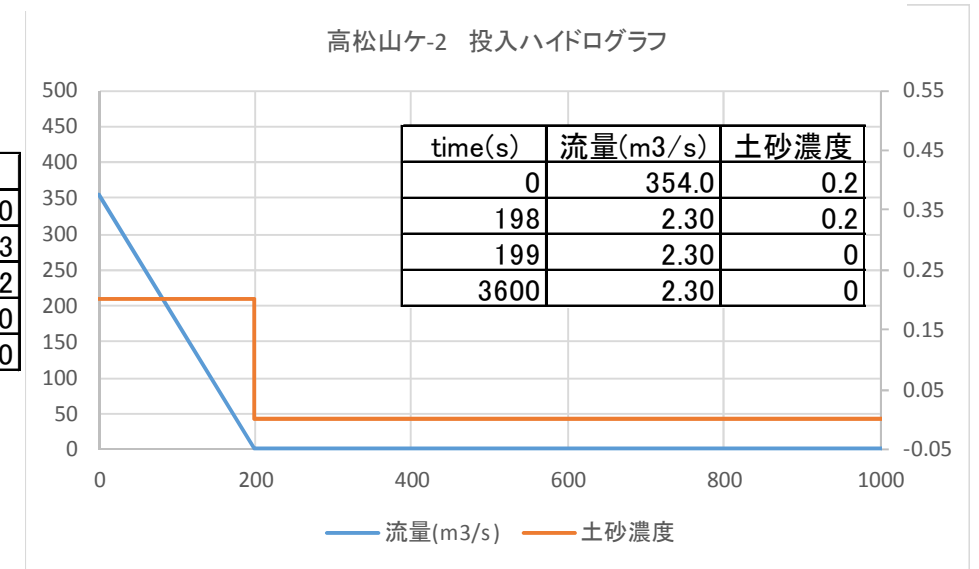


図 8.1.5 検討結果の土石流ハイドログラフ（高松山ケ-2）

表 8.1.5 土石流量の算出（高松山ケ-3）

	初期条件	検討値
投入土砂量(m ³)	16,000	16,000
流路勾配(tan θ)	0.525	0.525
土砂濃度	0.54	0.54
総土石流量(m ³)	17,778	17,778
ピーク流量(Qspm ³ /s)	177.8	177.8

* ケ-3は初期条件で良好な結果となった

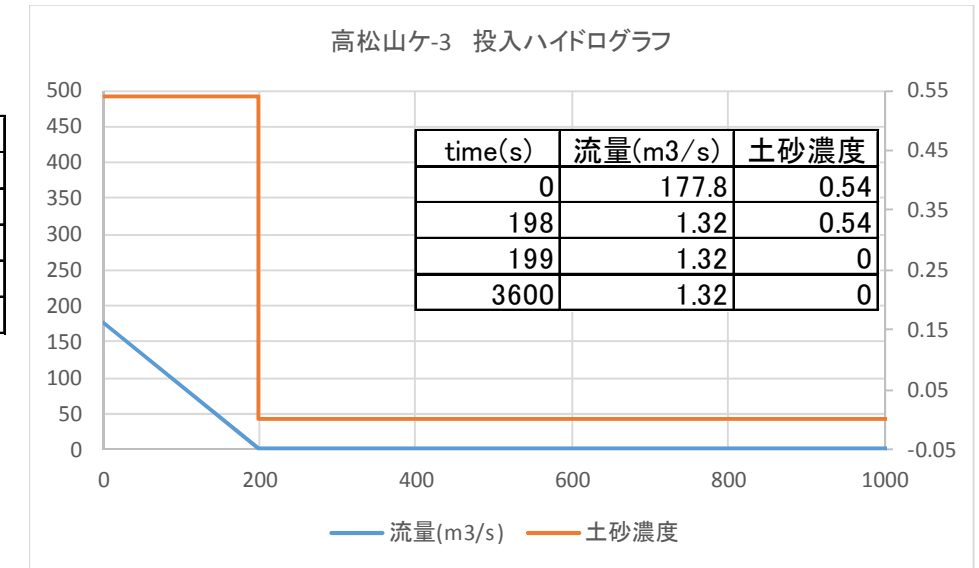


図 8.1.6 検討結果の土石流ハイドログラフ（高松山ケ-3）

表 8.1.6 土石流量の算出（美濃越）

	初期条件	検討値
投入土砂量(m ³)	22,800	22,800
流路勾配(tan θ)	0.422	0.422
土砂濃度	0.54	0.3
総土石流量(m ³)	25,333	45,600
ピーク流量(Qspm ³ /s)	253.3	456.0

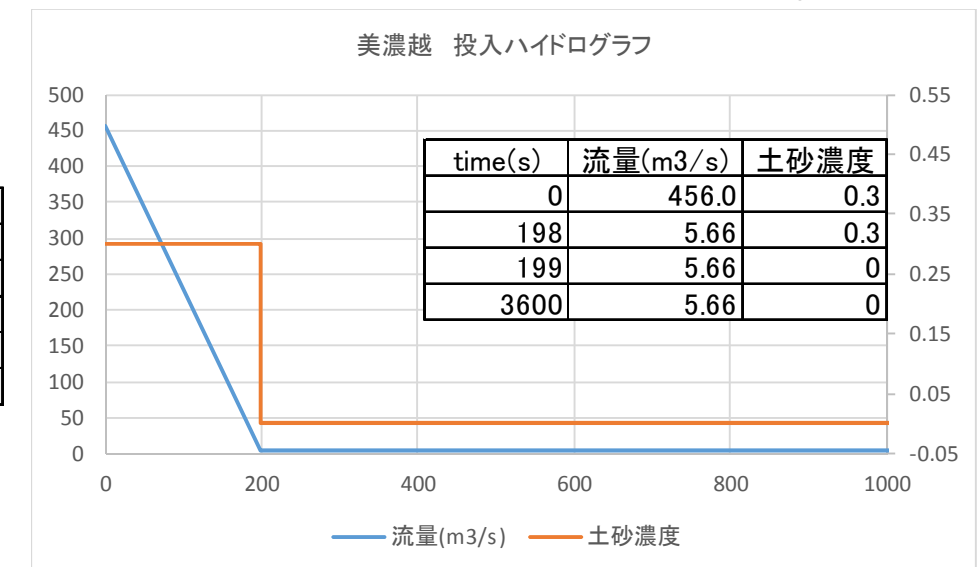


図 8.1.7 検討結果の土石流ハイドログラフ（美濃越）

(2) 二次元氾濫シミュレーション結果

設定した条件に基づいた解析結果は以下の通りである。

①高松山 (ケ-2)

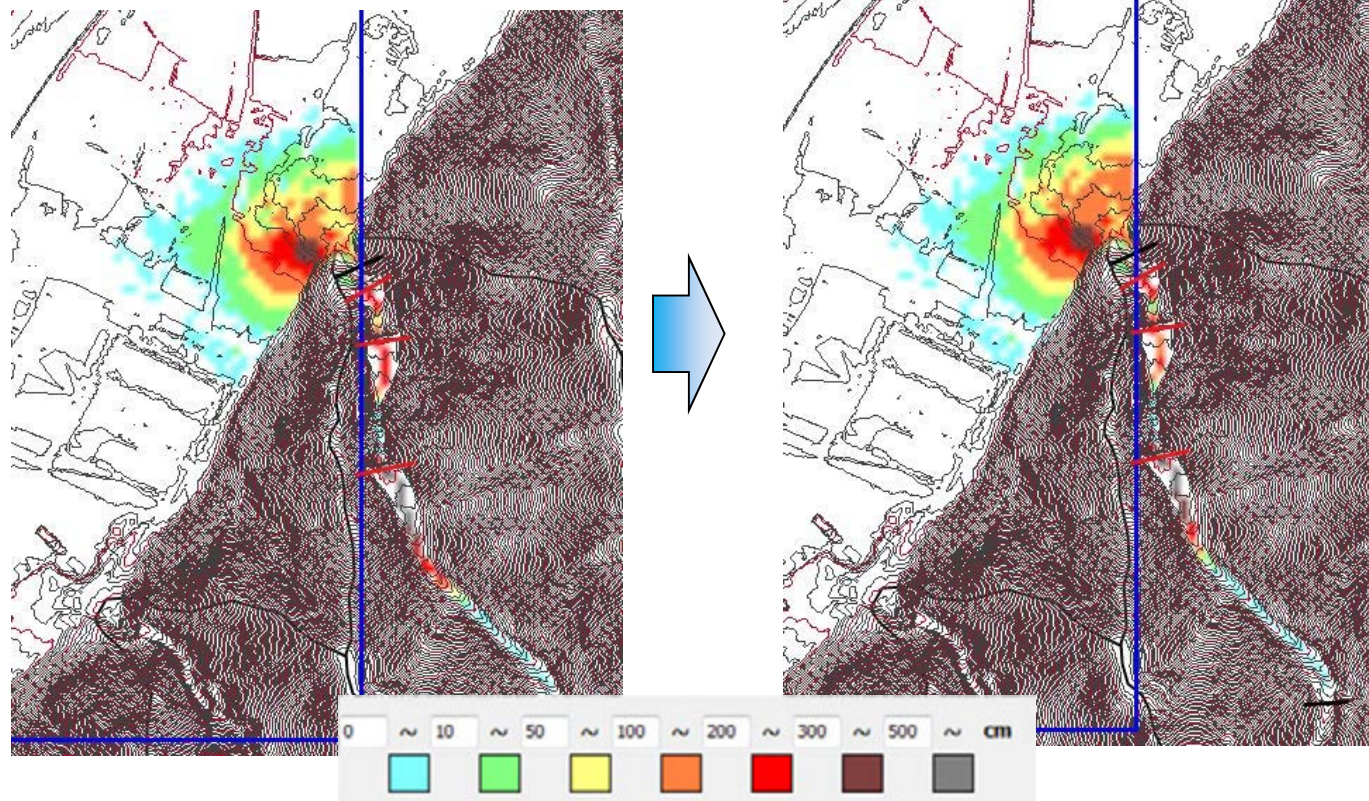


図 8.1.8 堆積形状 (600 秒後) (縦領域)

図 8.1.9 堆積形状 (1800 秒後) (縦領域)

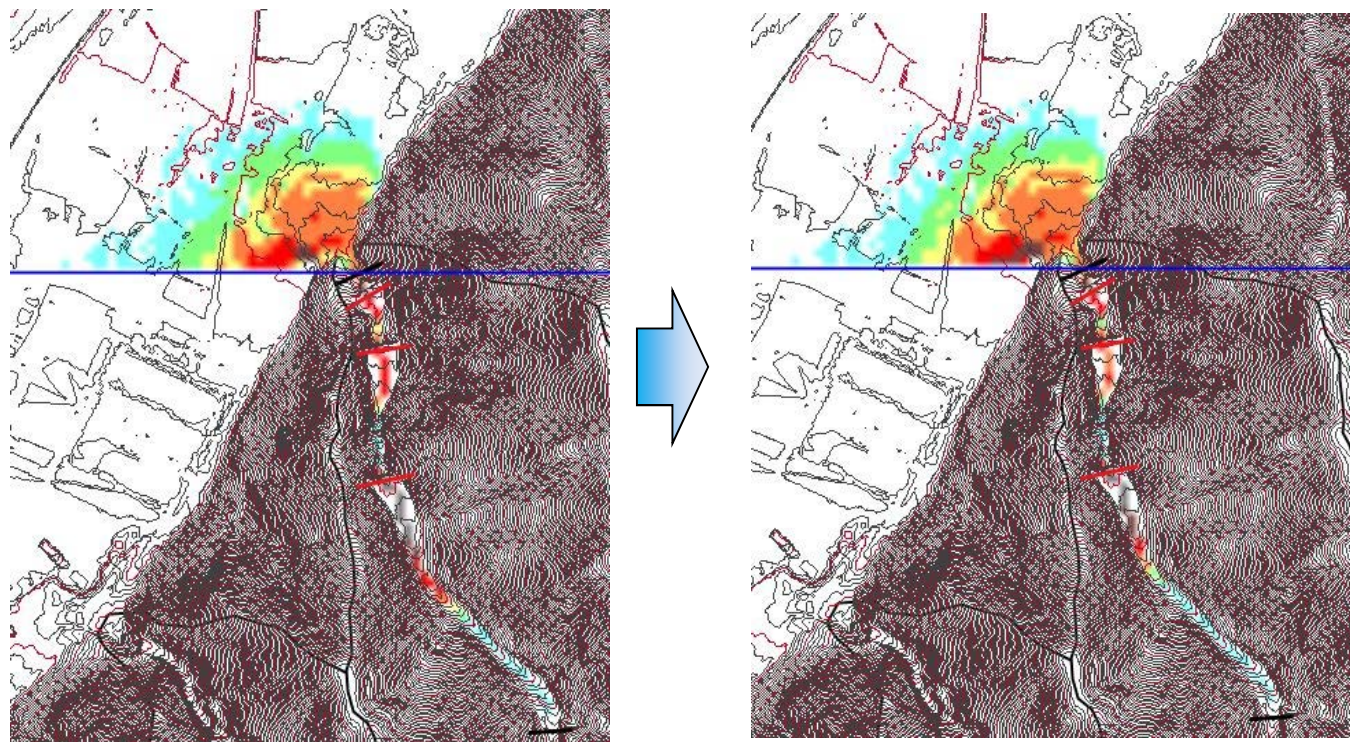


図 8.1.10 堆積形状 (600 秒後) (横領域)

図 8.1.11 堆積形状 (1800 秒後) (横領域)

②高松山 (ケ-3)

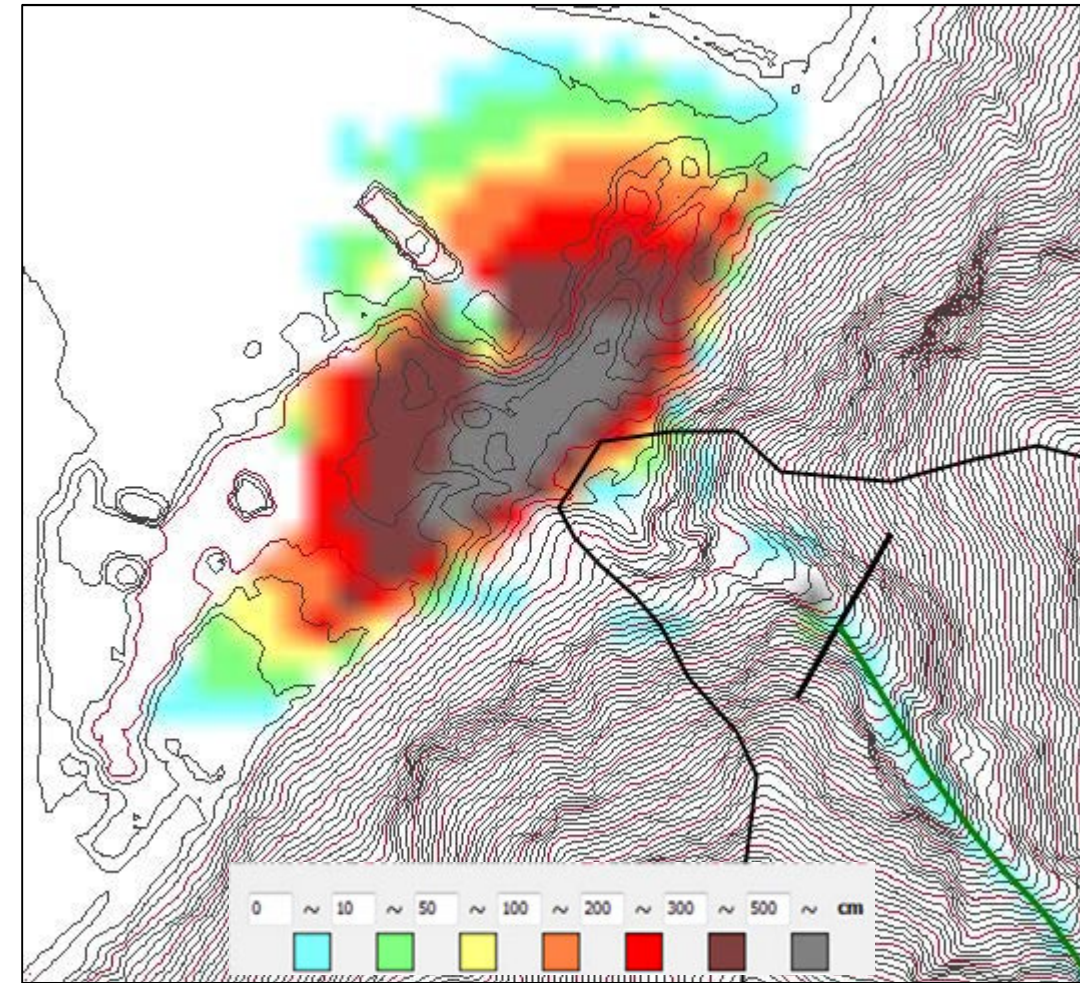


図 8.1.12 堆積形状 (20 分後 200 秒から変化見られない)

③美濃越

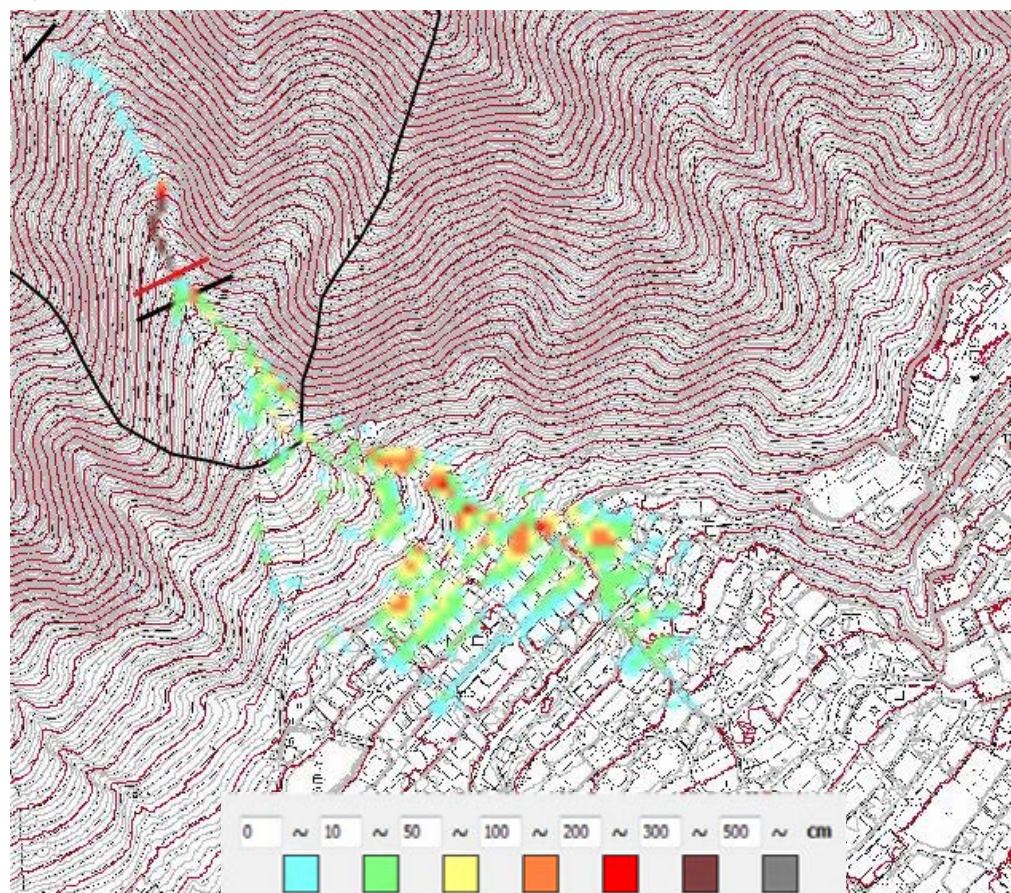


图 8.1.13 堆積形状 (100 秒後)

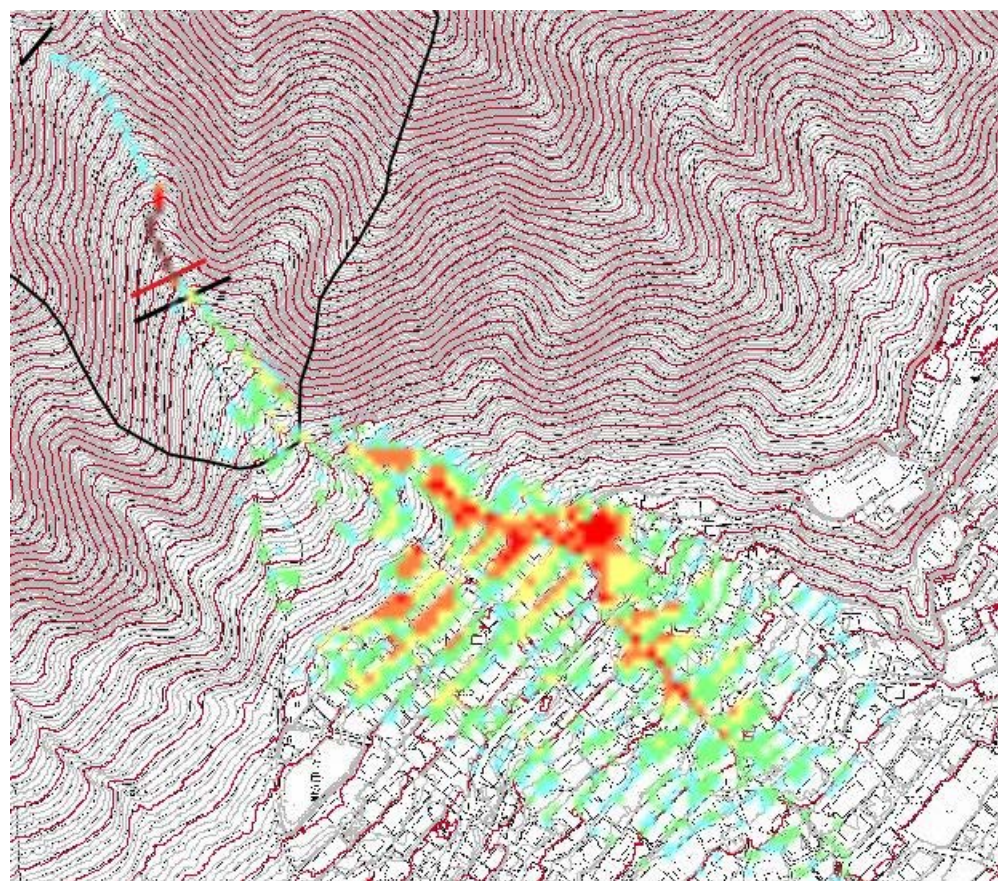


图 8.1.14 堆積形状 (300 秒後)

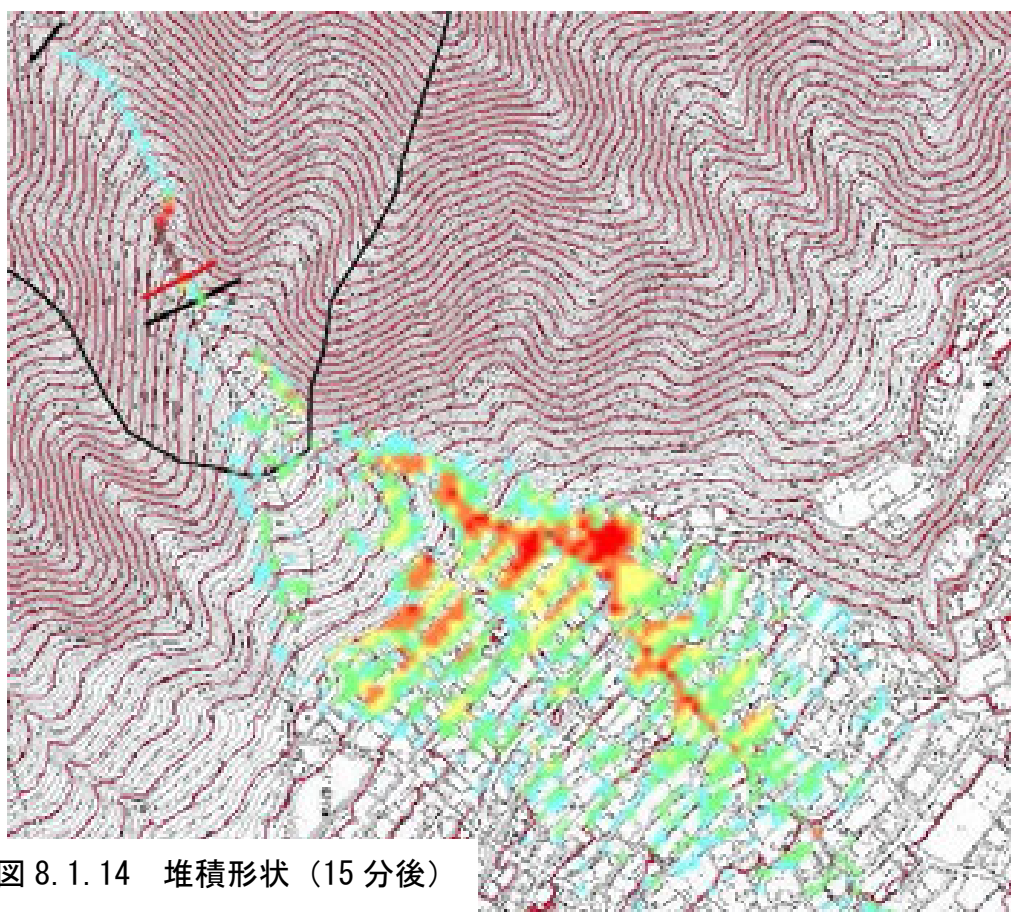
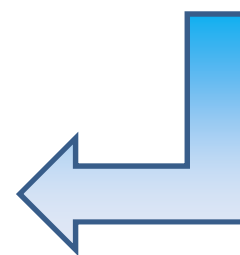


图 8.1.14 堆積形状 (15 分後)



8.2 土石流発生時における治山施設の耐久性

(1) 高松山 (ケ-2)

① 施設状況

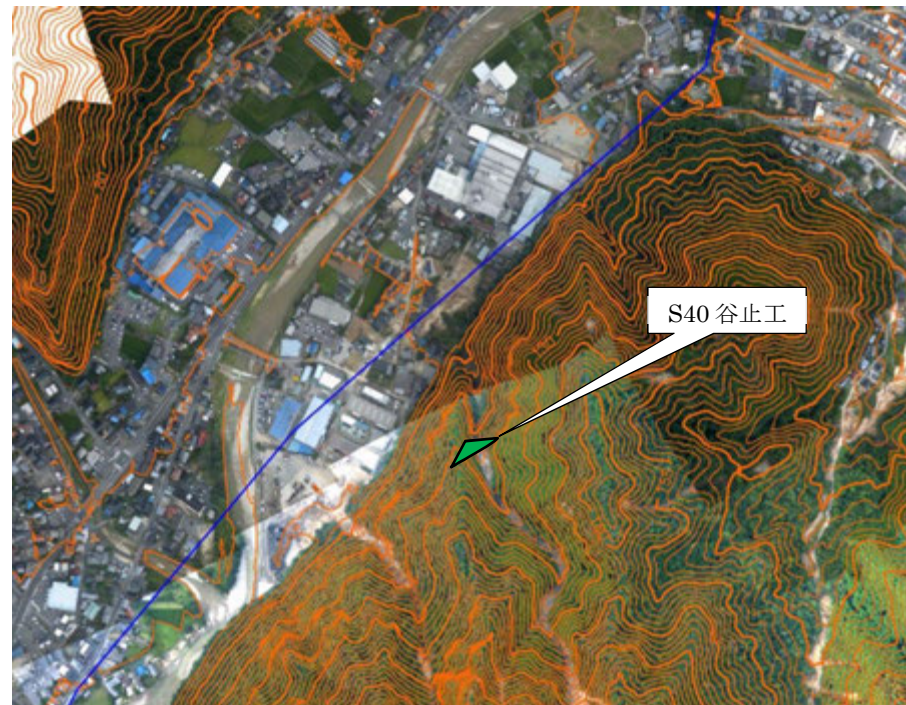


図 8.2.1 治山施設位置



写真 8.2.3 上流堆砂状況



写真 8.2.1 治山施設正面 (S40 施工)
(大きな変状は確認されない)



写真 8.2.2 下流つま先の小規模な洗掘

② 二次元氾濫シミュレーションより算出される土石流諸元

二次元氾濫シミュレーションより算出される、治山施設位置における土石流諸元は以下のとおり。

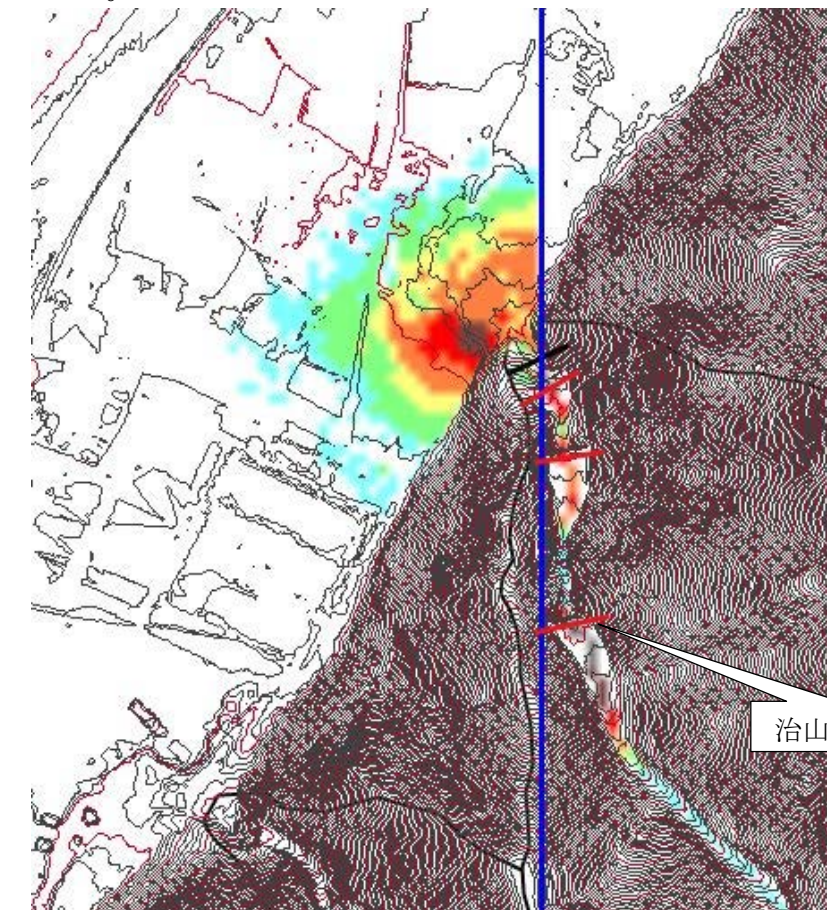


図 8.2.2 氾濫シミュレーション結果

表 8.2.1 土石流諸元

項目	諸元値
土石流水深	0.823m
土石流流速	12.291m/s
土石流濃度	0.2
土石流単位体積重量	14.52kN/m ³

③土石流時の谷止工安定度評価

土石流時の安定度評価として、以下の条件にて安定計算を行った。

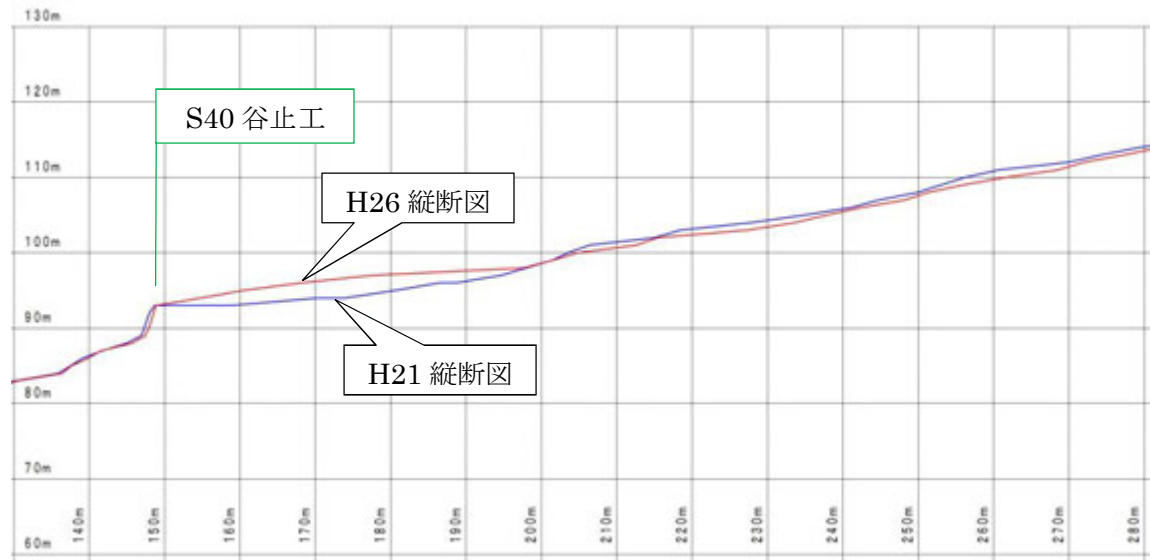


図 8.2.3 平成 21 年度、平成 26 年度溪流縦断面図 (LP より作成)

上図に示すとおり、土石流発生時には堤体背面は満砂状態であったといえることから、土石流が放水路を越流するモデルとして安定計算を行う。安定計算結果は以下のとおり。

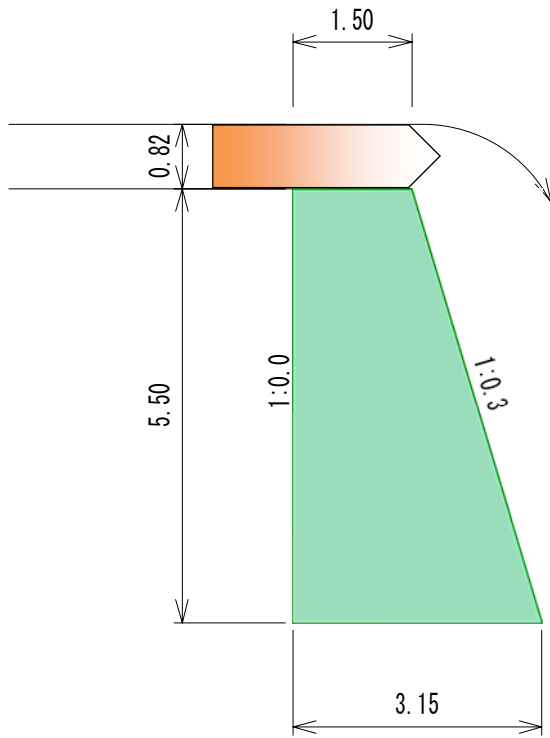


図 8.2.3 計算モデル図

安定計算の結果、いずれの安定条件も満足し、安定が保たれることが確認された。

表 8.2.2 安定計算結果 (土石流越流)

検討項目	安定計算結果	判定
転倒	$0 < d < B$ $0 < 1.249\text{m} < 3.15\text{m}$	OK
滑動	$F_s = 1.96 > 1.00$	OK
地盤支持	$P_{\max} = 160.57\text{kN/m}^2 < 1,050\text{kN/m}^2$	OK

d: つま先から合力作用位置までの距離

B: 堤体幅

F_s : 滑動安全率

P_{\max} : 堤底発生応力 (最大)

また、土石流が堤体に作用した場合の安定計算結果は以下の通りである。

<堤体天端に流体力が作用した場合> (安定上最も不利な状態)

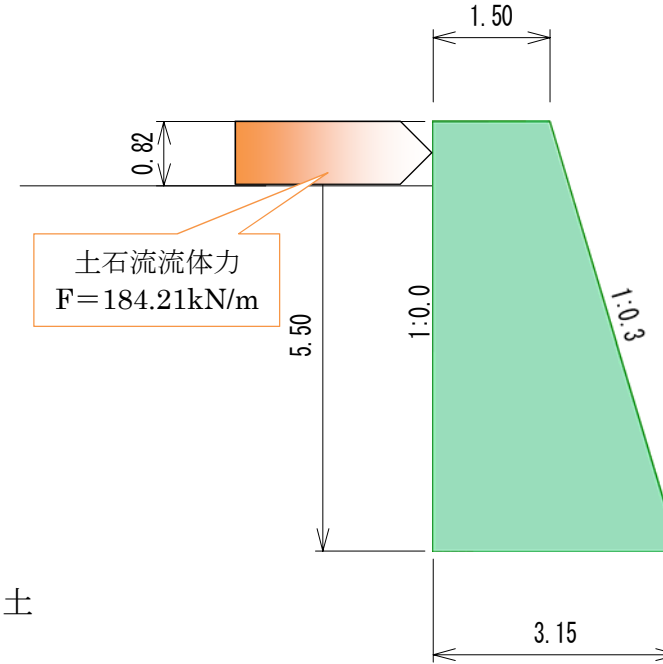


図 8.2.4 計算モデル図 (流体力天端作用)

表 8.2.3 安定計算結果 (天端に作用)

検討項目	安定計算結果	判定
転倒	$0 < d < B$ $0 > -1.821\text{m} < 3.15\text{m}$	NG
滑動	$F_s = 0.75 < 1.00$	NG
地盤支持	$P_{\max} = 697.33\text{kN/m}^2 < 1,050\text{kN/m}^2$	OK

d: つま先から合力作用位置までの距離

B: 堤体幅

F_s : 滑動安全率

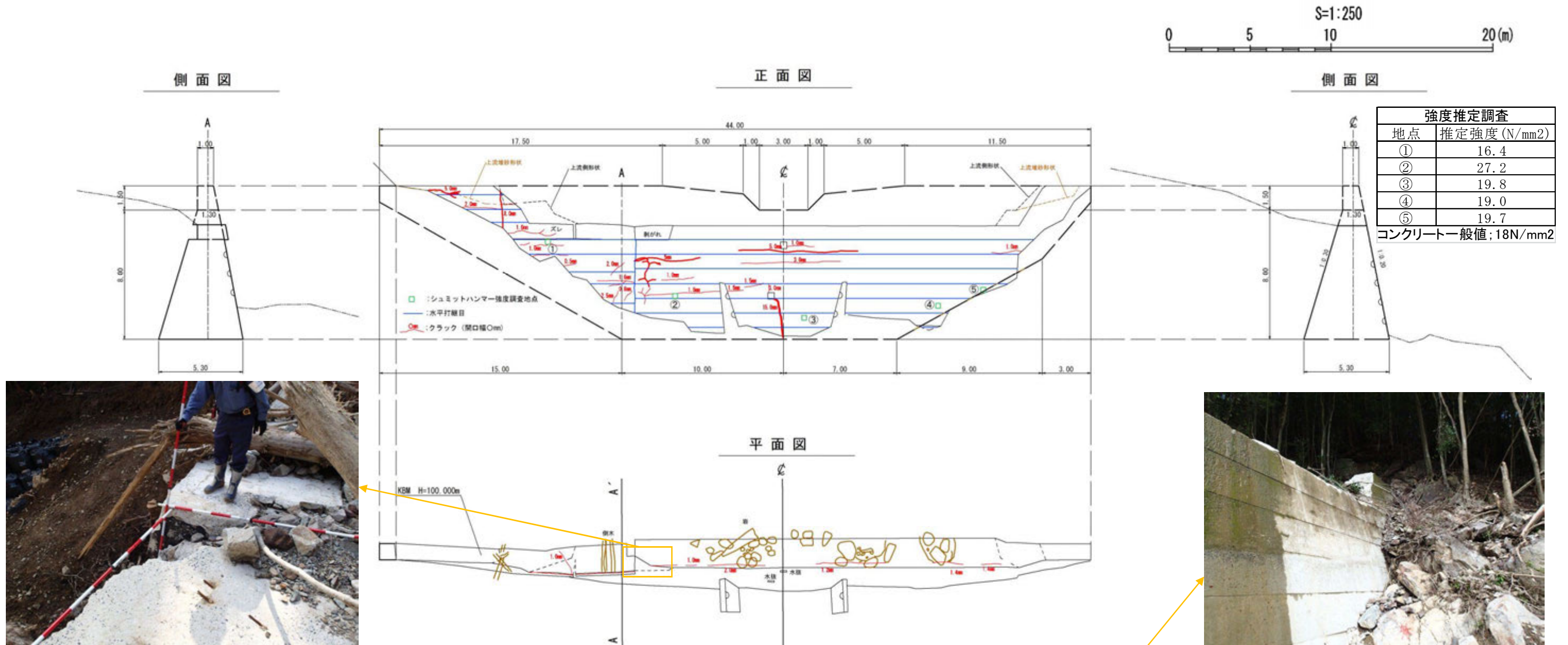
P_{\max} : 堤底発生応力 (最大)

上計算結果より、堤体に土石流が作用する場合、安定が確保されないことが確認された。

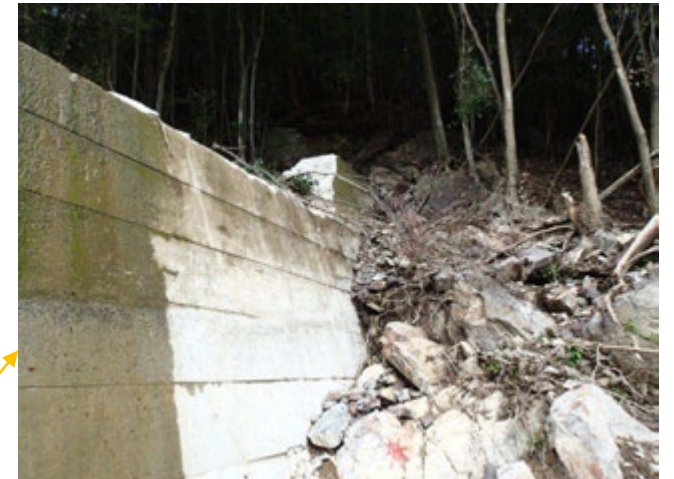
(2) 美濃越

① 施設状況

第1号谷止工の損傷状況を把握するため、「亀裂損傷分布調査」、「強度推定調査（シュミットハンマー計測）」を行った。図8.2.6に破損状況及び強度推定調査結果を示した。



写真③ 流失上部状況



写真⑤ 左岸部状況



写真② 水平打継目部 段差最大 40cm



写真① 昭和 47 年度第 1 号谷止工 全景 (各写真撮影日 2014 年 10 月 3 日)



写真④ クラック (最大) 15mm

図 8.2.6 美濃越地区第 1 号谷止工 破損状況図

第1号谷止工上部の流失したコンクリート片の状況を以下に示す。



写真① 流失コンクリート片 (1.2m×4.8m×1.4m) (写真撮影日 2014年10月8日)



写真③ 流失コンクリート片 (1.2m×4.0m×1.0m)
(写真撮影日 2014年10月8日)



写真② 流失コンクリート片 (1.0m×4.8m×1.2m) (写真撮影日 2014年10月8日)



写真④ 流失コンクリート片 (1.2m×4.0m×1.0m)
(写真撮影日 2014年10月8日)

②二次元氾濫シミュレーションより算出される土石流諸元

二次元氾濫シミュレーションより算出される、治山施設位置における土石流諸元は以下のとおり。

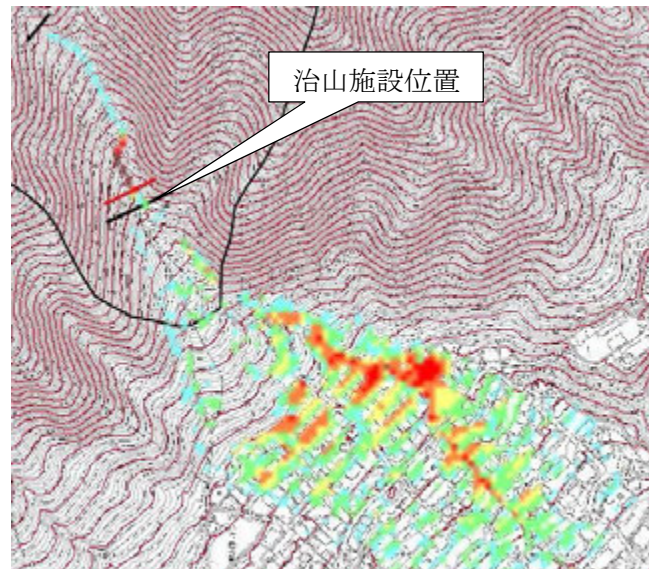


図 8.2.7 氾濫シミュレーション結果

表 8.2.5 土石流諸元

項目	諸元値
土石流水深	1.469m
土石流流速	16.103m/s
土石流濃度	0.3
土石流単位体積重量	15.89kN/m ³

③土石流時の谷止工安定度評価

土石流時の安定度評価として、以下の条件にて安定計算を行った。

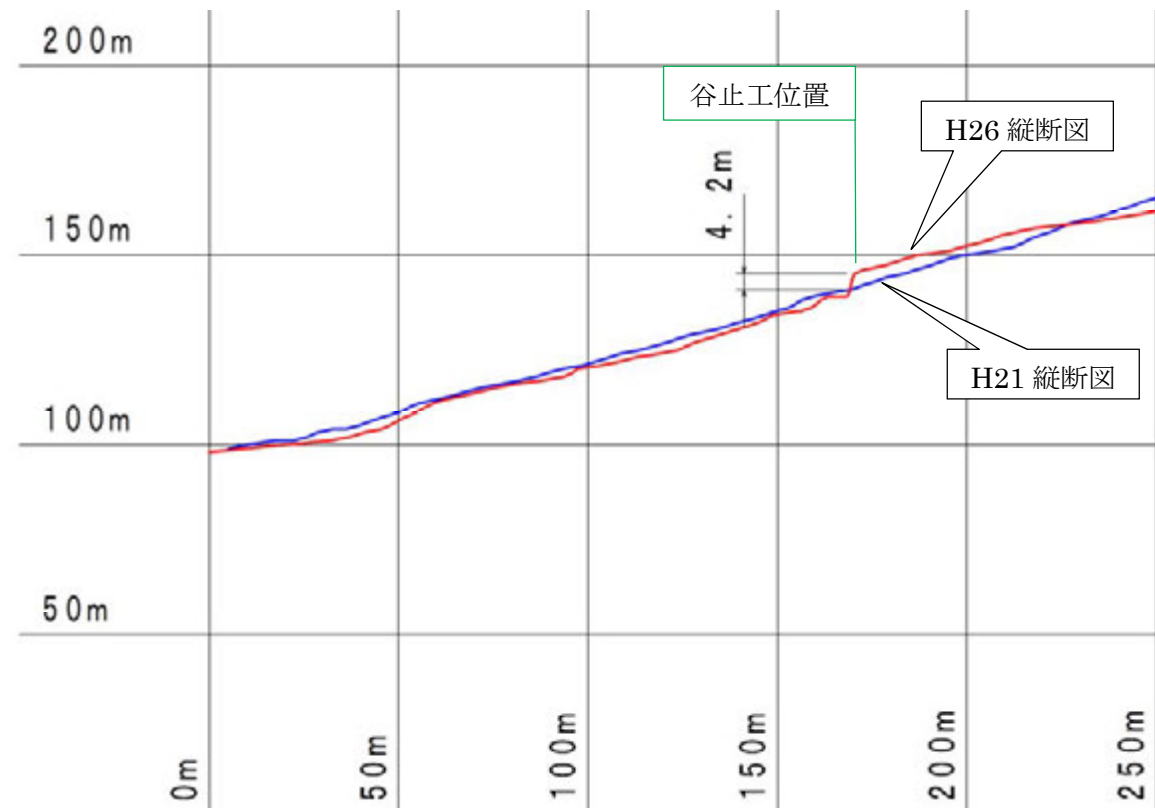


図 8.2.8 平成 21 年度、平成 26 年度溪流縦断面図 (LP より作成)

縦断面図に示すとおり、土石流発生時には堤体背面は 4.2m 未満砂状態であったことから、土石流流体力が堤体背面に作用するモデルとして安定計算を行う。安定計算結果は以下のとおり。

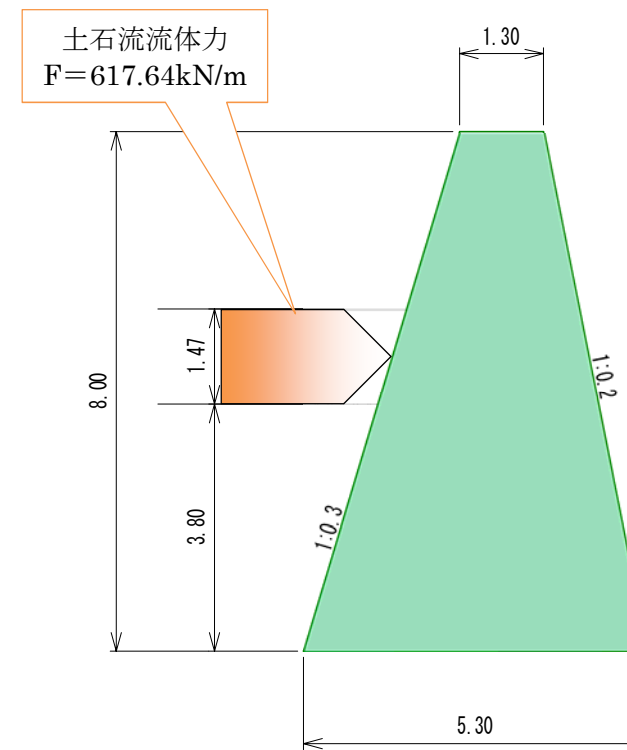


図 8.2.9 計算モデル図

上計算結果より、堤体に土石流が作用することから、安定が確保されないことが確認された。

表 8.2.6 安定計算結果

検討項目	安定計算結果	判定
転倒	$0 < d < B$ $0 > -4.254\text{m} < 5.30\text{m}$	NG
滑動	$F_s = 0.67 < 1.00$	NG
地盤支持	$P_{\text{max}} = 1126\text{kN/m}^2 > 1,050\text{kN/m}^2$	NG

d: つま先から合力作用位置までの距離

B: 堤体幅

F_s: 滑動安全率

P_{max}: 堤底発生応力 (最大)

8.3 土石流発生時における治山施設の効果

(1) 高松山 (ケ-2)

無施設時における土石流の堆積状況を確認するため、氾濫シミュレーションを行った。以下に現況（谷止工あり）及び無施設時の結果を示す。

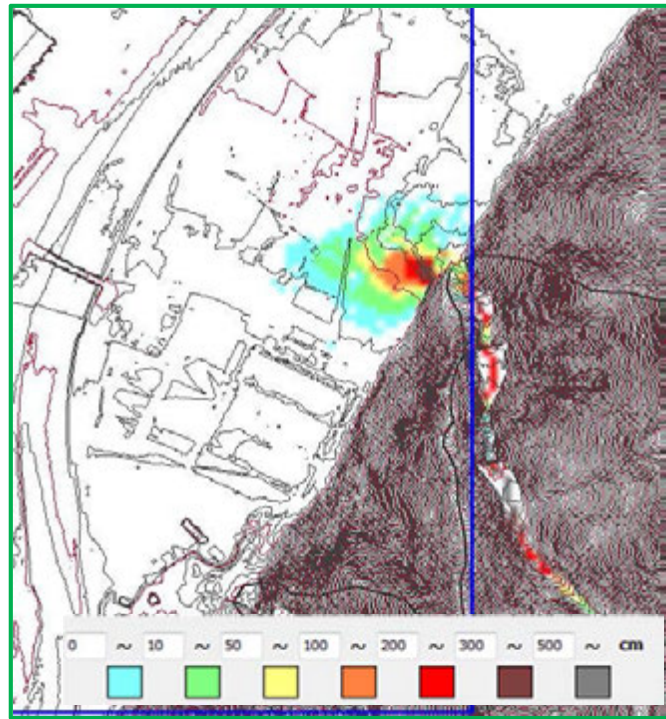


図 8.3.1 谷止工あり（堆積 80 秒後）

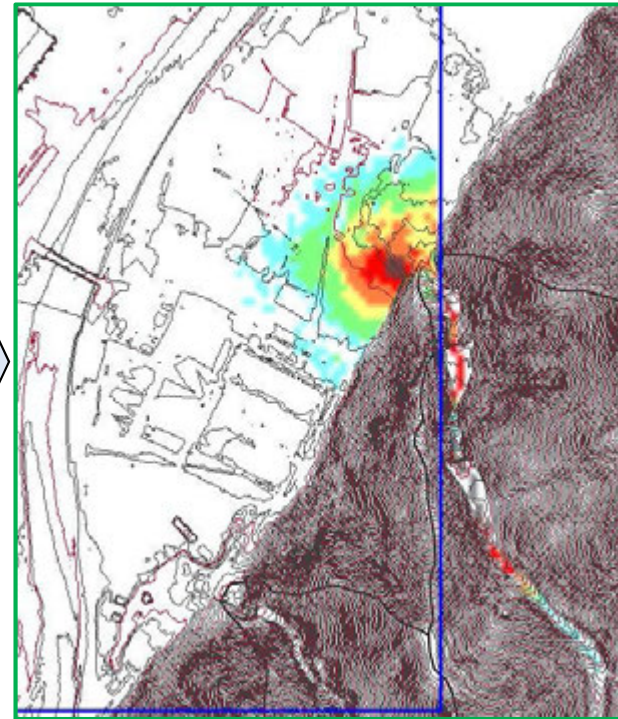


図 8.3.2 谷止工あり（堆積 100 秒後）

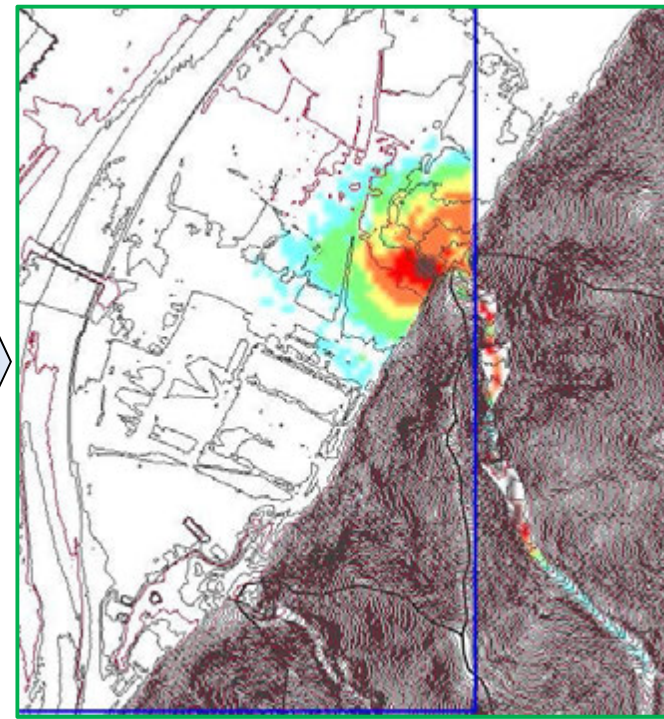


図 8.3.3 谷止工あり（堆積 200 秒後）

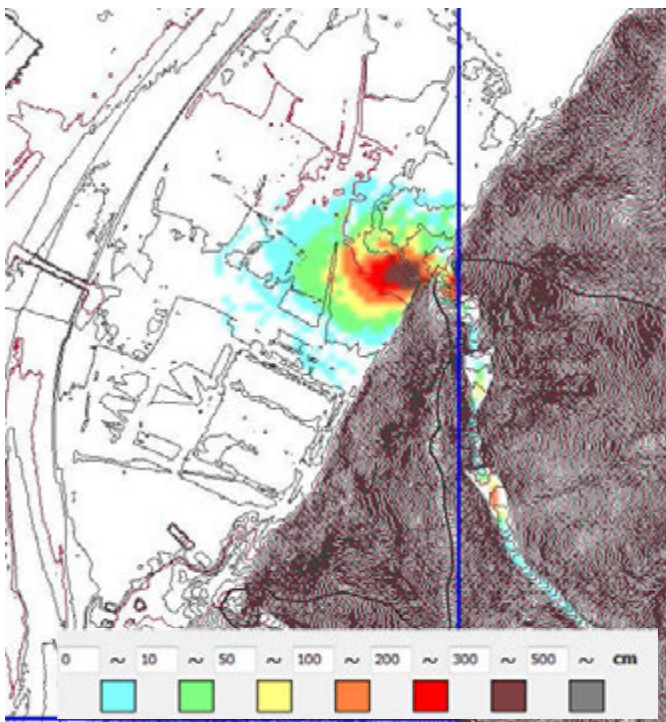


図 8.3.4 谷止工なし（堆積 80 秒後）

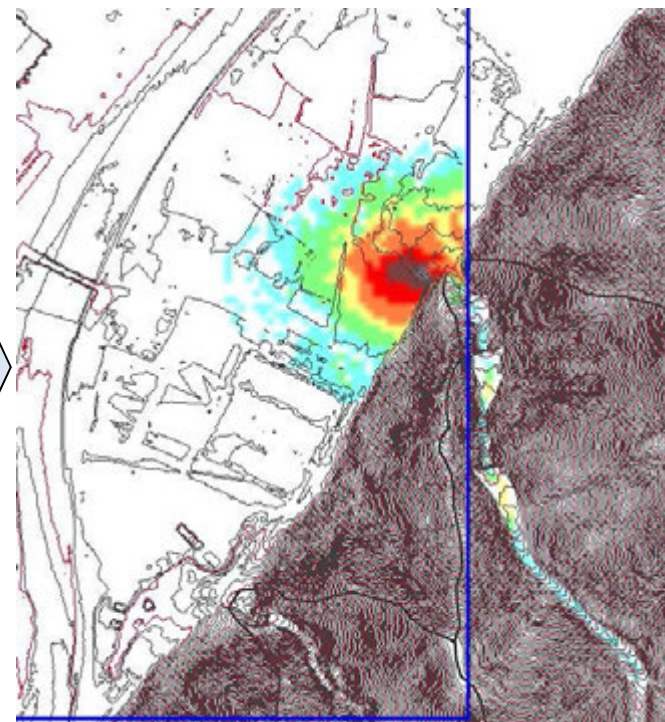


図 8.3.5 谷止工なし（堆積 100 秒後）

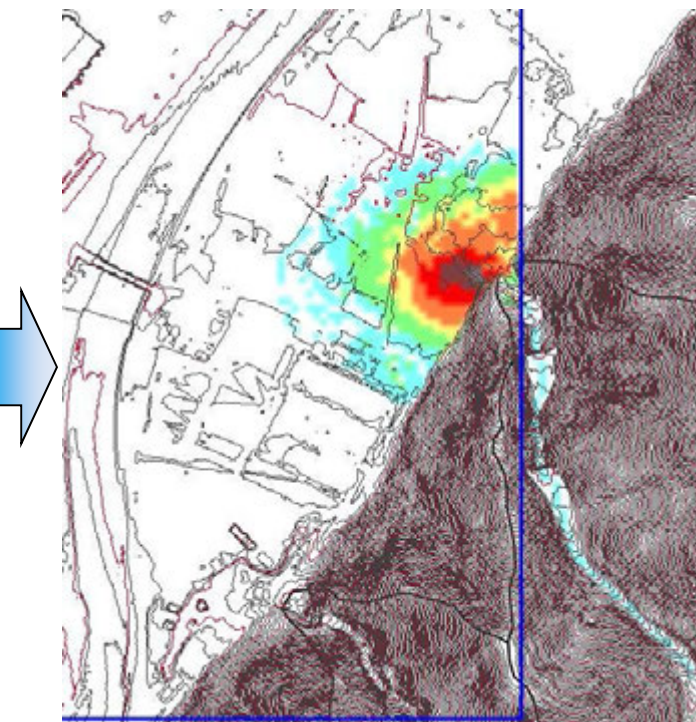
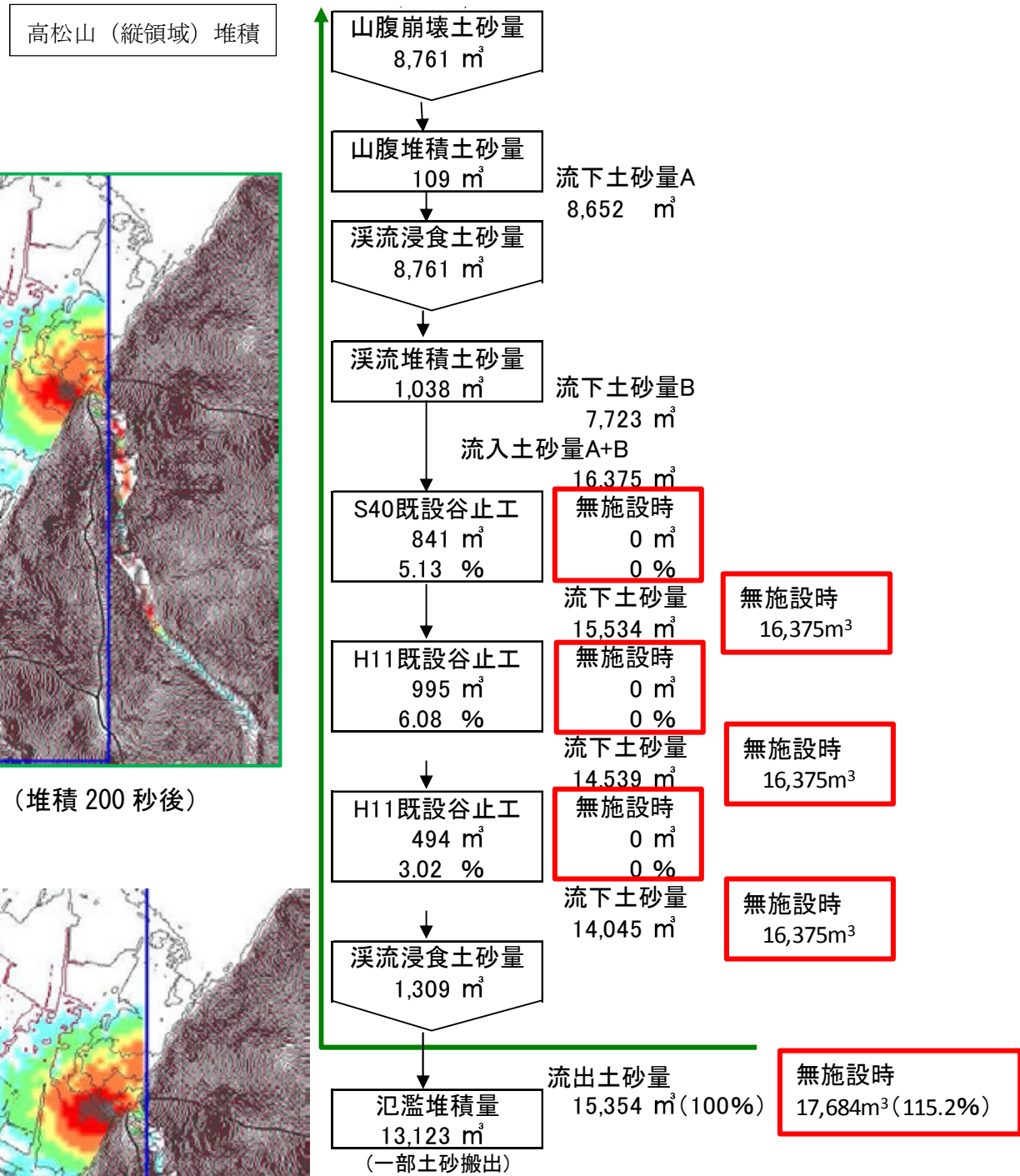


図 8.3.6 谷止工なし（堆積 200 秒後）



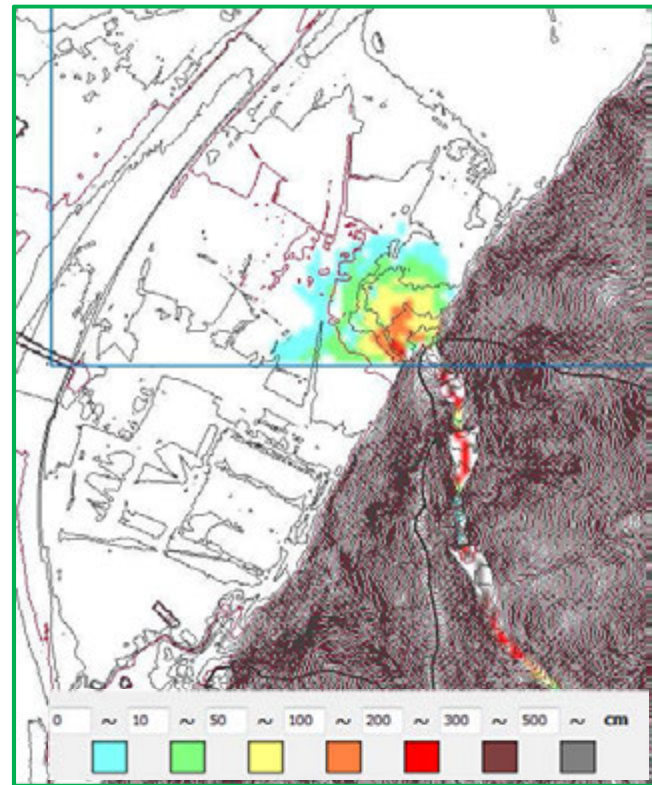


図 8.3.7 谷止工あり（堆積 80 秒後）

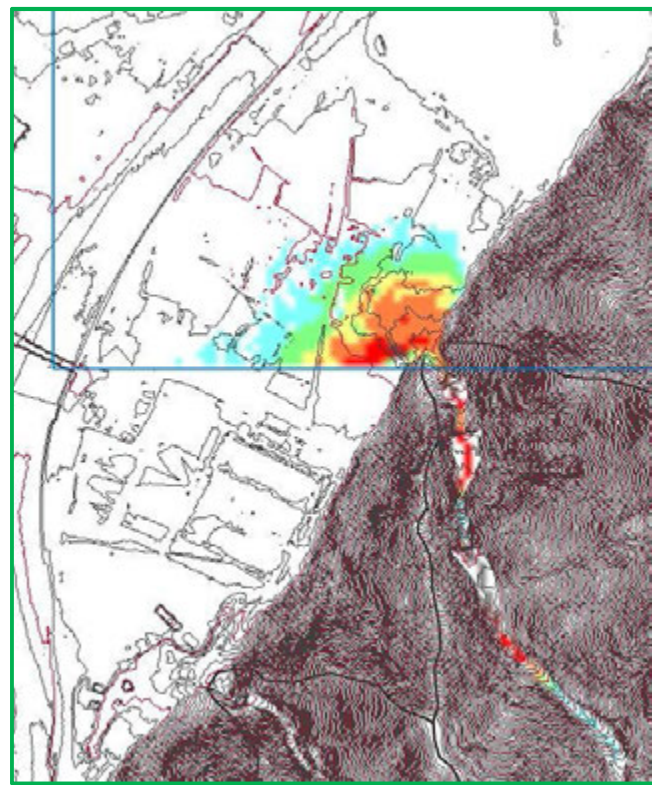


図 8.3.8 谷止工あり（堆積 100 秒後）

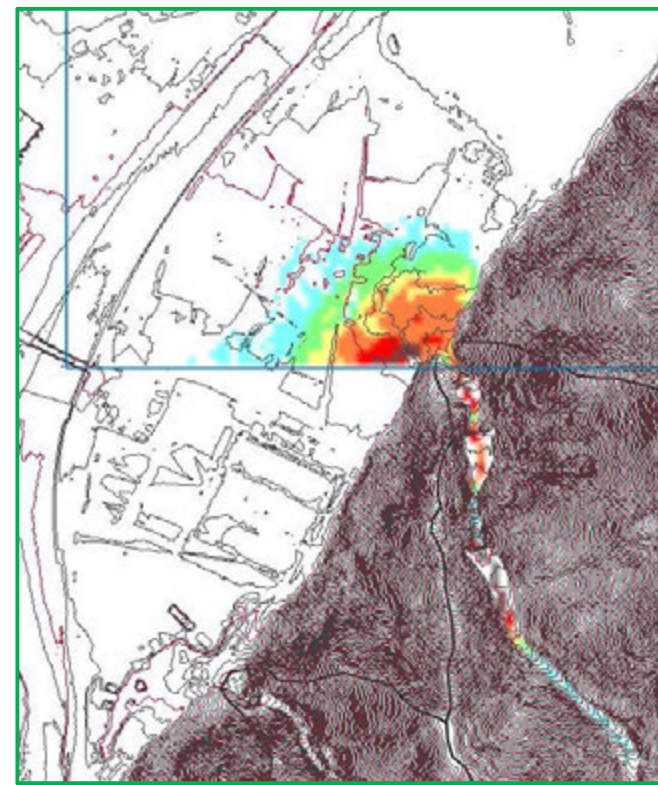


図 8.3.9 谷止工あり（堆積 200 秒後）

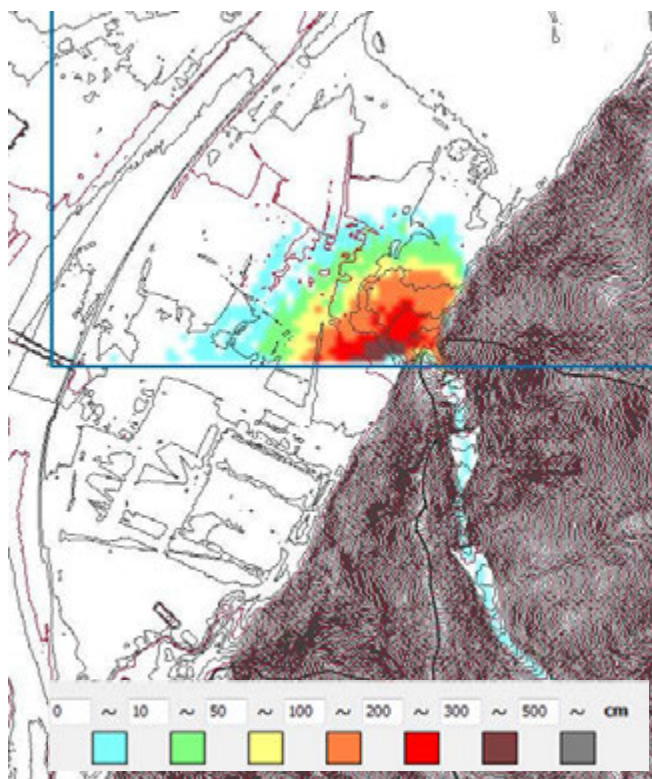


図 8.3.10 谷止工なし（堆積 80 秒後）

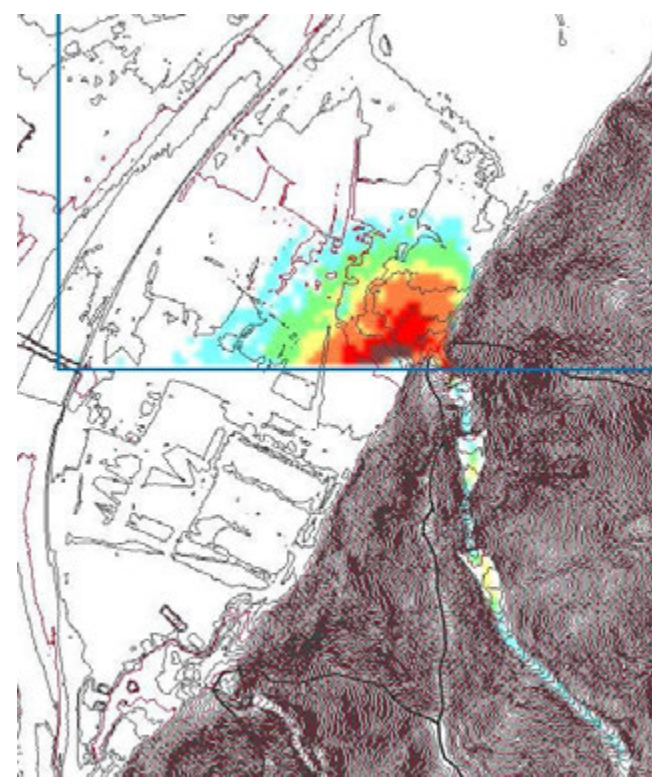


図 8.3.11 谷止工なし（堆積 100 秒後）

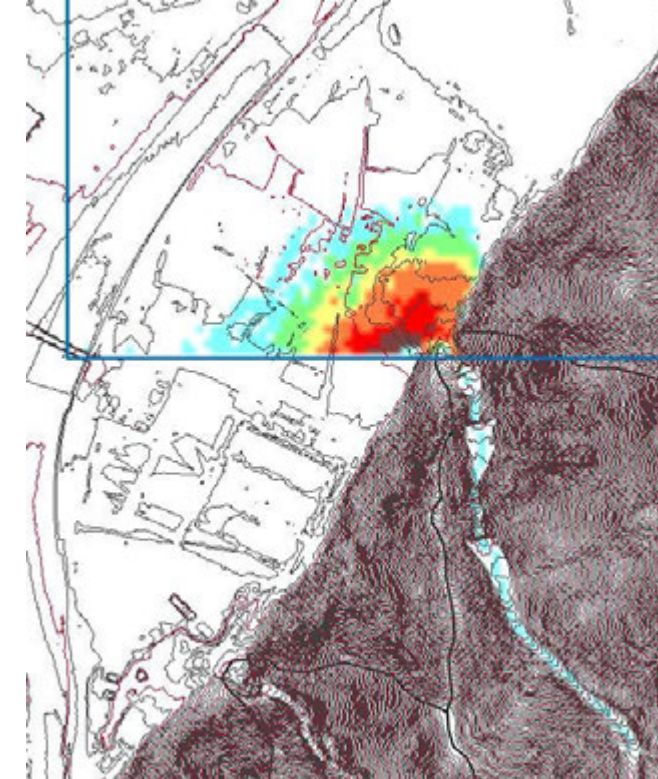


図 8.3.12 谷止工なし（堆積 200 秒後）

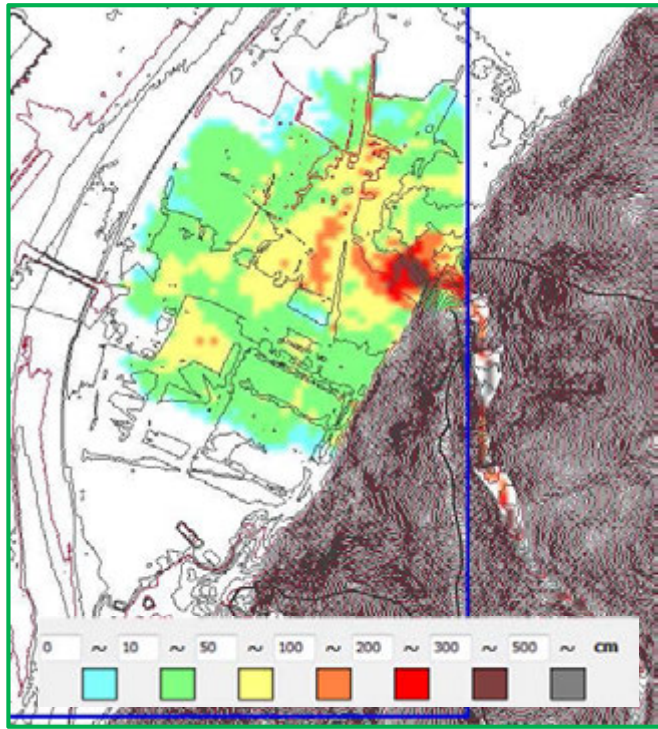


図 8.3.13 谷止工あり（水位 80 秒後）

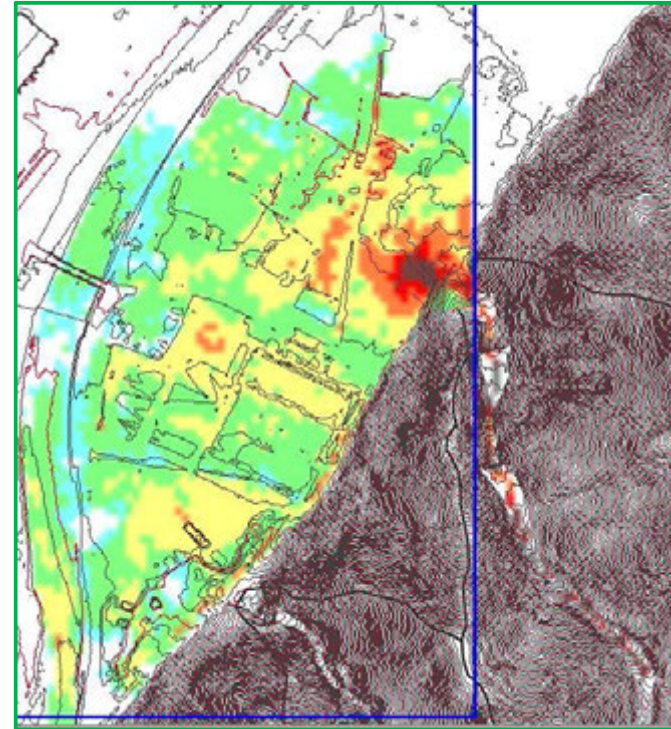


図 8.3.14 谷止工あり（水位 100 秒後）

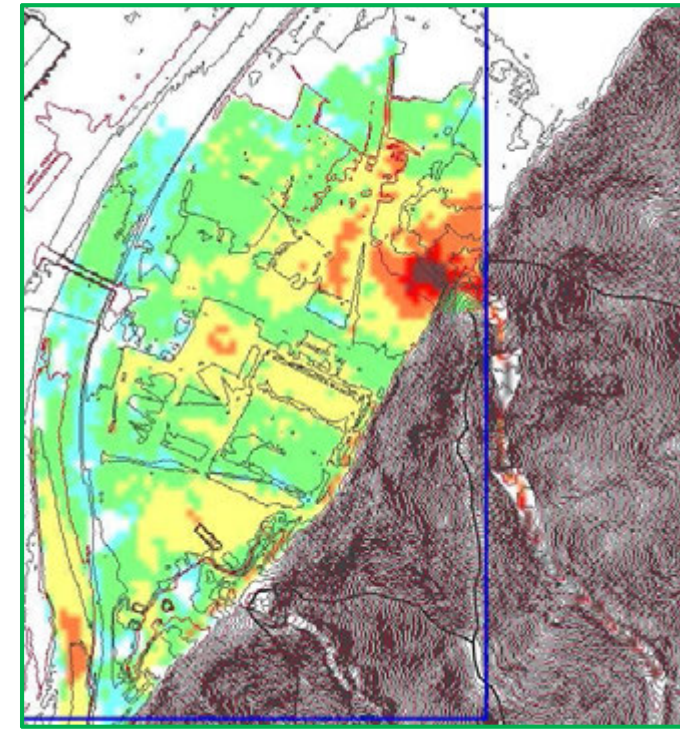


図 8.3.15 谷止工あり（水位 200 秒後）

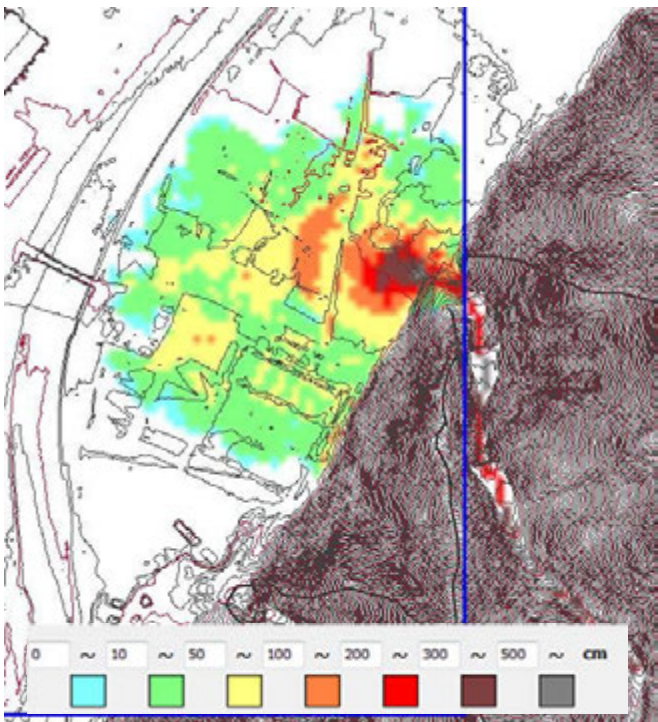


図 8.3.16 谷止工なし（水位 80 秒後）

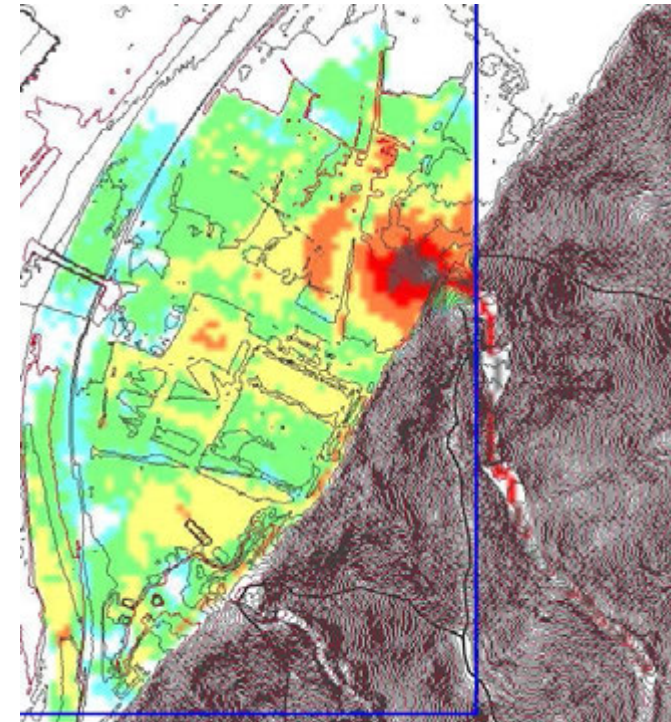


図 8.3.17 谷止工なし（水位 100 秒後）

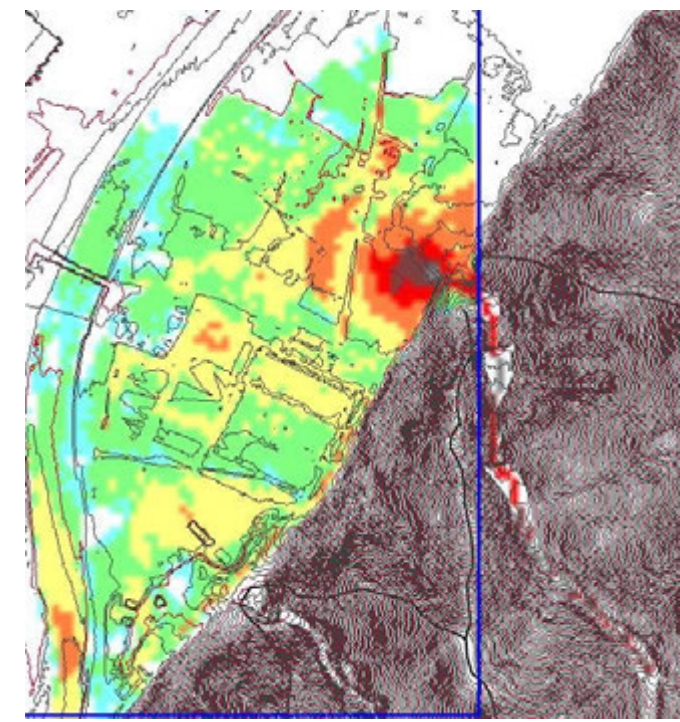


図 8.3.18 谷止工なし（水位 200 秒後）

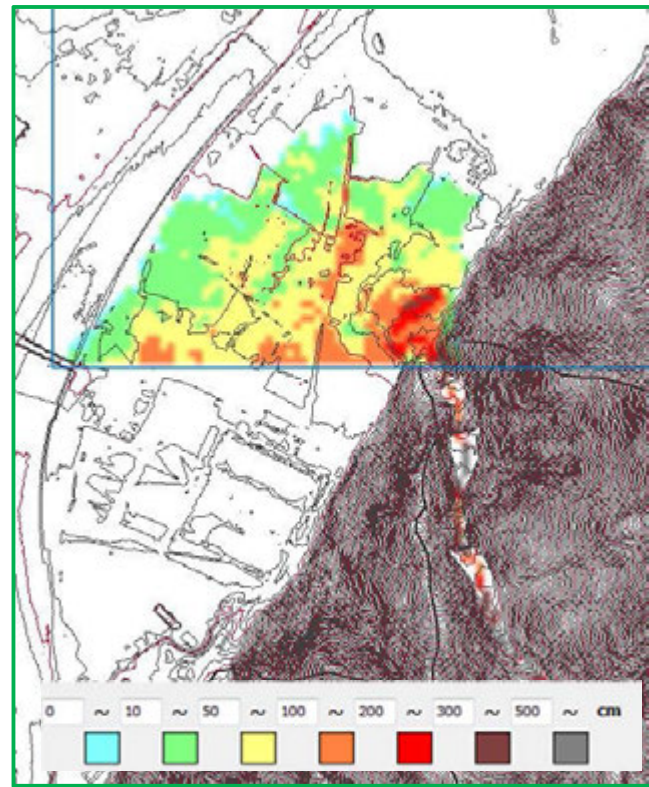


図 8.3.19 谷止工あり（水位 100 秒後）

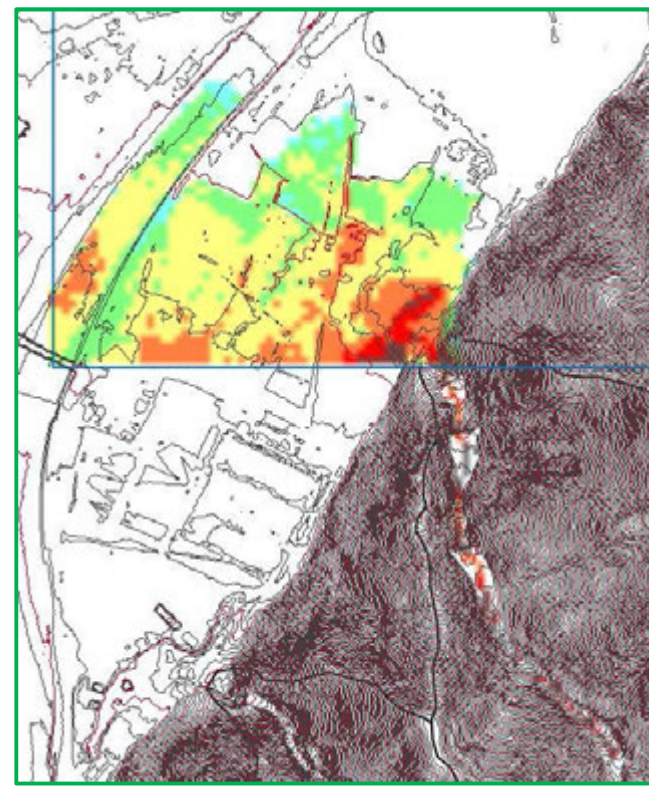


図 8.3.20 谷止工あり（水位 300 秒後）

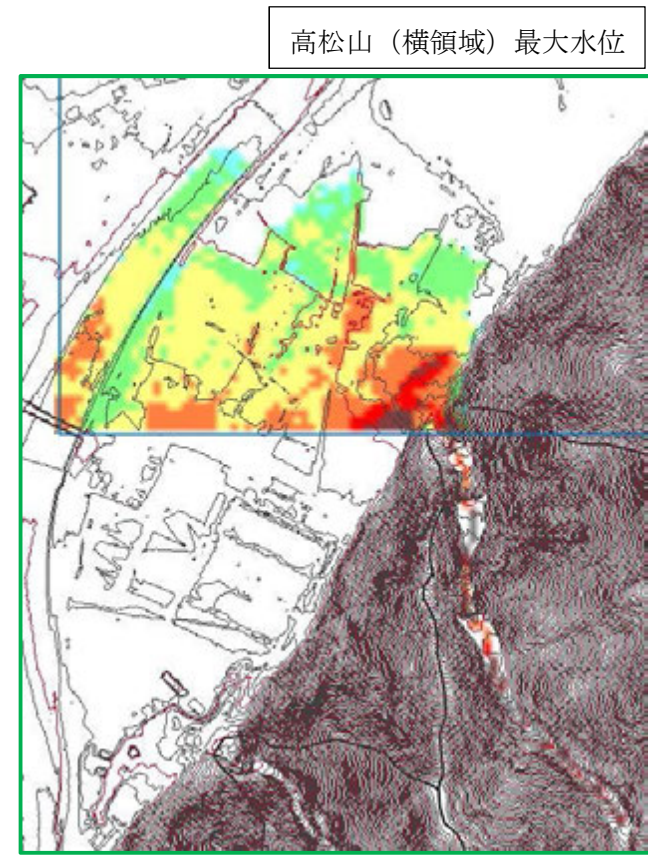


図 8.3.21 谷止工あり（水位 30 分後）

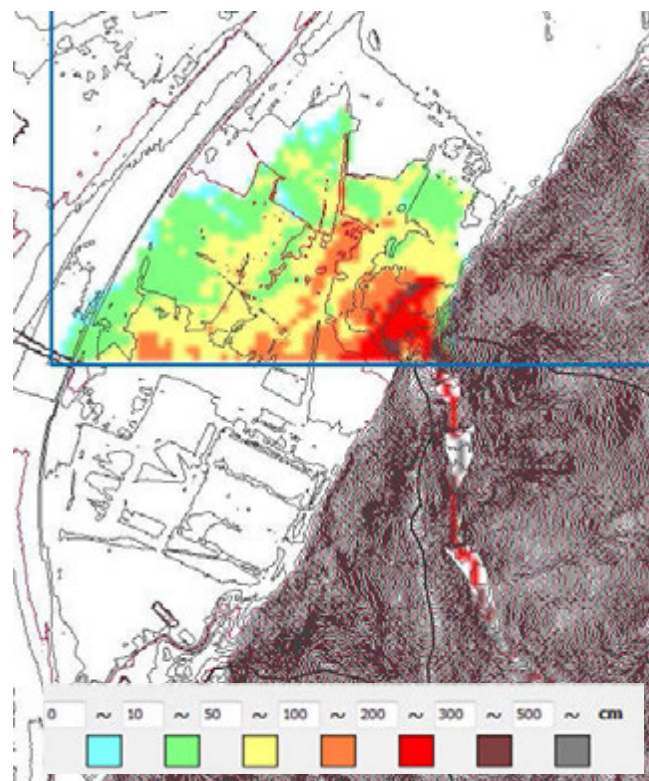


図 8.3.22 谷止工なし（水位 100 秒後）

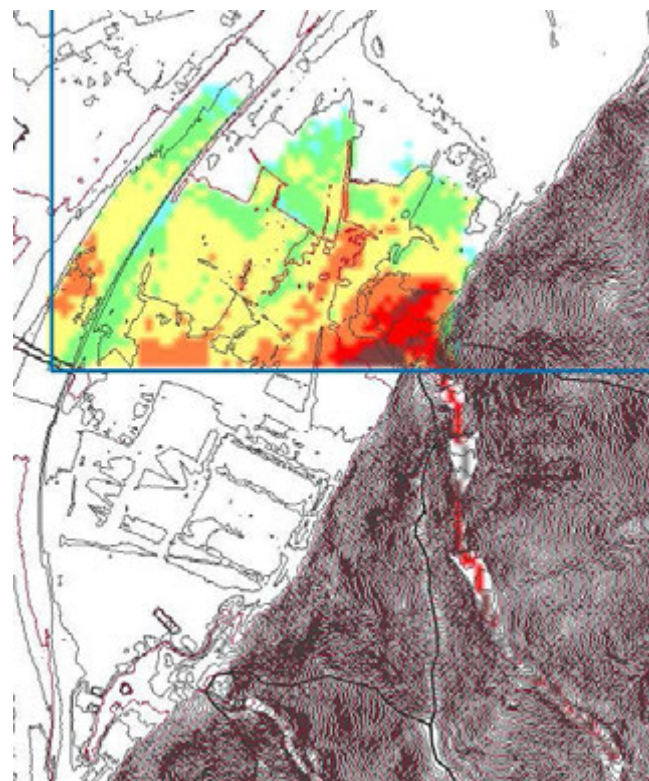


図 8.3.23 谷止工なし（水位 300 秒後）

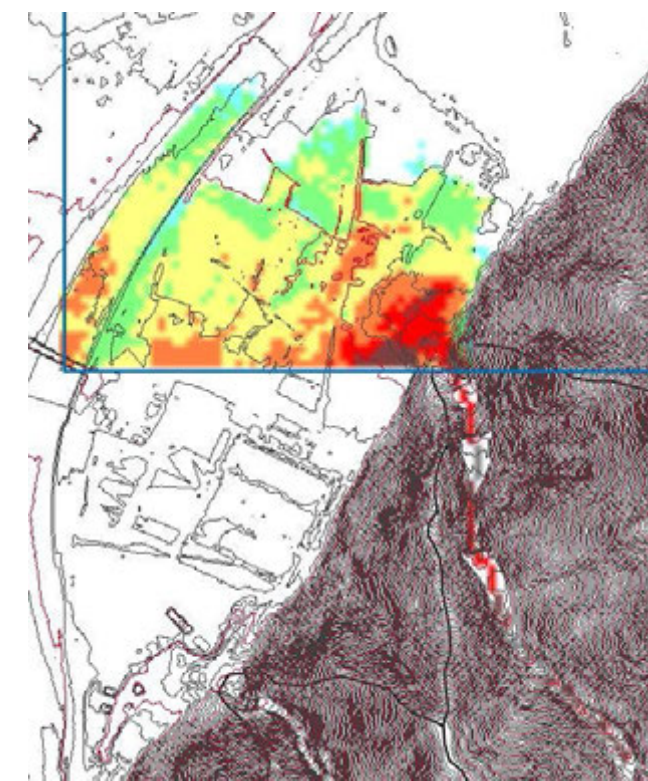


図 8.3.24 谷止工なし（水位 30 分後）

(2) 美濃越

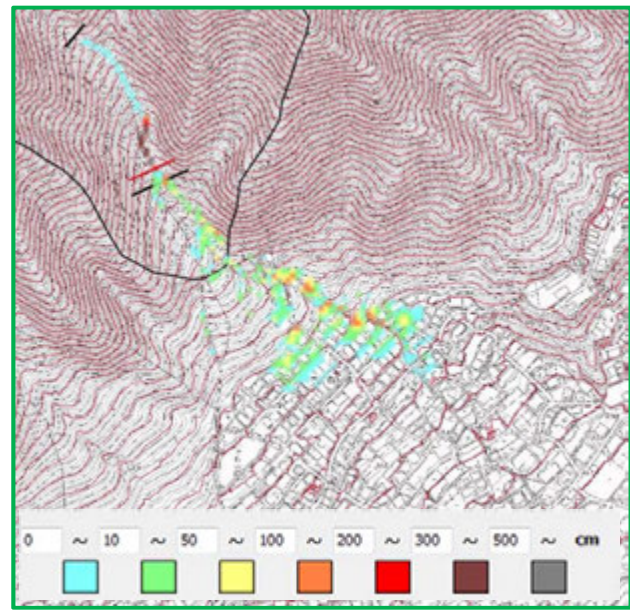


図 8.3.25 谷止工あり (堆積 80 秒後)

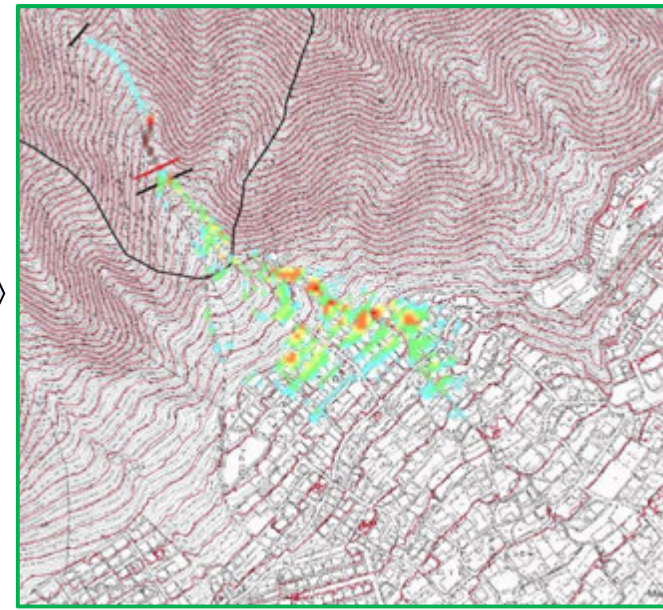


図 8.3.26 谷止工あり (堆積 100 秒後)

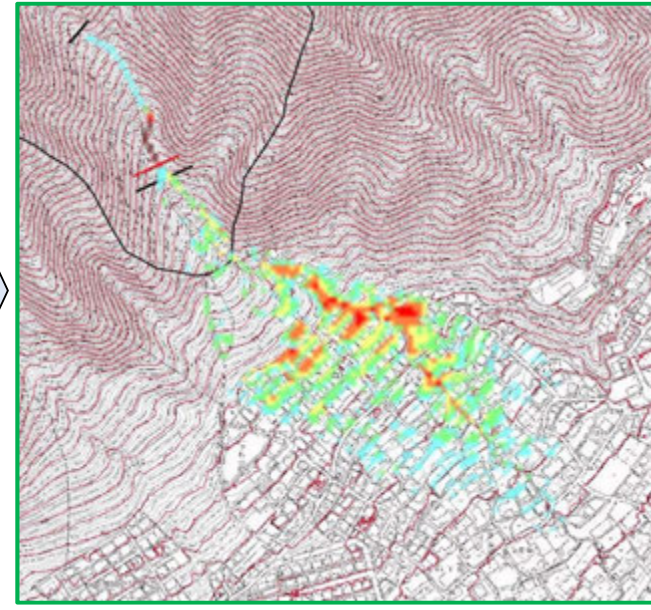


図 8.3.27 谷止工あり (堆積 200 秒後)

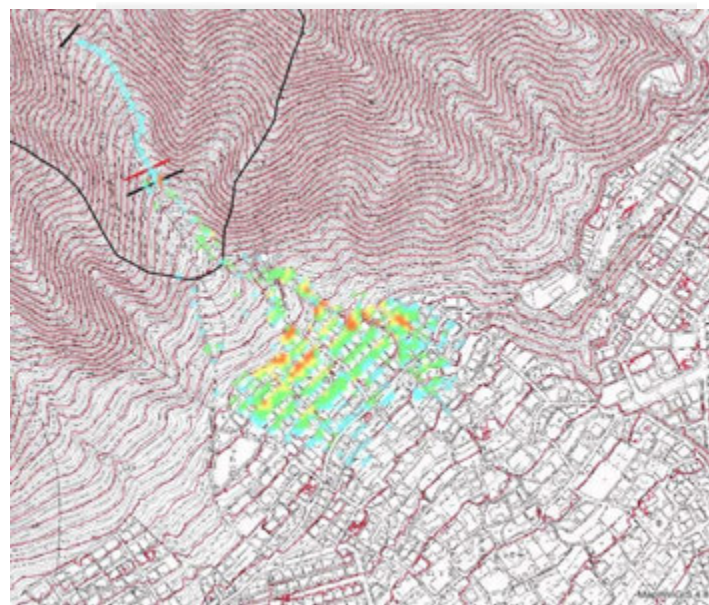
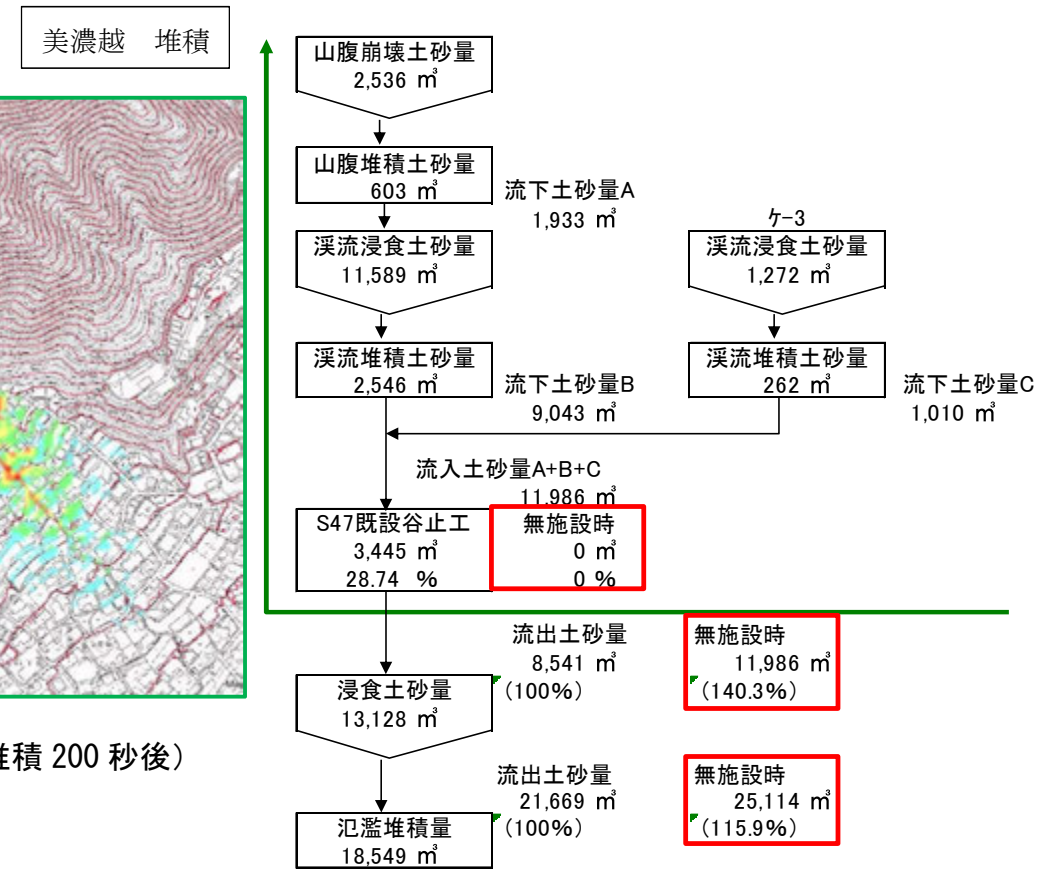


図 8.3.28 谷止工なし (堆積 80 秒後)

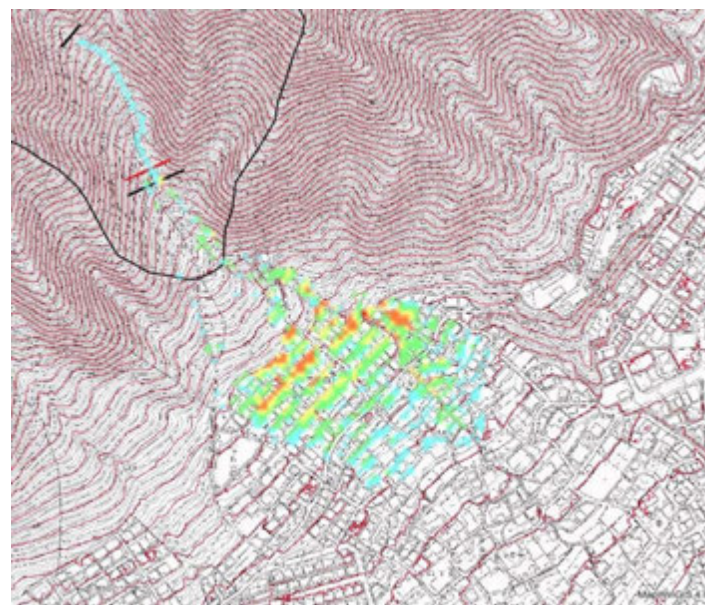


図 8.3.29 谷止工なし (堆積 100 秒後)

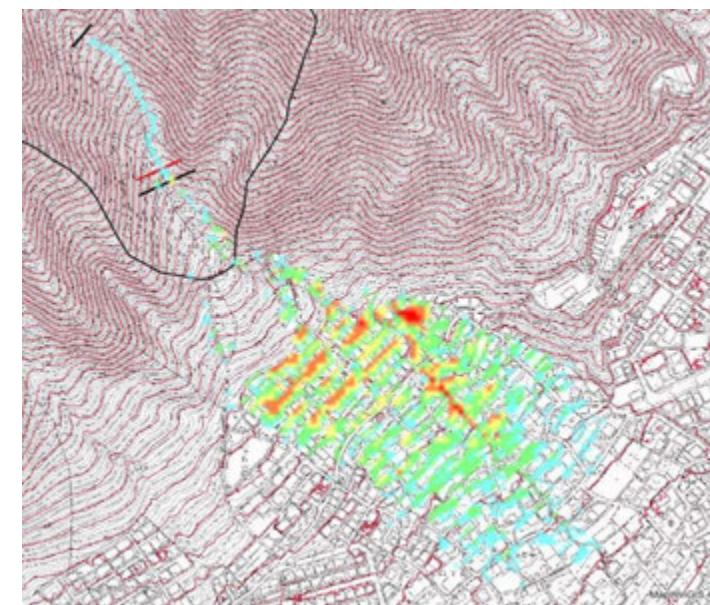


図 8.3.30 谷止工なし (堆積 200 秒後)

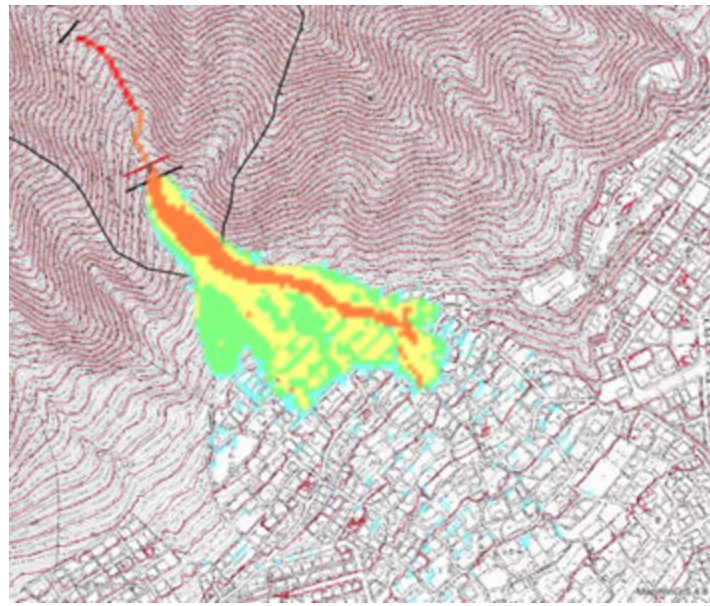


図 8.3.31 谷止工あり（水位 80 秒後）

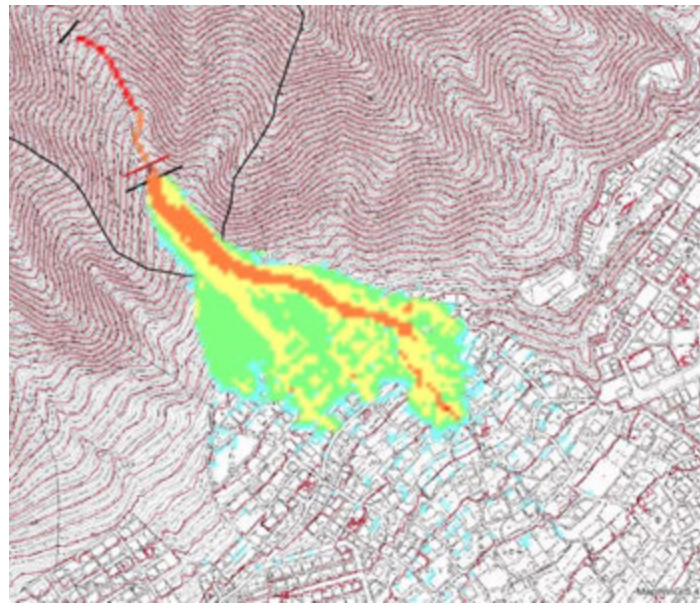


図 8.3.32 谷止工あり（水位 100 秒後）

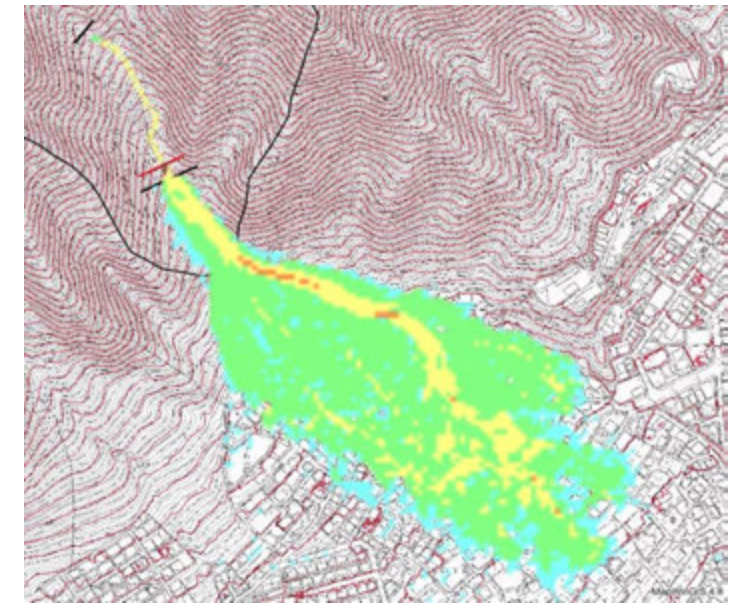


図 8.3.33 谷止工あり（水位 200 秒後）

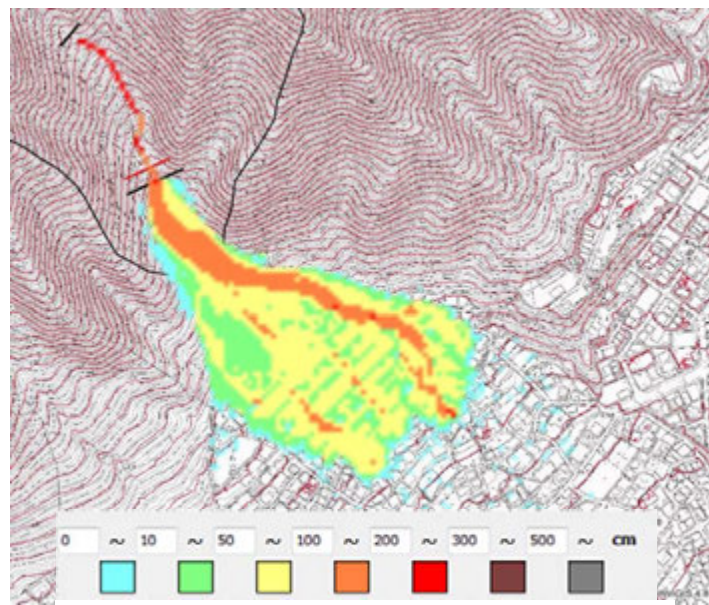


図 8.3.34 谷止工なし（水位 80 秒後）

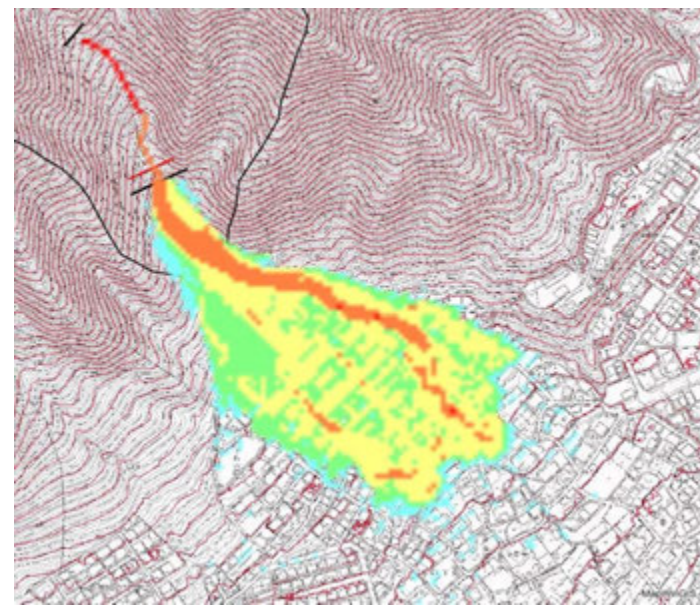


図 8.3.35 谷止工なし（水位 100 秒後）

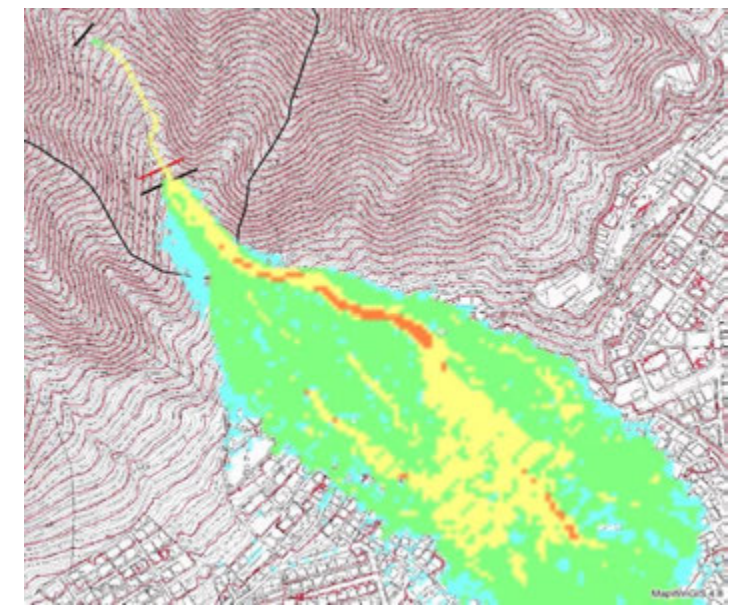


図 8.3.36 谷止工なし（水位 200 秒後）

