

**紀伊山地における大規模河道閉塞対策
(天然ダム) 対策の考え方 (案)
【参考資料編】**

平成 29 年 9 月

近畿地方整備局
大規模土砂災害対策技術センター
紀伊山系砂防事務所

紀伊山地における河道閉塞対策の概要

1. 紀伊山地における平成 23 年台風 12 号による災害概要

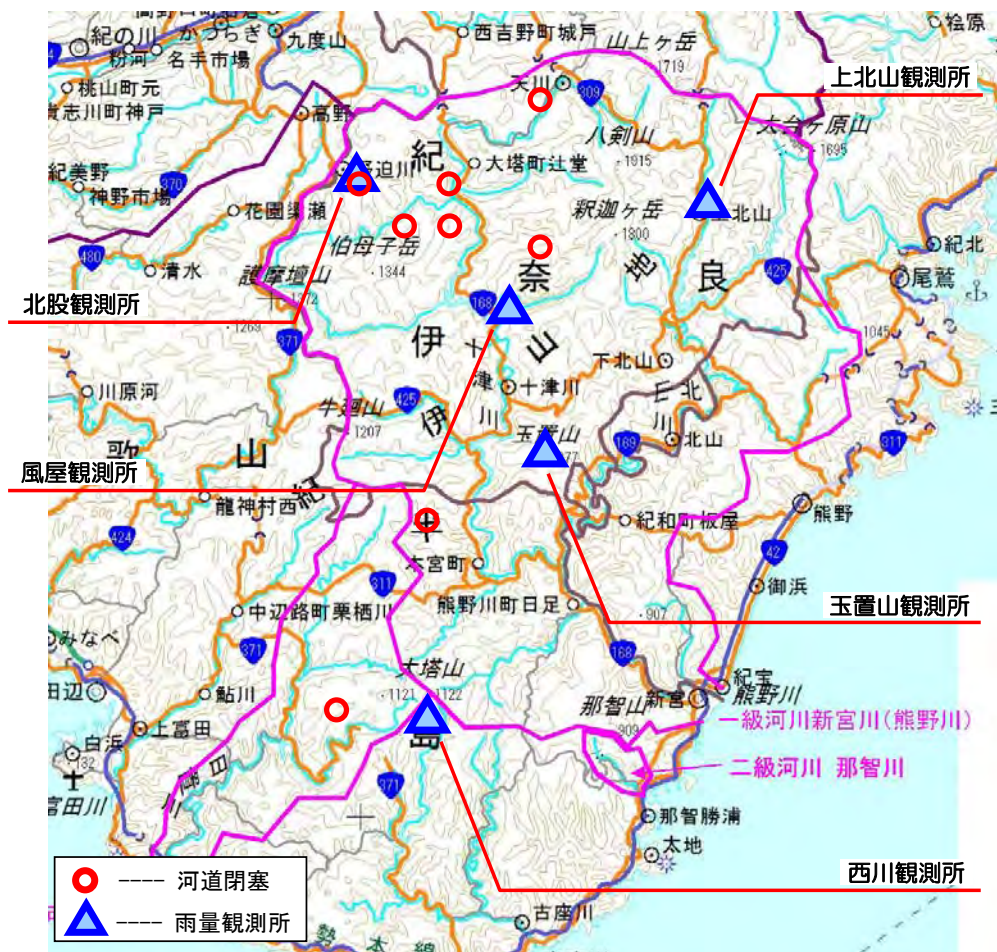
1.1 平成 23 年台風 12 号時の気象概要

8 月 25 日 9 時にマリアナ諸島の西の海上で発生した台風第 12 号は、発達しながらゆっくりとした速さで北上し、28 日には強風半径が 500km を超えて大型の台風となり、30 日には中心気圧が 965hpa、最大風速が 35m/s の大型で強い台風となった。

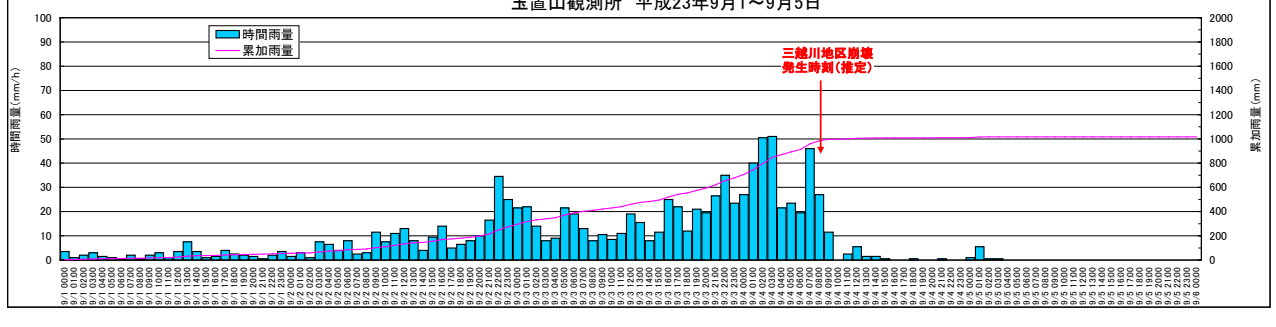
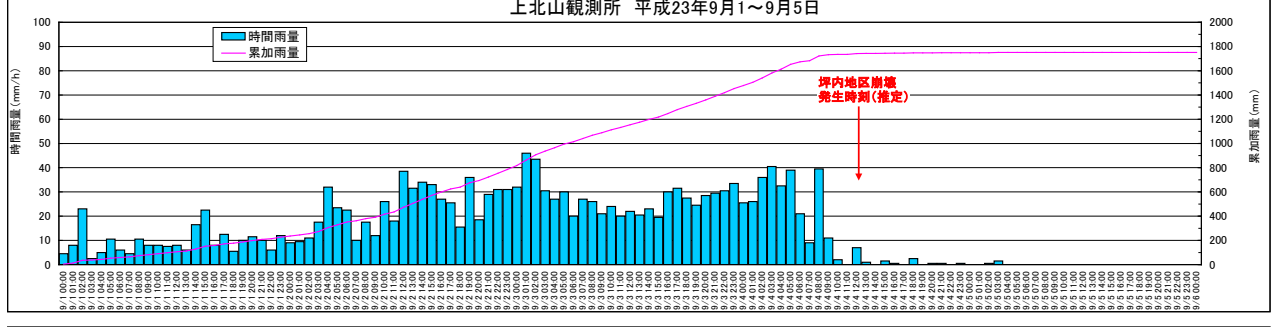
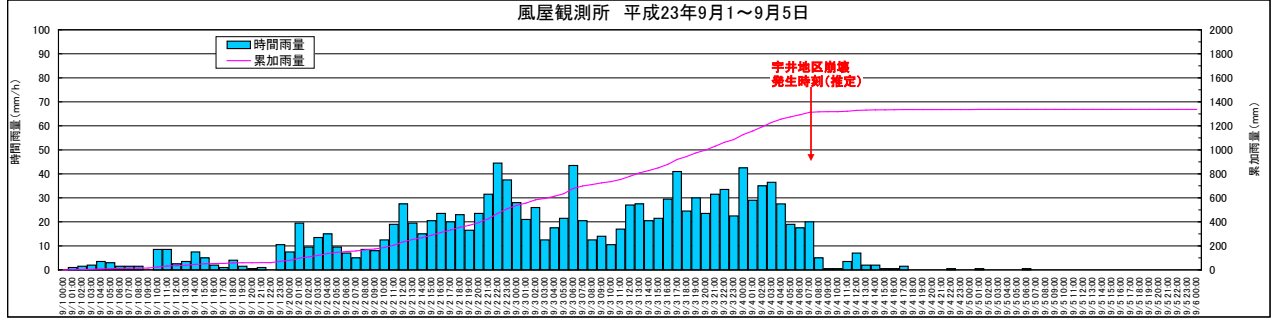
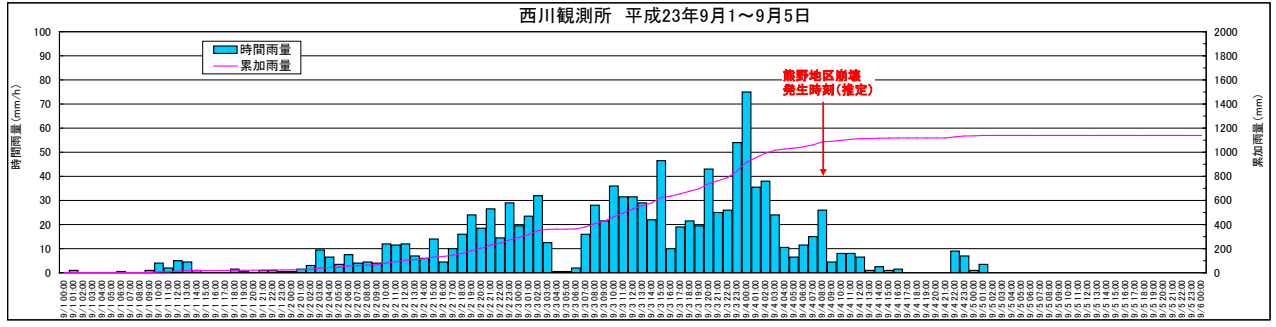
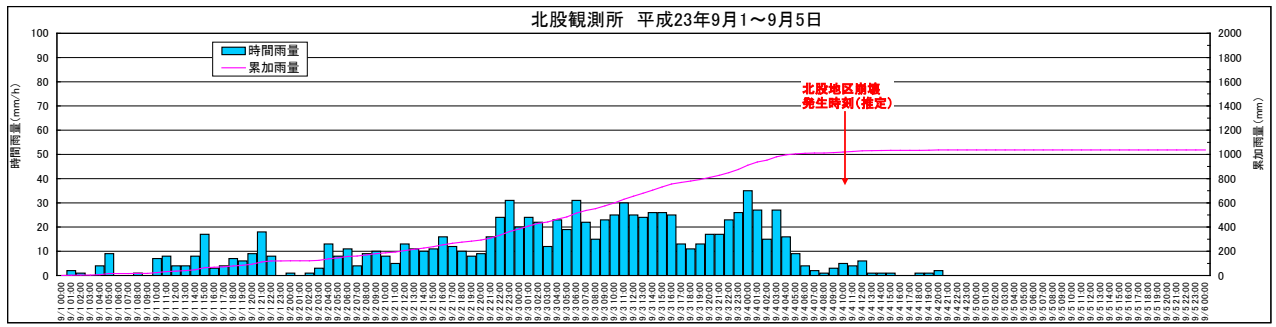
台風は、その後もゆっくりとした速度で北上を続け、30 日に小笠原諸島付近で進路を一旦西に変えた後、9 月 2 日には暴風域を伴ったまま北上して四国地方に接近し、3 日 10 時前に高知県東部に上陸した。その後、台風はゆっくりと北上して四国地方、中国地方を縦断し、4 日未明に日本海に進んだ。

台風が大型で、さらに台風の動きが遅かったため、長時間台風周辺の非常に湿った空気が流れ込み、西日本から北日本にかけて、山沿いを中心に広い範囲で記録的な大雨となった。

特に紀伊半島では、8 月 30 日 17 時からの総降水量は広い範囲で 1000mm を超え、奈良県上北山村にあるアメダスでは 72 時間雨量が 1652.5mm とこれまでの国内の観測記録である 1322mm（宮崎県神門（みかど））を大幅に上回り、総降水量は 1808.5mm に達し、一部の地域では解析雨量で 2000mm を超えるなど、記録的な大雨となった。

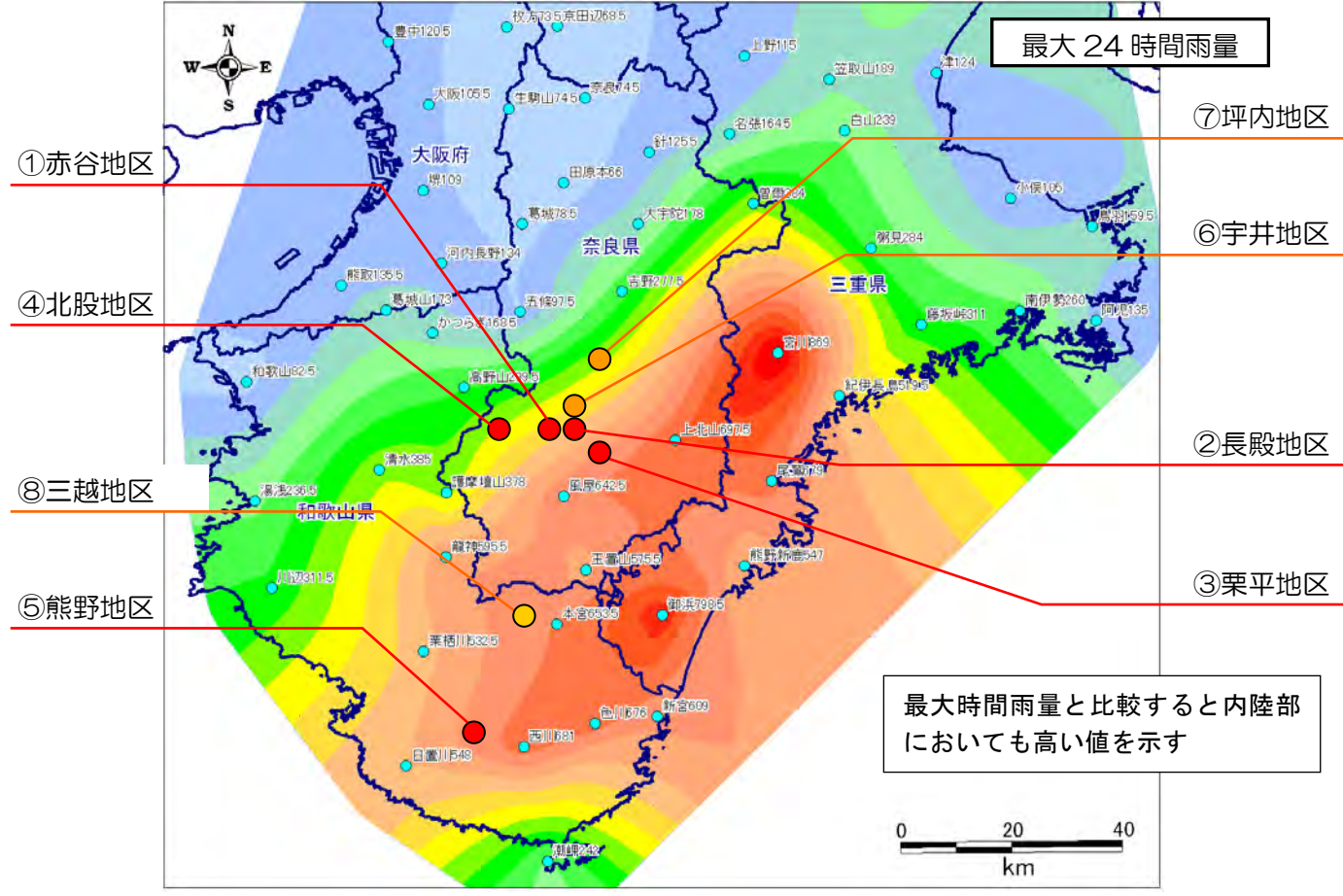
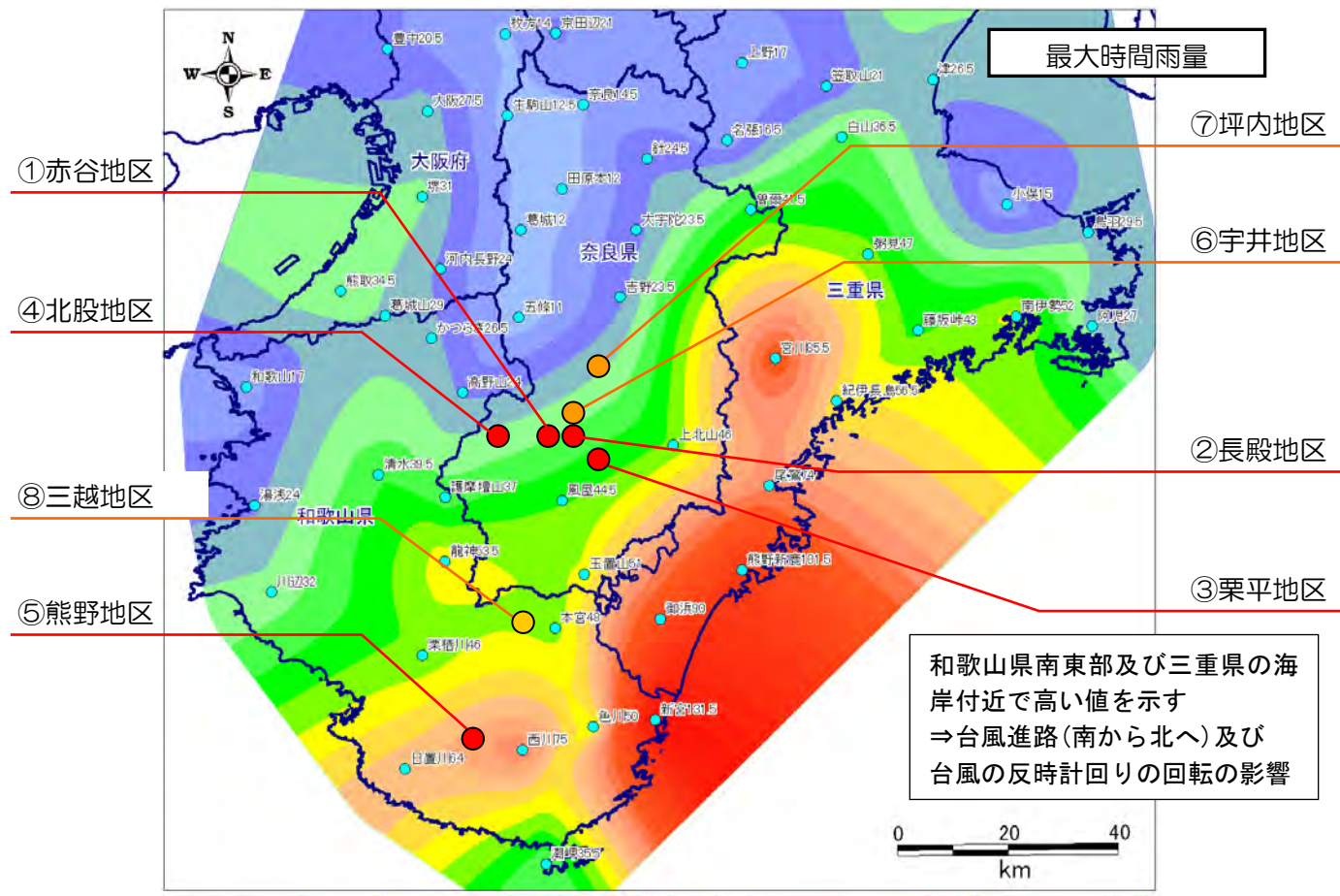


雨量観測所位置図

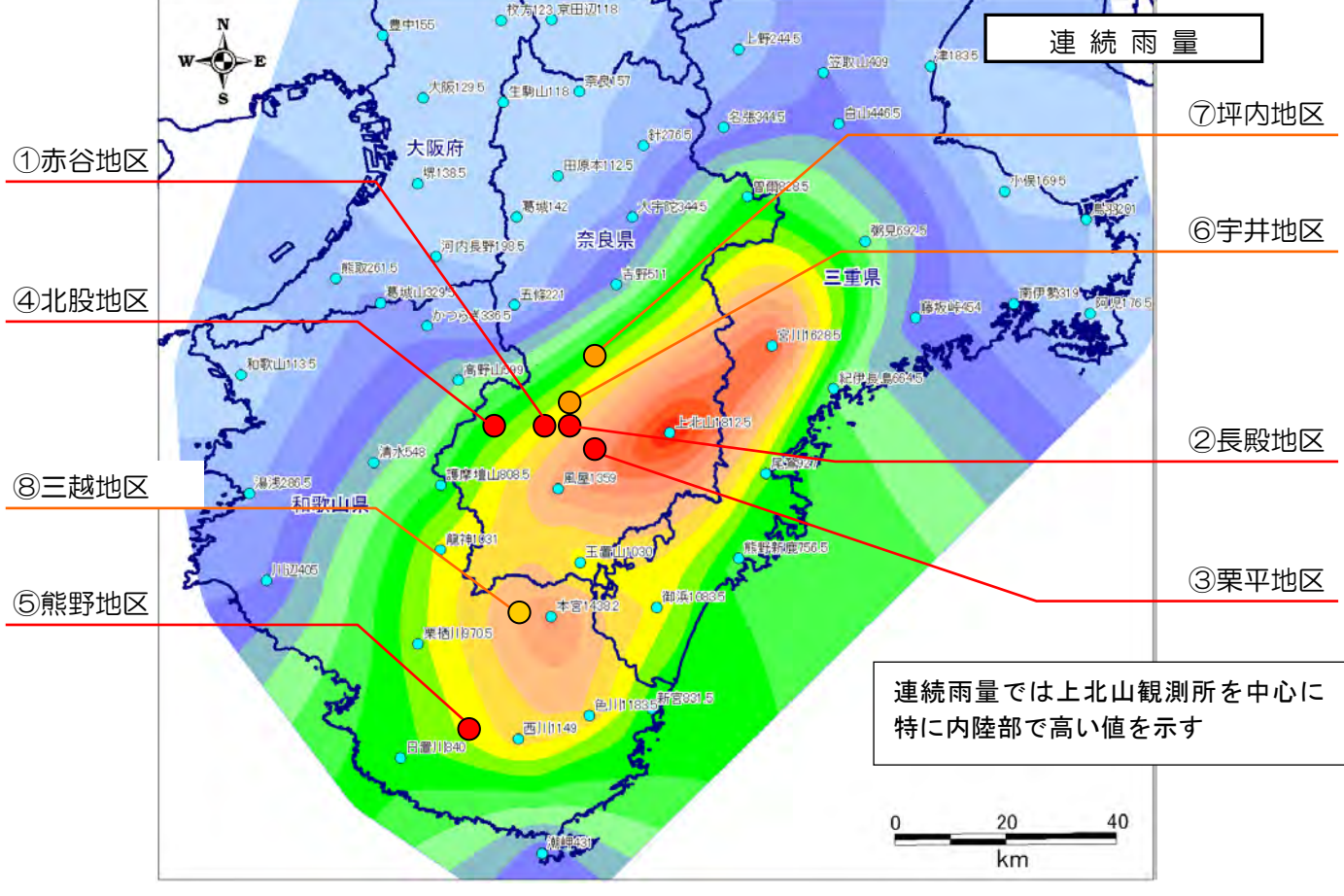
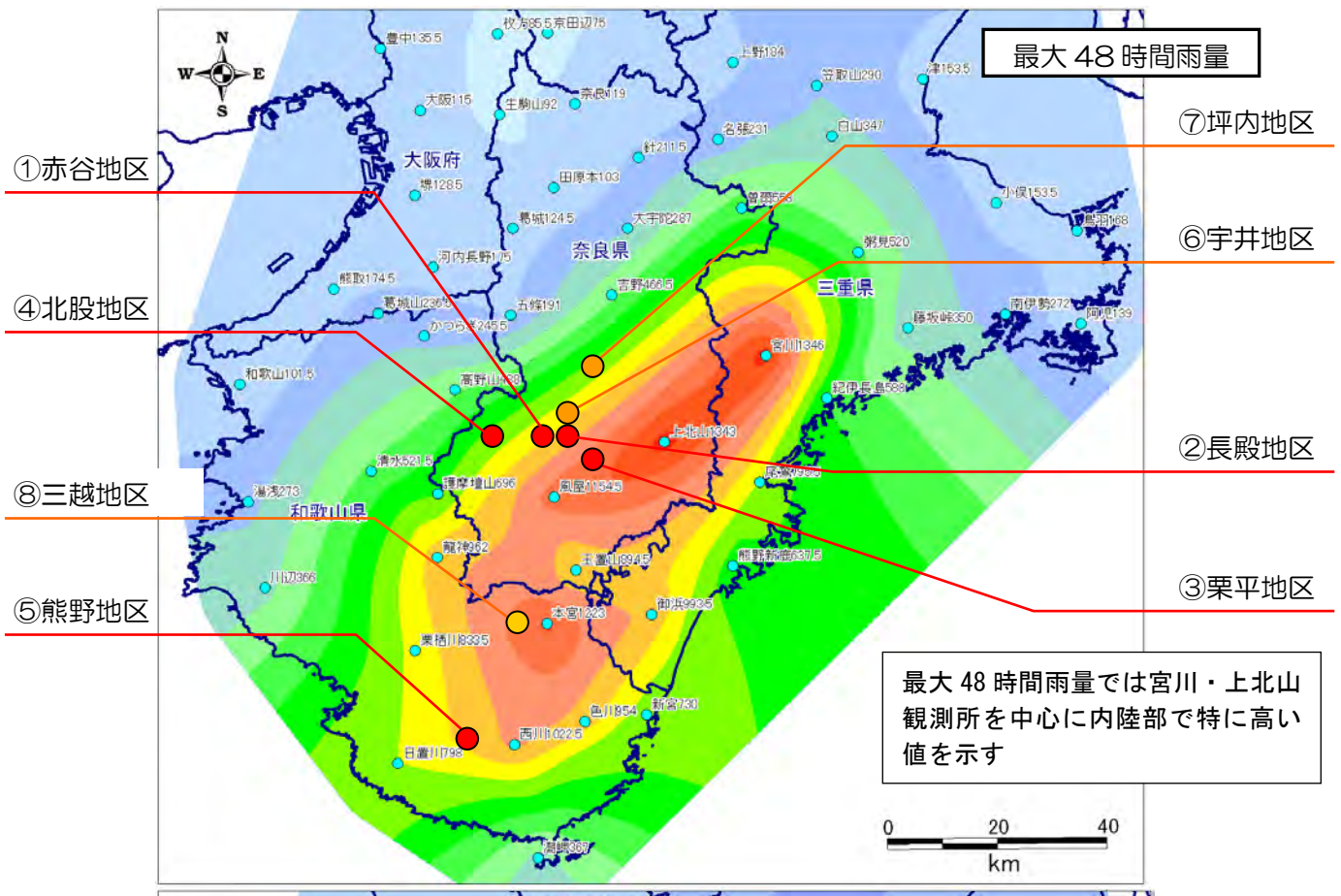


代表的な雨量観測所の降雨状況と災害発生時刻

(出典：第3回大規模土砂災害監視・警戒・避難システム検討会 奈良県深層崩壊対策室資料「紀伊半島大水害時の大規模災害に対する実態調査結果」)



気象庁雨量観測所の雨量分布図 (平成 23 年 8 月 30 日 17 時～9 月 4 日 24 時)



1.2 平成23年台風12号による被害概要

平成23年台風12号では、全国で死者78名、行方不明者16名、全壊373戸、半壊2,924戸等の被害が発生した（平成23年12月15日18時現在、消防庁）。このうち、三重県、奈良県、和歌山県の被害状況（人的被害及び住宅被害）は下表の通りである。

平成23年台風12号による被害概要

県名		三重県	奈良県	和歌山県	計
人的被害	死者	2	14	52	68
	行方不明者	1	10	5	16
	負傷者	15	6	9	30
	計	18	30	66	114
住宅被害	全壊	55	49	371	475
	半壊	299	69	1,842	2,210
	一部破損	53	14	171	238
	床上浸水	1,683	13	2,680	4,376
	床下浸水	830	38	3,147	4,015
	計	2,920	183	8,211	11,314
調査年月		平成23年10月14日	平成24年2月24日	平成23年11月30日	

土砂災害については、奈良県、和歌山県で深層崩壊等による17箇所の天然ダムが形成され、そのうち5箇所については、越流・決壊による土石流災害の恐れが急迫していると判断され、天然ダムに係わるものとして初めて、改正土砂災害防止法に基づく緊急調査が実施された。

また、航空写真及び衛星写真を用いた崩壊地判読の結果から崩壊箇所数は約3,000箇所（うち崩壊土砂量が10万 m^3 以上の崩壊は76箇所）、崩壊土砂量は約1億 m^3 と推定され、豪雨にともなう土砂災害では戦後最大規模であった。

土砂災害による人的被害は三重県、奈良県、和歌山県の3県で死者43名、行方不明者13名であり、住宅被害は全壊98戸、半壊46戸、一部破損45戸であった（平成24年1月31日現在、国土交通省）。

1.3 紀伊山地で発生した深層崩壊等に係わる土砂災害

紀伊山地の深層崩壊箇所では、平成 23 年台風 12 号時に深層崩壊等に係わる土砂災害として以下のような様々な土砂移動（災害）シナリオによる災害が発生していた。

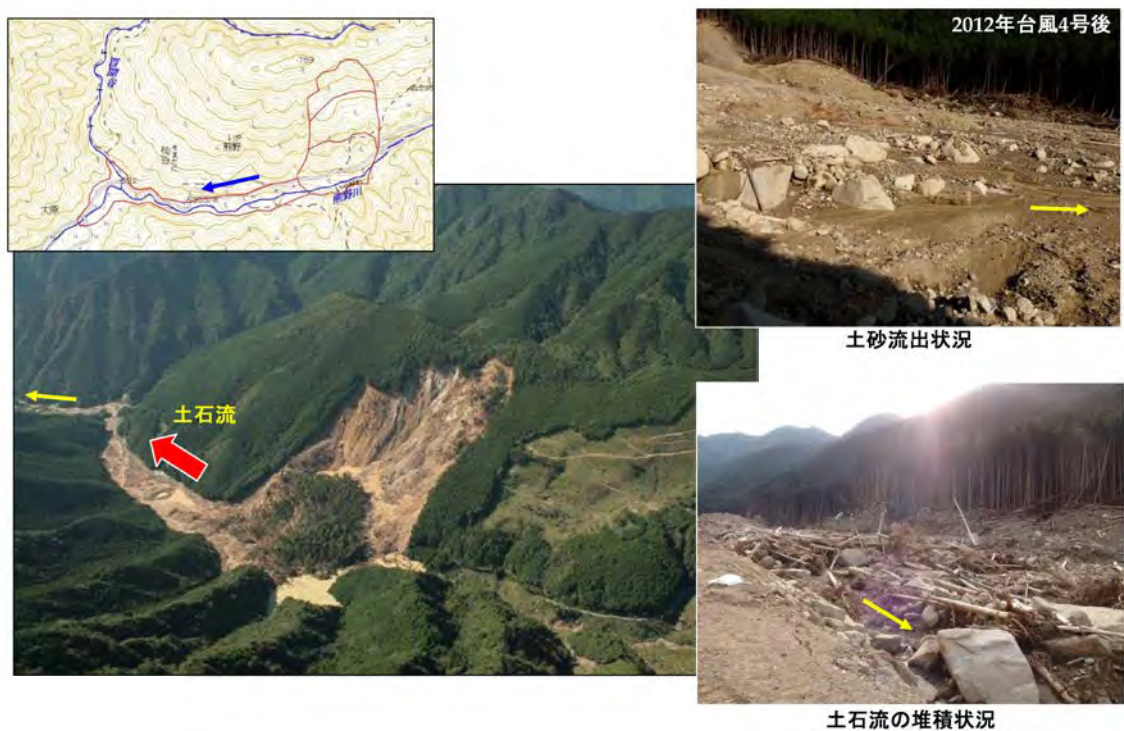
■清水 [宇井] 地区

深層崩壊 → 崩壊土砂による直撃



■熊野地区

深層崩壊 → 土石流となって流下 → 土石流による被害



■北股地区

深層崩壊 → 土石流となって流下 → 土石流による被害



■野尻地区

深層崩壊 → 土石流となって流下 → 本川河道断面の阻害 → 洪水氾濫被害



■坪内地区

深層崩壊 → 河道閉塞の形成 → 上流側の湛水被害



■濁沢・大崩れ地区（長殿発電所）

深層崩壊 → 河道閉塞の形成 → 上流側の湛水 → 湛水域で深層崩壊発生 → 段波による洪水被害



土砂堆積状況



2. 紀伊山地における天然ダム対策箇所

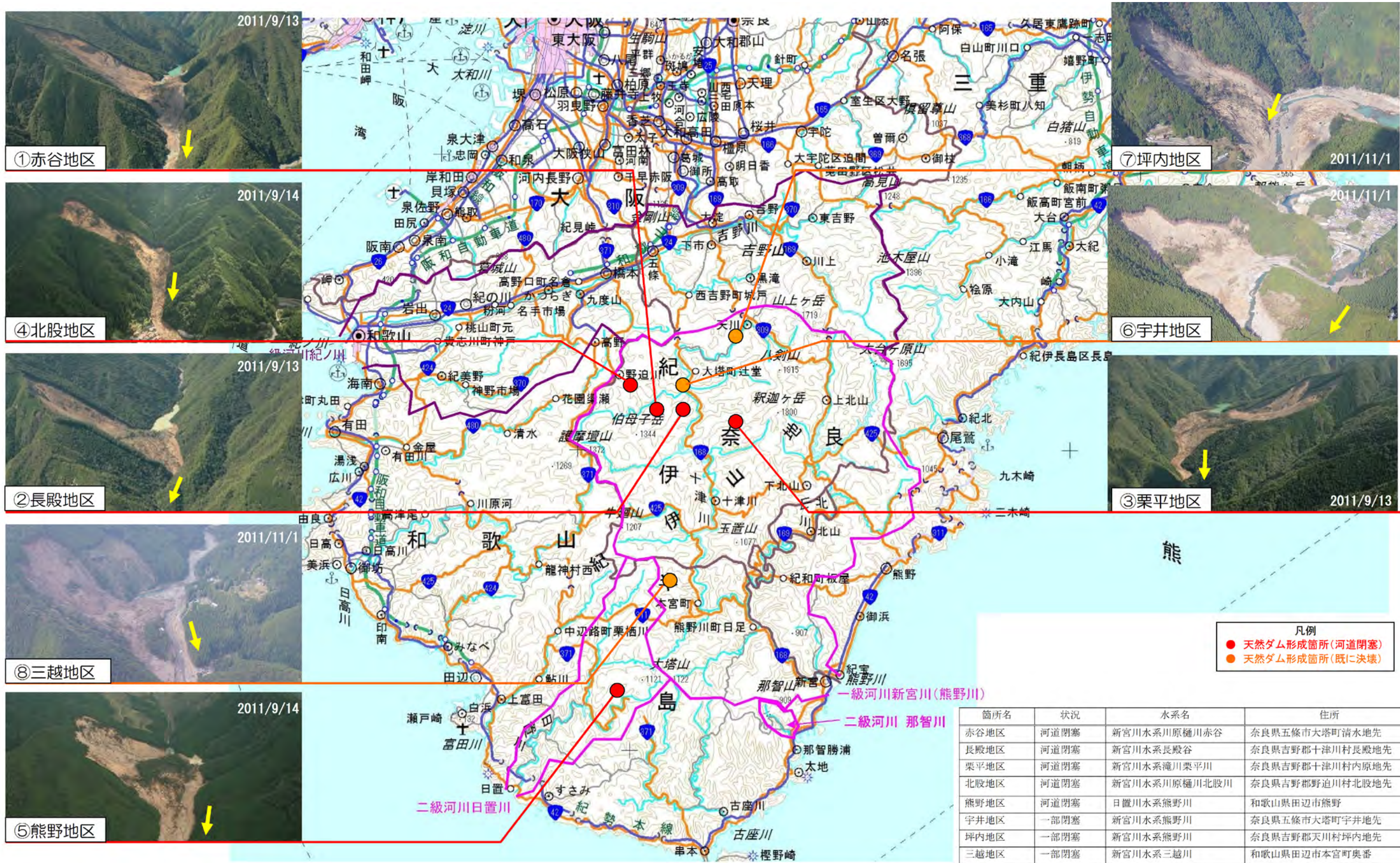
紀伊山地では、平成 23 年台風 12 号に伴う豪雨により発生した天然ダムのうち、現在も国土交通省により 8 箇所において天然ダム対策が実施されている。

そこで、本資料では、今後の天然ダム対策の計画、実施に資するため、これら 8 箇所の特徴や実施されてきた対策について箇所ごとに示し、IV 章にて現地の状況に応じた対策工法の立案事例として整理する。

以下に対象 8 箇所の天然ダムの諸元と位置図を示す。

天然ダム諸元一覧

地区名	流域面積	崩壊地の諸元						河道閉塞の諸元		
		斜面方位	斜面勾配	崩壊発生位置	崩壊規模	基盤地質	湧水	規模	形状	湛水
1 赤谷地区	13.7km ²	北西	37°	斜面上部の稜線付近	幅: 460m 長さ: 100m 高さ: 600m 崩壊土砂量 : 9,354,000m ³	白垂系美山層(My2・My3) 斜面下部My2 : 頁岩および砂岩頁岩互層 斜面上部My3 : チャート, 緑色岩の岩塊を含む頁岩 および砂岩頁岩互層	崩壊直後に確認	高さ: 67m 幅(河床横断方向): 250m 長さ(河床縦断方向): 610m 天端長: 230m	最急下流面勾配 : 28° (1:1.8) 上流面勾配 : 15.5° (1:3.6)	有り
2 長殿地区	4.61km ²	北西	35°	斜面上部の稜線	幅: 340m 長さ: 730m 高さ: 400m 崩壊土砂量 : 6,344,000m ³	白垂系美山層(My2) My2 : 頁岩および砂岩頁岩互層	崩壊直後から現在まで確認	高さ: 85m 幅(河床横断方向): 400m 長さ(河床縦断方向): 400m 天端長: 70m	最急下流面勾配 : 22° (1:2.4) 上流面勾配 : 22.6° (1:2.4)	有り
3 栗平地区	9.02km ²	北西	33°	斜面上部の稜線	幅: 600m 長さ: 960m 高さ: 450m 崩壊土砂量 : 25,133,000m ³	白垂系美山層(My4) My4 : チャート, 緑色岩の岩塊を含む頁岩 および砂岩頁岩互層	崩壊直後から現在まで確認	高さ: 100m 幅(河床横断方向): 350m 長さ(河床縦断方向): 750m 天端長: 400m	最急下流面勾配 : 32° (1:1.6) 上流面勾配 : 45° (1:1.0)	有り
4 北股地区	0.32km ²	南西	31°	斜面上部の稜線	幅: 200m 長さ: 450m 高さ: 190m 崩壊土砂量 : 1,191,000m ³	四万十帯日高川層群湯川層(Yk3) Yk3 : 砂岩頁岩互層および塊状砂岩	未確認	高さ: 28m 幅(河床横断方向): 130m 長さ(河床縦断方向): 170m 天端長: 116m	最急下流面勾配 : 30° (1:1.7) 上流面勾配 : 16.9° (1:3.3)	河道閉塞形成直後は湛水, 現在は湛水池埋戻し済
5 熊野地区	1.2km ²	南	35°	斜面上部の稜線付近	幅: 440m 長さ: 650m 高さ: 250m 崩壊土砂量 : 4,741,000m ³	牟婁層群上部(Mu) Mu : 泥岩, 砂岩泥岩互層, 砂岩, 礫岩及び含礫泥岩	未確認	高さ: 25m 幅(河床横断方向): 350m 長さ(河床縦断方向): 600m 天端長: 200m	最急下流面勾配 : 12° (1:4.7) 上流面勾配 : 3.8° (1:15)	河道閉塞形成直後は湛水, 現在は湛水池埋戻し済
6 清水[宇井]地区	218.6km ²	東	32°	斜面中腹	幅: 220m 長さ: 350m 高さ: 250m 崩壊土砂量 : 1,600,000m ³	白垂系美山層(My2・My3) My3 : チャート, 緑色岩の岩塊を含む頁岩 および砂岩頁岩互層	未確認	既に決壊	—	—
7 坪内地区	120.4km ²	東	—	斜面中腹	幅: 230m 長さ: 290m 高さ: 180m 崩壊土砂量 : 1,400,000m ³	白垂系花園層および相当層(H4) H4 : 頁岩(しばしば緑色岩, チャート及び砂岩の岩塊含む), 砂岩及び珪長質凝灰岩	未確認	既に決壊	—	—
8 三越地区	23.6km ²	北	40°	斜面上部の稜線付近	幅: 220m 長さ: 330m 高さ: 180m 崩壊土砂量 : 500,000m ³	音無川層群上部(Om) Om : 砂岩泥岩互層	未確認	既に決壊	—	—



天然ダム対策実施箇所位置図

3. 天然ダム対策実施箇所の概要

3.1 赤谷地区

■土砂移動実態

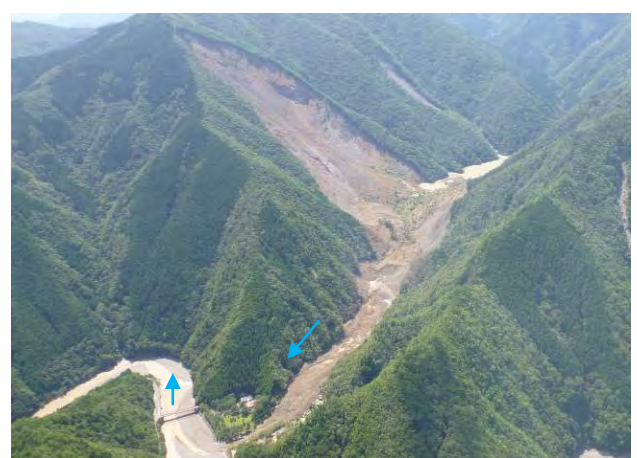
平成23年(2011年)台風12号に伴う豪雨により、奈良県五條市に位置する新宮川水系右支川川原樋川右支赤谷川(流域面積約13.7km²)において河道閉塞が形成された。赤谷地区の河道閉塞の規模は、閉塞高約67m、縦断長約610m、横断長約250m、天端長約230m、最急下流面勾配28°(1:1.8)、上流面勾配15.5°(1:3.6)、閉塞土砂量約9,354,000m³、最大湛水量約1,800,000m³であった。

赤谷地区では、河道閉塞形成直後から緊急対策として仮排水路工を整備し、その後、導流堰堤工や基幹堰堤工を整備してきた。赤谷地区では、崩壊地からの土砂流出が活発なため、平成24年(2012年)台風4号、5号時の土砂流出や、平成25年(2013年)台風18号の6日後の無降雨時に発生した崩壊斜面内の崩壊残土の再移動により、仮排水路工が埋没した。

また、平成26年(2014年)台風11号時に、崩壊地における大規模な再崩壊に伴い、河道閉塞部が再閉塞し決壊するとともに、崩土の直撃を受けて建設中だった基幹堰堤の一部が破損している。

河道閉塞部下流の河道部では、平成23年(2011年)台風12号時に崩壊地からの土砂流出により、河床高は10m以上上昇しており、その後の台風時の崩壊斜面や河道閉塞部からの土砂流出、出水時の河床堆積土砂の二次移動により滯筋の変更や河床高の変動が激しく、川原樋川への土砂流出が発生し工事用進入路が流失している。

【流域の諸元】 流域面積：(河道閉塞の上流)13.7km ² 河道閉塞形成地点元河床勾配：3°(1/20)
【崩壊地の諸元】 斜面方位：北西 斜面勾配：37° 崩壊発生位置：斜面上部の稜線付近 崩壊規模：幅480m、長さ850m、高さ600m、崩壊土砂量11,378,000m ³ 基盤地質：白亜系美山層(My2・My3) 斜面下部My2：頁岩および砂岩頁岩互層 斜面上部My3：チャート、緑色岩の岩塊を含む頁岩および砂岩頁岩互層
湧水：崩壊直後に確認、現在は未確認
【河道閉塞の諸元】 規模：高さ67m、幅250m、満水時湛水量1,078,000m ³ 形状：最急下流面勾配28°(1:1.8) 上流面勾配15.5°(1:3.6) 湛水：有り



赤谷地区 発災直後の状況

■赤谷地区の天然ダム対策の概要

①防護土堤

崩壊地から河道閉塞部への土砂流入防止と対策工事の安全を確保するために防護土堤（H=3m）を整備した。

しかし、その後の台風時に、崩壊斜面からの流出土砂は防護土堤を越流し、仮排水路工へ流入した。

②仮排水路工

河道閉塞部の侵食破壊や浸透破壊を防止するために仮排水路工（L=423.0m、計画流量 $240\text{m}^3/\text{s}$ ：2年超過確率規模）を整備した。天端の水平部は地盤改良の上、かごマットを設置した。下流端から下流河道（シュート部）は砂防ソイルセメント+モルタル吹付とし、シュート下部は護床工を設置した。

しかし、仮排水路工は、平成24年台風4号、5号時等の崩壊斜面からの土砂流出により埋没し、シュート部で局所洗掘が発生した。

③暗渠排水管

施工中の湛水池からの排水を目的として、仮排水路工底面地下に暗渠排水管（L=553m、 $\phi 1.0\text{m}$ 、計画流量 $3.4\text{m}^3/\text{s}$ ：非出水期の過去5年間の最大流量）を仮排水路工掘削時に設置した。

また、暗渠排水管呑口の閉塞防止を目的に、呑口にスクリーンを設置した。

暗渠排水管は、崩壊斜面からの土砂流出により、仮排水路が埋没した際も、排水機能を維持していた。

④導流堰堤

深層崩壊箇所脚部の河道閉塞部の侵食を防止することを目的に仮排水路下流端に導流堰堤を整備した。




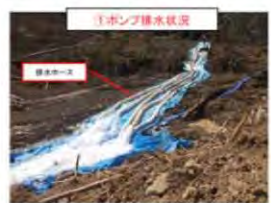


平成26年台風11号時には、崩土の直撃を受けて破損したものの、河道閉塞部および崩壊斜面脚部の侵食防止効果を発揮していた。

⑤基幹砂防堰堤

河道閉塞部の越流侵食や浸透破壊の防止を目的に砂防ソイルセメントを活用した基幹砂防堰堤（H=12.0m）を施工した。平成26年台風11号時の崩壊斜面の再崩壊による、崩土の直撃を受けたため、両袖が破損したものの、本堤により河道閉塞部の崩壊土砂の流出抑制とともに、河道閉塞の決壊に伴う侵食を抑制していた。

赤谷地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。










■赤谷地区

工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23 9	<p>【H23台風12号】 ・河道閉塞形成</p>  	<p>【H23台風15号】 ・大規模土砂流出</p> 	<p>・河道閉塞箇所の地形が大きく変化</p> 
H23 10			
H23 11			<p>②仮排水管設置状況</p> 
H23 12			
H24 1			<p>①仮排水管設置状況</p> 

■赤谷地区

対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等	
H23 9	<p>【ポンプ排水】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・湛水上流からの流入量が多く、湛水地の水位上昇が顕著であることから、侵食決壊防止および工事の安全対策としてポンプ排水による水位上昇抑制を図る。 		<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプの排水能力が上流からの流入量より小さかった。(非出水期降雨流入量 3.4m³/s、ポンプ排水量1.0m³/s)。
H23 10	<p>【仮排水掘削】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・12月までの掘削可能量(10万m³以下)と過去の最低貯水位から水路敷高を設定。 ・土工量の低減、対岸への土砂乗り上げ状況を考慮して平面線形を設定。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路の平面位置は、流水路敷高(EL499.0m)によって、左右岸の切土量、法面長のバランス(切土法面勾配1:1.5)を考慮している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・土工量最小化を図ったため、最短期で作業ができた。 ・水路敷高を下げるほど、作業時における水位上昇の越流リスクが高くなる。
H23 11	<p>【防護土堤設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路施工範囲への前土流入を防止するため設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ・崩壊地直下での作業となることから、無人化施工機械を使用して施工。 	
H23 12	<p>【暗渠排水管設置(仮排水路)】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨時の流入量が多く越流が頻発する恐れがあったことから、暗渠排水管を設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路と併用した二重構造。 ・最低貯水位-1mを呑口高とし、非出水期の過去5年の最大流量3.4m³/sを流下させるためφ1000mを採用。 	<ul style="list-style-type: none"> ・暗渠としていることから再崩壊による開水路埋没時にも排水機能を維持することができる。 ・呑口部は水圧に対応できるよう補強するとともに流木等による閉塞を防止する対策が必要。
H24 1	<p>【仮排水路設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路の運用開始をできるだけ早くするため、2年超過確率流量に土砂混入率0.2を考慮した流量を流すことができる断面とした。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現場への搬入材料が少なく、現地発生材を有効に活用できることからカゴマットを採用。 ・流路に床固工及び帯工(ともにカゴマット)を設置。 ・下流端から下流河道はシュート構造とし、シュート下は護床工を設置。 	<ul style="list-style-type: none"> ・カゴ内への搬入が人海戦術となるが、崩壊地直下で多くの作業員が危険を伴う施工方法は妥当ではない。 ・出来型検査が厳しかった。緊急時は中詰材の施工基準を緩和してもよかった。 ・流入部は表面対策をしていなかったが、特に破損はしていない。水平部など流速が遅い部分については表面対策も不要かもしれない。
	<p>【導流堰堤設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路下流端を右岸側のやせ尾根の露岩部に導流堰堤を設置し、崩壊脚部と河床と侵食防止を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・導流堤にはINSEMを活用した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・下流端に設置されていたことで、天然ダム土塊の侵食防止効果を発揮した。 ・これ以降、仮排水路の侵食防止に対して大きな効果を発揮し続けた。





■赤谷地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H24 2		[H24 2/7豪雨]	・仮排水路内に土砂流入 	・水路内への流入土砂の除去が必要 
H24 3				
H24 4				
H24 5	【泥土水路工設置】			
H24 6		[H24台風4・5号]	・仮排水路内に土砂流入、埋没 ・仮排水路斜路部の局所洗掘 ・下流河道堆積土砂の二次移動  	・水路内への流入土砂の除去が必要 ・暗渠排水管は機能維持  
H24 7	【進入路再整備】 【流入土砂撤去】 【護床ブロック設置】			
H24 8	【河道整備(下流河道)】			
H24 9				
H24 10		[H24台風16・17号]	・仮排水路斜路部の局所洗掘 ・下流河道堆積土砂の二次移動 	・下流河道部の再整備が必要 ・暗渠排水管は機能維持 
H24 11	【進入路再整備】 【河道整備(下流河道)】			
H24 12				

■赤谷地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H24 2			
H24 3			
H24 4			
H24 5	【泥土水路工設置】 ・崩壊地から流出する泥土を湛水地側に導流するための水路工を設置。		・崩壊地下に堆積した泥土をバックホウで掻き出したが、非常に効率が悪かった。
H24 6			
H24 7	【仮排水路の復旧】 ・仮排水路の機能を復旧させるため、仮排水路内に流入した土砂を除去し、護床ブロックを設置。	・暗渠排水管(仮排水路)が機能していたため、湛水地からの排水機能はある程度確保されていた。 ・斜路のモルタル吹付部の破損は補修した。	・土砂掘削時にバックホウのバケットがカゴマットにひっかかって破損させるおそれがあり、カゴマットは土砂掘削の効率が非常に悪かった。 ・カゴマットは越流する度に破損しており、越流に耐えるには別の工法を採用してもよかった。 ・護床ブロックは次出水で流出した。
H24 8			
H24 9			
H24 10	【仮排水路の復旧】 ・仮排水路(シュート部)下流端の洗掘防止を図るために護床ブロックを設置。		
H24 11			
H24 12			







■赤谷地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H25 1				
H25 2				
H25 3				
H25 4	【排土工(左岸斜面)】			 <p>4月24日撮影</p> <p>排土工掘削状況</p>
H25 5	【掘削工(堰堤工)】			
H25 6	【湧水処理(左岸)】	<p>【梅雨前線豪雨】 ・左岸堰堤掘削部で湧水発生</p> 		
H25 7				 <p>7月12日撮影</p> <p>砂防土工(掘削状況)</p>
H25 8				

■赤谷地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H25 1			
H25 2			
H25 3			
H25 4			
H25 5			
H25 6	<p>【湧水処理】</p> <p>・左岸掘削部から湧水が発生。湧水による掘削範囲の侵食・土砂堆積を防止するために、湧水を河道へ導水。</p>	<p>・矢板を連続に打ち込んで侵食防止を図るとともに、河道へ導水。</p>	
H25 7			
H25 8			






■赤谷地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H25 9		<ul style="list-style-type: none"> 【H25台風18号】 【H25 9月拡大崩壊】 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路内に土砂流入 ・仮排水路内に土砂流入、埋没  	<ul style="list-style-type: none"> ・水路内への流入土砂の除去が必要 ・暗渠排水管は機能維持
H25 10	<ul style="list-style-type: none"> 【進入路再整備】 【流入土砂撤去】 【河道整備(下流河道)】 			 <p>仮排水路復旧状況(無人化施工)</p>
H25 11				
H25 12	【仮設土堤設置(堰堤工)】			
H26 1	【掘削工(堰堤工)】		 <p>掘削状況</p>	
H26 2				
H26 3	【地盤改良工(堰堤工)】		 <p>地盤改良状況</p>	
H26 4	<ul style="list-style-type: none"> 【第1垂直壁工(堰堤工)】 【堰堤本体工(堰堤工)】 		 <p>第1垂直壁ソイルセメント施工状況</p>	
H26 5				
H26 6				

■赤谷地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H25 9			
H25 10	<ul style="list-style-type: none"> 【仮排水路の復旧】 ・仮排水路の機能を復旧させるため、仮排水路内に流入した土砂を除去した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・晴天時でも崩壊することから、土砂の撤去に無人化施工を採用した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・無人化施工時には、オペレーターが機械への負荷を感じることができないため、機械にムリさせてしまう傾向がある。
H25 11			
H25 12			
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4	<ul style="list-style-type: none"> 【基幹堰堤工】 ・赤谷地区は崩壊地からの土砂流出頻度が高いことから、河道閉塞部上に堰堤工を整備し、堰堤工の堆砂域で流出土砂を捕捉する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・堤体は現地発生材を活用できるSBウォール工法を採用した。 ・堤体基礎部は地盤改良による置換とした。 ・右岸袖部はコンクリートの残置型枠、左岸は網矢板を外部保護材とし、内部材にINSEMを採用した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・掘削土砂の有効活用が可能となるとともに、施工期間の短縮化が図れる。
H26 5			
H26 6			

■赤谷地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H26 7				
H26 8		<p>【H26台風11号】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・崩壊斜面対岸まで土砂流出 ・河道閉塞部の一部侵食 ・砂防堰堤の一部破損 	 	<ul style="list-style-type: none"> ・下流河道部の再整備が必要となる。 ・砂防堰堤の補修が必要となる。  
H26 9	【進入路再整備】			 <p>9月19日撮影</p> <p>工事用道路復旧状況(上流側)</p>
H26 10	【堆積土砂撤去】 【堰堤本体工復旧】			
H26 11				
H26 12				

■赤谷地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H26 7			
H26 8			
H26 9			
H26 10	【基幹堰堤工の復旧】		
H26 11	・左右岸袖部、水通し部の破損部分を除去し、補修のための整形を実施した後、本体を再構築。		
H26 12			

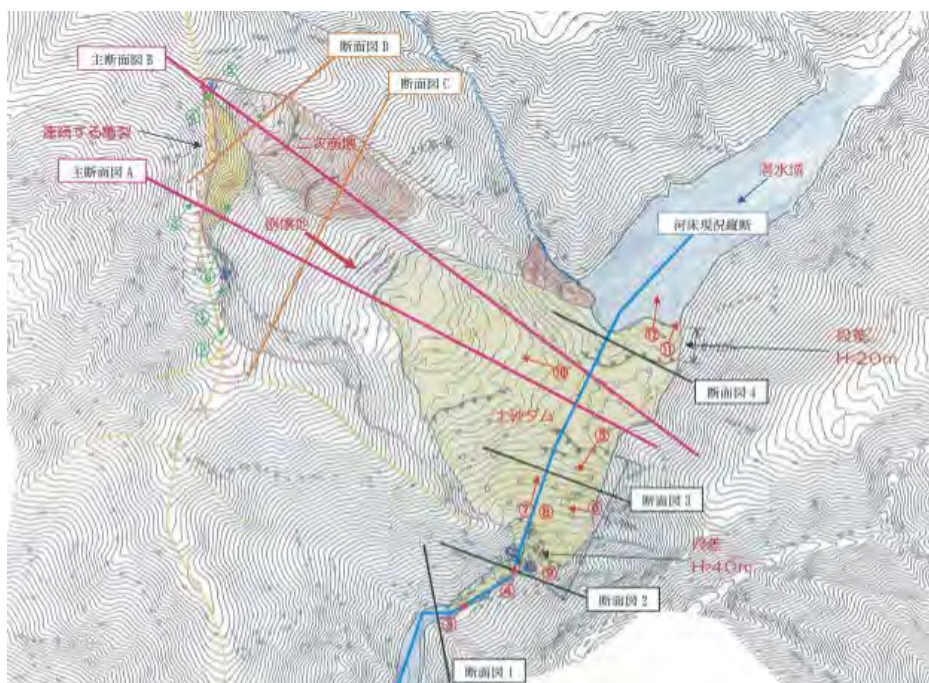
3.2 長殿地区

■土砂移動実態

長殿地区の崩壊地は、平成23年(2011年)台風12号に伴う豪雨により、熊野川右支川長殿谷(流域面積約4.61km²)右岸において発生した。長殿地区の河道閉塞の規模は、閉塞高約85m、縦断長約400m、横断長約400m、天端長約70m、最急下流面勾配22°(1:2.4)、上流面勾配12.6°(1:2.4)、閉塞土砂量約6,344,000m³であった。

河道閉塞土塊は、20~100cm程度の岩塊で構成され、河道閉塞下流面には漏水が確認されており、天然ダム脚部からの浸透流が多く、パイピングによる土砂流出が懸念されていた。

【流域の諸元】	
流域面積：(河道閉塞の上流) 4.61km ²	河道閉塞形成地点元河床勾配： 5° (1/11)
【崩壊地の諸元】	
斜面方位： 北西	斜面勾配： 35°
崩壊発生位置： 斜面上部の稜線	
崩壊規模： 幅340m、長さ850m、高さ400m、崩壊土砂量5,954,000m ³	
基盤地質： 白亜系美山層(My2)	
My2： 頁岩および砂岩頁岩互層	
湧水： 崩壊直後から現在まで確認	
【河道閉塞の諸元】	
規模： 高さ85m、幅400m、満水時湛水量2,269,000m ³	
形状： 最急下流面勾配22°(1:2.4) 上流面勾配22.6°(1:2.4)	
湛水： 有り	



長殿地区 土砂移動状況 (2011/9/12 時点)



① 十津川との合流部付近の状況



② 長殿谷の状況



③ 土砂流出状況



④ 漏水状況



⑤ 崩壊地を土砂ダムから望む
(全体的にリップラップ状に覆われている)



⑥ 傾斜約30度で概ね安定している



長殿地区 発災直後の状況

■長殿地区の天然ダム対策の概要

①進入路の整備

長殿地区では、対策箇所までの進入路が無かったため、発災直後はヘリポートを整備し、ヘリコプターによる資機材の運搬を行っていた。しかし、ヘリコプターは、明るい時間帯に出発、帰着する必要があるため、時間的制約があることに加え、気象条件によって飛行できない場合があることや、ヘリコプターにて運搬できた重機が小型の不陸地運搬車だけであったため、施工効率が悪かった。そこで、熊野川本川をコルゲート管+盛土で渡河道路を設置し、工事中用道路を整備したが、熊野川本川が増水するたびに流失し、長期間通行止めになってしまうことから、熊野川支川の川原樋川に仮設橋を設置し、熊野川沿いに長殿谷合流点まで工事中用道路を設置した。ただし、熊野川本川沿いに工事中用道路を設置したため、増水のたびに被災し、その都度復旧が必要である。

②仮排水路工

河道閉塞部の侵食破壊や浸透破壊を防止するために仮排水路工（計画流量 110m³/s：2年超過確率規模）を整備した。天端水平部はかごマット、シュート部については、熊野川合流点から河道沿いにコンクリートポンプによる圧送が可能となったことから、工期短縮を目的に布製型枠とし、減勢部はかごマットにて整備した。

河道閉塞部脚部からの伏流水を処理するため、減勢部下に暗渠排水管を設置したが、平成 27 年台風 11 号時には、過去の湧水地点よりもさらに高い位置から浸透流が湧出し、仮排水路シュート部の土砂が一部流出し、仮排水路工が破損した。



平成 27 年台風 11 号時の仮排水路工破損状況

③基幹堰堤工

河道閉塞部の脚部侵食を防止し、河道閉塞部の安定を図ることを目的に、河道閉塞部脚部に基幹となる堰堤工を設置した。

排水路シュート部の下流端に位置することから、減勢部にドレーン工を設置した。

堤体は、現地発生材を活用できる砂防ソイルセメントを利用し、施工時は堤体付近に製造プラントを設置することによって、施工効率の向上を図った。

長殿地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。

■長殿地区

工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23 9	【H23台風12号】 【H23台風15号】	・河道閉塞形成 	② 分解式油圧ショベル 空輸状況 【上野地ヘリポート】  ① 防護土工工事状況(無人化施工)  ③ 仮排水路擁壁工事状況 (かごマット施工状況) 
H23 10			かごマット 
H23 11			仮排水路掘削 ポンプ排水設置 防護土工設置 
H23 12			仮排水路設置 進入路整備 
H24 1			進入路整備(渡河部) 
H24 2			仮排水路擁壁工事 コンクリート打設状況 
H24 3			
H24 4			
H24 5			仮排水路設置※完了 ガリー拡大防止対策

■長殿地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H23 9			
H23 10	【仮排水路掘削】 ・転流開始1月末達成土工量、配置重機の施工基面からの可能掘削深さより水路敷高を設定した。 ・河道が屈曲していることから、シュート部にも屈曲部が設けられた。 ・仮排水路呑み口位置は、水衝部の発生を防ぐダム湖凹部とした。 ・シュート部は可能な限り左岸側地山に近い位置とした。	・仮排水路シュート部の法線は恒久対策の法線と異なる位置に設定。	・運搬機械がヘリで運搬できた小型の不整地運搬車だけであったことから、施工効率が悪かった。
H23 11			
H23 12	【防護土工設置】 ・仮排水路施工範囲への崩土流入を防止するため設置。	・崩壊地直下での作業となることから、無人化施工機械を使用して施工した。	
H24 1	【仮排水路設置】 ・仮排水路の運用開始をできるだけ早くするため、2年超過確率流量に土砂混入率0.2を考慮した流量を流すことができる断面とした。 ・末端区間はかごマット、シュート部は布製型枠水路、減勢部はかごマットとした。 ・天然ダム脚部からの伏流水を処理するため、減勢部下に暗渠排水管を設置。	・熊野川合流点から河道沿いにコンクリートポンプによる圧送が可能となったことから、工期短縮を目的として布製型枠+鉄筋挿入工を採用。(L=1000m Δh=300m) ・長距離圧送のため固まりにくい配合を採用した。	・使用できる重機が少なかったため、バックホウ(スケルトンバケット)だけでは、かごマットの中詰材選別に非常に時間を要した。 ・近傍の赤谷地区と同じかごマットを採用したことから、材料搬入待ちが発生した。 ・伏流水の漏水量が多い中での排水管設置は、敷付面の土砂流出やフィルター材敷設中の管路の浮き上がりが発生した。
H24 2			
H24 3			
H24 4			
H24 5	【ガリー拡大防止対策】 ・崩壊地内のガリーに大型土のうを設置し、ガリーの侵食拡大を防止する。		







■長殿地区

工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H24 6			
【進入路再整備】	【H24台風4・5号】	・河道閉塞部脚部からの湧水 ・工所用道路渡河部の流失	・渡河部の再整備が必要となる。
H24 7			
H24 8			
H24 9			
【進入路再整備】※完了			
【進入路再整備】	【H24台風16・17号】	・工所用道路渡河部の流失	・渡河部の再整備が必要となる。
H24 10			
H24 11			
【進入路再整備】※完了			
H24 12			
H25 1			

■長殿地区

対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H24 6		
【河道閉塞脚部の伏流水対策】 ・仮排水路の両側から同一標高から伏流水(浸透流)が流下。 ・河道閉塞部の侵食を防止するために土嚢を設置し、仮排水路へ導水。 ・左支溪からの流水を仮排水路へ導水するために大型土嚢を設置。 ・暗渠排水管直下の洗掘を防止するために袋詰玉石を設置。		
		【進入路の復旧】 ・熊野川本川に暗渠によって進入路を設置。
H24 7		
H24 8		
H24 9		
		【進入路の復旧】 ・熊野川本川に暗渠によって進入路を設置。
H24 10		
H24 11		
H24 12		
H25 1	【排水路の配置検討】 ・排水路におけるシュート部の法線、減勢工となる基幹堰堤の位置、下流河道の洗掘状況等を把握するために、水理模型実験を実施。 	・水理模型実験の結果、シュート部で衝撃波の発生を考慮した嵩上げ、基幹堰堤は未満砂とすることにより減勢効果を高めることとした。 ・第一副堰と垂直壁の袖部の越流が確認されたため、ダム軸を変更した。

■長殿地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H25 2				
H25 3	【進入路整備(十津川沿い)】			
H25 4				
H25 5				
H25 6				
H25 7	【法面工(堰堤工)】			
H25 8				
H25 9		【H25台風18号】	・進入路被災(河床路)	
H25 10				
H25 11				
H25 12	【掘削工(堰堤工)】			
H26 1	【地盤改良工(堰堤工)】			
H26 2	【堰堤本体工(堰堤工)】			
H26 3				
H26 4				

■長殿地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H25 2			
H25 3	【進入路の復旧】 ・川原樋川に仮設橋を設置し、熊野川本川右岸沿いに進入路を設営。		
H25 4			
H25 5			
H25 6			
H25 7			
H25 8			
H25 9			
H25 10	【進入路の復旧】 ・熊野川本川右岸沿いおよび合流点の進入路を復旧。		
H25 11			
H25 12			
H26 1			
H26 2		【基幹堰堤工】 ・脚部侵食防止等、河道閉塞部の安定を図るため、河道閉塞部脚部に基幹となる堰堤工を設置。 ・排水路シュート部の下流端に位置することから、減勢部にドレーン工を設置。	・堤体は現地発生材を活用できるSBウォール工法を採用した。 ・施工時は堤体付近に製造プラントを設置した。 ・堤体基礎部は地盤改良による置換とした。
H26 3			
H26 4			

■長殿地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況	
H26 5	<div style="text-align: center;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">【堰堤本体工】※完了</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 5px auto;">【進入路再整備】</div> <div style="text-align: center;">↓</div>				
H26 6					
H26 7					
H26 8					
H26 9			<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">【H26台風11号】</div> <ul style="list-style-type: none"> ・河道閉塞部脚部からの湧水 ・工事用道路渡河部の流失 	 <p style="font-size: small; text-align: center;">砂防堰堤状況(左岸側→右岸側)</p>	
H26 10					
H26 11					
H26 12					

■長殿地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H26 5			
H26 6			
H26 7			
H26 8			
H26 9			
H26 10			
H26 11			
H26 12			

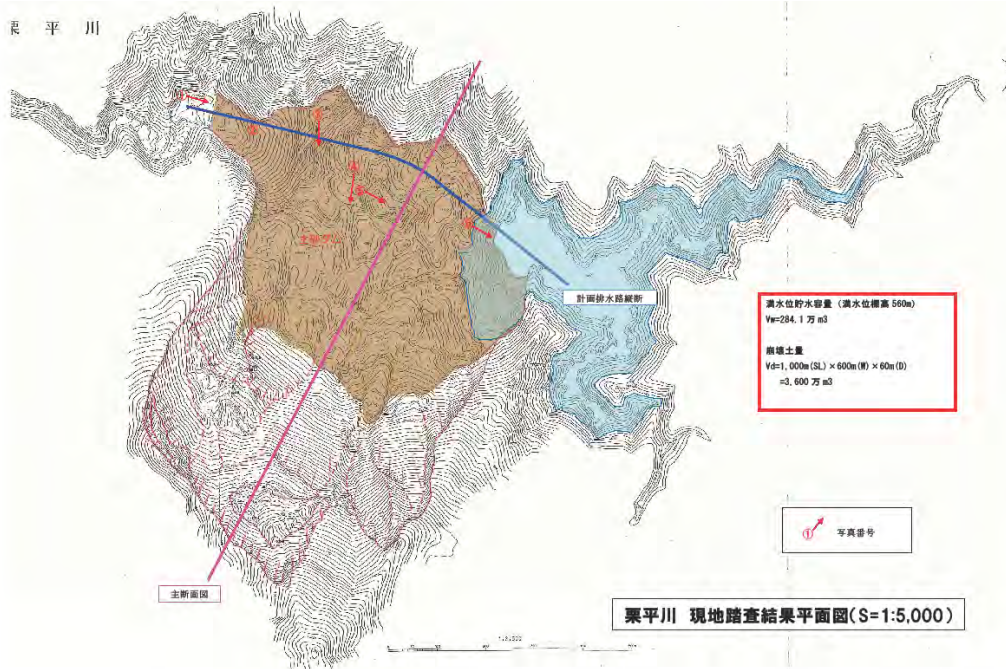
3.3 栗平地区

■土砂移動実態

栗平地区の崩壊地は、平成23年(2011年)台風12号に伴う豪雨により、新宮川水系左支川滝川右支栗平川(流域面積約9.0km²)において河道閉塞が形成された。栗平地区の河道閉塞の規模は、閉塞高約100m、縦断長約750m、横断長約350m、天端長約400m、最急下流面勾配32°(1:1.6)、上流面勾配45°(1:1.0)、閉塞土砂量約24,133,000m³と国土交通省近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所管内で形成された最大規模となっている。

栗平地区では、河道閉塞形成直後から緊急対策として仮排水路工を整備したが、平成24年(2012年)台風4号時に仮排水路工下流端部において洗掘が生じ、同年の台風16号、17号時に洗掘・侵食が拡大・進行して仮排水路工の下流部分が流失した。さらに平成26年(2014年)台風11号時には河道閉塞の大規模な侵食が生じて越流天端が15m低下するとともに仮排水路工の大部分が流失しており、平成27年(2015年)台風11号時にも湛水池からの越流水が仮排水路に流入し、仮排水路の一部が侵食された。

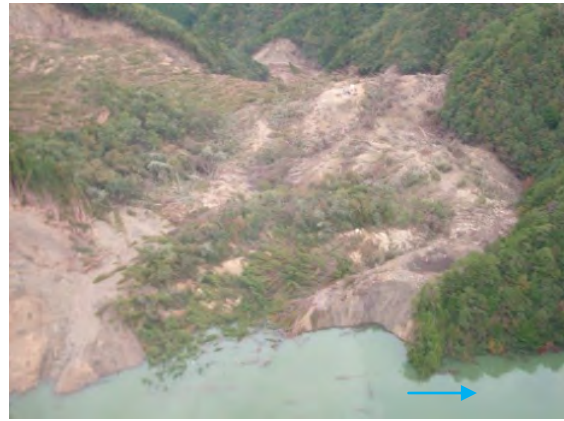
【流域の諸元】	
流域面積：	(河道閉塞の上流) 9.02km ² 河道閉塞形成地点元河床勾配： 3° (1/20)
【崩壊地の諸元】	
斜面方位：	北西 斜面勾配： 33°
崩壊発生位置：	斜面上部の稜線
崩壊規模：	幅600m、長さ850m、高さ450m、崩壊土砂量23,846,000m ³
基盤地質：	白亜系美山層 (M ₄)
	M ₄ ：チャート、緑色岩の岩塊を含む頁岩および砂岩頁岩互層
湧水：	崩壊直後から現在まで確認
【河道閉塞の諸元】	
規模：	高さ100m、幅350m、満水時湛水量7,228,000m ³
形状：	最急下流面勾配32° (1:1.6) 上流面勾配45° (1:1.0)
湛水：	有り



栗平地区 土砂移動状況 (2011/9/12 時点)



河道閉塞の状況（左：2011/9/14、右：2011/12/20）



栗平地区 発災直後の状況

■栗平地区の天然ダム対策の概要

①防護土堤

崩壊地から河道閉塞部への土砂流入防止と対策工事の安全を確保するために防護土堤（H=3m）を整備した。

②仮排水路工

河道閉塞部の侵食破壊や浸透破壊を防止するために仮排水路工（L=576.1m，計画流量 $185\text{m}^3/\text{s}$ ：2年超過確率規模）を整備した。天端の水平部ではモルタル吹付（上下流端はかごマット），斜面部（シュート部）では砂防ソイルセメント+モルタル吹付（TA0工法），水路下流端の減勢部では砂防ソイルセメント+フトンカゴとなっている。また，対策工事の安全確保と水位上昇を抑制するために常時ポンプ排水を実施した。










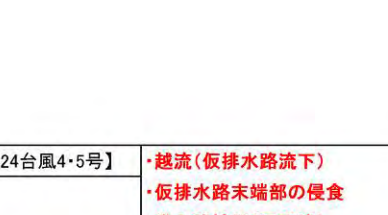




平成24年（2012年）台風4号時にシュート部下流端部で洗掘・侵食が生じたため，仮排水路工の下流端において袋詰玉石，2tブロック，大型土嚢とモルタル吹付によって侵食対策を実施した。しかし，同年の台風16号，17号時には洗掘・侵食が拡大して仮排水路工の下流部で大規模な侵食が生じて全体の2/3が流失し，ガリー地形が形成された。平成26年（2014年）台風11号時には大規模な侵食が生じて越流天端が15m低下するとともに仮排水路工の大部分が流失し，約160万 m^3 という大量の土砂が下流域に流出した。

③暗渠排水工

仮排水路工の流失後の越流侵食の防止と，より低コストで安定した水位低下を図り，安全な対策工事を実施するために泥濃式推進工法（ラムサス工法）による暗渠排水管（ $\phi 800\text{mm}$ ×2条）を整備した。暗渠排水管によって台風11号時に急激な水位上昇を遅らせたものの仮排水路工とともに流失した。

栗平地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。






■栗平地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23 9		【H23台風12号】	・河道閉塞形成	ヘリコプターによる重機吊り上げ状況 
H23 10	【ヘリポート整備】 【重機組立ヤード造成】 【倒木の伐採集積】	【H23台風15号】		① 防護土堤設置状況 
H23 11	【ポンプ排水設置】 【防護土堤設置】			
H23 12	【仮排水路掘削】 【仮排水路設置】(改良土) 【ポンプ排水】 【進入路整備】		② 仮排水路部改良土作製・運搬・転圧状況 	
H24 1				
H24 2			仮排水路構築工(斜面部) モルタル吹付状況 	
H24 3				
H24 4				
H24 5				
H24 6	【護床ブロック設置】 【袋型根固材設置】 【モルタル吹付】	【H24台風4・5号】	・越流(仮排水路流下) ・仮排水路末端部の侵食 ・進入路被災(河床路)	・仮排水路末端部の再整備が必要 ・進入路の再整備が必要となる。 
H24 7			高床部 コンクリートブロック設置状況 	
H24 8				

■栗平地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H23 9	【防護土堤設置】 ・仮排水路施工範囲への崩土流入を防止するため設置。		・必要となる土堤高を決定する根拠がなく、決め打ちで高さを設定した。
H23 10	【ポンプ排水】 ・湛水量が非常に大きいことから、水位上昇を抑制し、決壊の危険性を低下させるため、ポンプ排水を実施した。	・排水管を河道閉塞部脚部より下流まで設置した上で排水を実施した。	・シュート部への排水管設置が難しく、設置に時間を要した。 ・流水による排水管の振動が非常に大きいので排水管の固定をしっかり行う必要がある。
H23 11			・ポンプ排水を実施すると、下流河道の流量が増加するため、河床路を使って資機材等を搬入する際にはポンプの運転を止める必要があった。 ・ポンプの運転時間が長いと燃料代が膨大になるため、サイフォンの併用も検討すべきである。(揚程に上限があり、流量の調整が難しい)
H23 12	【仮排水路掘削】 ・河道閉塞部天端延長が非常に長いことから、施工土量の最小化を図るため最短距離である直線水路とし、天端中央の最低地点(EL+565.63)を呑口とした。 ・下流シュート部の勾配は、施工土量の最小化を図るため土塊の下流面勾配とほぼ同程度とした。	・切土法面勾配は、左右岸共に崩積土塊であり、1:1.5では不安定な状況のため、1:1.8での切土とした。	・後の脚部侵食の経験から、仮排水路の流末は旧河道地点まで延伸すべきであった。 ・栗平は河道閉塞部天端が広大であったことから、6台のキャリアダンプをヘリで運搬して施工効率の向上を図った。
H24 1			
H24 2	【仮排水路設置】 ・カゴマットに使用できる中詰材を現地で必要量を確保できないことから、一部区間を除いて別の工法を検討した。 ・当初は布製型枠を検討したが、道路終点から天然ダムまでの距離比高が大きくポンプでの圧送が困難であったことから断念した。 ・水平部及びシュート部について、地盤改良+モルタル吹付工を採用した。	・摩耗が懸念される流入部、水平部からシュート部の変化点、減勢工はカゴマットを採用した。 ・斜路はカゴマットが耐えられる流速ではないと判断した。 ・シュート部は地盤改良+鉄筋挿入工に加えてイボ形状を設けて流速低減に努めた。 ・地盤改良工での水路壁面転圧には、振動機付きバケットを採用した。	・水平部については地盤改良+モルタル吹付で十分であった。施工性がよく、破損した場合にも容易に修復可能である。 ・減勢部に横工がない場合、下方に縦侵食が発生した場合、上流に侵食が進行し、脚部の侵食につながってしまう。
H24 3			
H24 4	【進入路整備】 ・当初から河道閉塞部までの既設道路がなく、ヘリで資機材を運搬していたが、施工性を向上させるため、河床に工事用道路を敷設した。	・既設道路終点から河道閉塞部まで河床路を設置した。 ・当初は河床を横断する渡河部を複数設けていた。	・施工性は向上したが、悪路であり、車両の故障が頻発した。
H24 5			
H24 6	【仮排水路の破損・復旧】 ・台風4号・5号による仮排水路末端部の洗掘・侵食により低下した河床の再侵食を防止するため、護床ブロック、石積みネットを設置した。		
H24 7			
H24 8			






■栗平地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H24 9	【進入路再整備】			
H24 10	【護床ブロック設置】 【袋型根固材設置】	【H24台風16・17号】	<ul style="list-style-type: none"> ・越流(仮排水路流下) ・河道閉塞部の一部侵食 ・進入路被災(河床路) 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路の再整備が必要 ・進入路の再整備が必要となる。
H24 11				<p>10月12日撮影</p> 
H24 12	【仮排水路再整備】※完了			<p>11月22日撮影</p> 
H25 1				
H25 2	【暗渠排水工】			<ul style="list-style-type: none"> ・推進工法による暗渠排水管設置
H25 3				 <p>仮排水路出口部周辺 境況</p>
H25 4				
H25 5				
H25 6				

■栗平地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H24 9	【仮排水路の破損・復旧】		
H24 10	<ul style="list-style-type: none"> ・台風16号・17号による越流水によって、仮排水路の上流端から185mを残して大規模な侵食が発生した。 ・残存する仮排水路の再侵食を防止するために護床ブロック、石積みネットを設置した。 		<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路のシュート部の下流端では、台風4号・5号によって侵食された範囲を護床ブロックと石積みネットを設置していたが、大規模侵食が発生する前に全て流出していた。 ・この洗掘現象が結果的に大規模侵食を引き起こした可能性が高いことから、シュート部の下流端では堰堤工による洗掘防止および流水の減勢を図ることが重要であることが再認識された。
H24 11	【対策工の再検討：床固工群の設置】		
H24 12	<ul style="list-style-type: none"> ・当初の対策工は、シュート部の下流に基幹堰堤を設置することとしていたが、大規模侵食が生じたために、侵食部分における土砂生産・流出を防止するために、床固工群を設置することに計画を変更。 ・床固工群と下流の基幹堰堤の計画位置と施工における課題を把握するために、水理模型実験を実施。 	<ul style="list-style-type: none"> ・水理模型実験の結果、最下流床固工と基幹堰堤の間には水路を設置することとした。これにより、洪水流を安全に導流するとともに、河床侵食を防止することとした。 	
H25 1			
H25 2	【暗渠排水工】		
H25 3	<ul style="list-style-type: none"> ・河道閉塞部中央に排水路工を設置するため、施工期間中の安全対策として、湛水地の水位低下と安定した排水を目的とした暗渠排水管を設置した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・施工期間を考慮して河道閉塞部の下流側160mを推進工法による暗渠排水管とし、それより上流は開水路+暗渠排水管の二重構造とした。 ・施工期間と掘削機械内に人が入って作業することを考慮してφ800mm×2条とした。 	<ul style="list-style-type: none"> ・これまでの土工で河道閉塞土塊内から倒木等の支障物がでてこなかったことから、推進ルート上の支障物は少ないと判断した。 ・各箇所とも倒木は土塊の表面付近に多く、土塊深部には確認されていない。
H25 4			
H25 5			
H25 6			

■栗平地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H25 7				
H25 8				
H25 9	【暗渠排水工】※完了			 <p>9月17日撮影 暗渠排水</p>
H25 10	【進入路再整備】	【H25台風18号】	<ul style="list-style-type: none"> ・越流(仮排水路流下) ・河道閉塞部の一部侵食 ・進入路被災(河床路) 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路の再整備が必要 ・進入路の再整備が必要となる。
H25 11	【暗渠排水管延伸】 【右岸側斜面掘削】			 <p>本管敷設位置に排水パイプを設置</p>
H25 12				
H26 1				 <p>砂防土工 掘削状況</p>
H26 2				
H26 3				
H26 4	【排土工】			 <p>排土工 掘削状況(平成26年6月18日)</p>
H26 5				
H26 6				
H26 7				
H26 8				

■栗平地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H25 7			
H25 8			
H25 9	【暗渠排水工下流の侵食・復旧】		
H25 10	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路および暗渠排水管出口の合流部付近より下流が侵食されたため、石積みネットを設置して侵食防止を図るとともに、暗渠排水管を延伸して表面排水路を設置した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・延伸部分は、暗渠排水管と開水路(土羽)の二重構造とした。 	
H25 11			
H25 12			
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4			
H26 5			
H26 6			
H26 7			
H26 8			

■ 栗平地区

工事		降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H26	9	【H26台風11号】	<ul style="list-style-type: none"> ・越流 ・河道閉塞部の一部侵食 ・進入路被災(河床路) 	<ul style="list-style-type: none"> ・仮排水路の再整備が必要 ・進入路の再整備が必要となる。
H26	10			
H26	11			
H26	12			





■ 栗平地区

対策に至った考え方		工法の特徴	教訓・課題等
H26	9	<p>【仮排水路・暗渠排水工の破損・復旧】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・台風11号による越流水によって、仮排水路のほぼ最上流端から大規模な侵食が発生し、仮排水路の大部分と暗渠排水工が流失した。 ・残存する仮排水路の最上流部の再侵食を防止するために護床ブロックと石積みネットを設置した。 ・当該区間には暗渠排水管を設置した。 	
H26	10		
H26	11		
H26	12		

3.4 北股地区

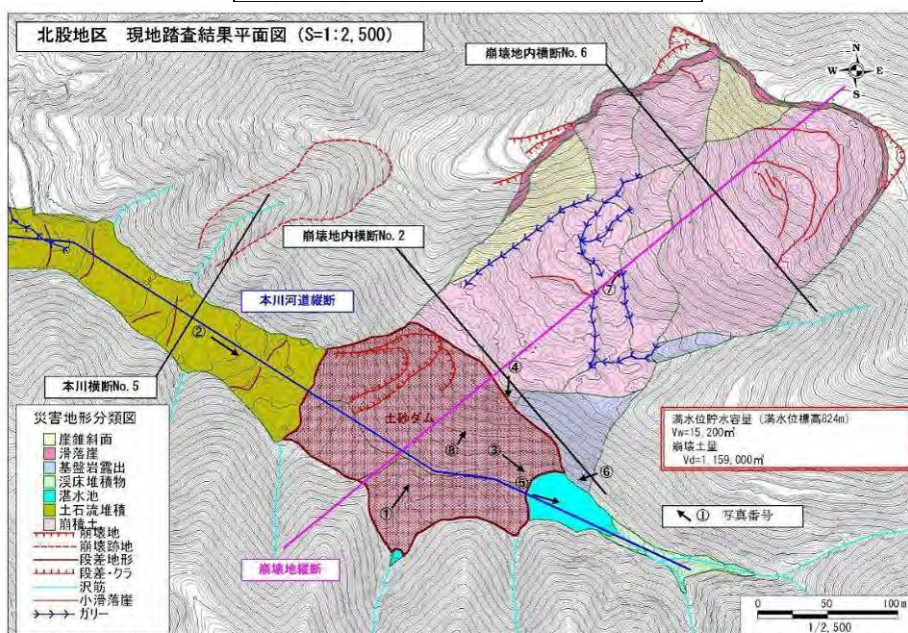
■土砂移動実態

北股地区の崩壊地は、平成23年(2011年)台風12号に伴う豪雨により、北股川(川原樋川左支)左支溪の右岸(流域面積約0.32km²)において河道閉塞が形成された。北股地区の河道閉塞の規模は、閉塞高約28m、縦断長約170m、横断長約130m、天端長約116m、最急下流面勾配30°(1:1.7)、上流面勾配16.9°(1:3.3)である。

北股地区では、流木および崩壊土砂の一部が北股川合流点まで流出し、北股川を閉塞したが、北股側の氾濫による浸水被害は発生していない。河道閉塞部は渓流水によって湛水したが、現在は湛水池が埋め戻されている。北股川合流点には北股集落があり、崩壊が発生した支溪は土石流危険渓流に指定されていた。

北股地区では、緊急対策として仮排水路工を整備したが、平成24年(2012年)台風4・5号時に崩壊地から土砂が流出し、暗渠排水管呑口部が閉塞し、流水が開水路を流下して河道閉塞の下流面の仮排水路全体を侵食し、河道閉塞部下流面の暗渠排水管が破損した。

【流域の諸元】	
流域面積：	(北股川合流点上流) 0.57km ² (河道閉塞の上流) 0.32km ²
河道閉塞形成地点元河床勾配：	10° (1/5.6)
【崩壊地の諸元】	
斜面方位：	南西 斜面勾配：31°
崩壊発生位置：	斜面上部の稜線
崩壊規模：	幅200m、長さ350m、高さ190m
崩壊土砂量：	1,185,000m ³
基盤地質：	四万十帯日高川層群湯川層(Yk3) Yk3：砂岩頁岩互層および塊状砂岩
湧水：	未確認
【河道閉塞の諸元】	
規模：	高さ28m、幅130m、 満水時湛水量15,000m ³
形状：	最急下流面勾配30°(1:1.7) 上流面勾配16.9°(1:3.3)
湛水：	河道閉塞形成直後は湛水、 現在は湛水地埋戻し済



北股地区 土砂移動状況 (2011/9/27 時点)



北股地区 発災直後の状況

■北股地区の天然ダム対策の概要

①進入路整備

当初、対策箇所までの進入路がなかったため、被災住宅を解体して道路を敷設し、仮設栈橋を設置して工事用道路を整備した。

溪流内には、倒木が非常に多かったことから、倒木の伐採集積に時間がかかり、工事用道路の完成まで1ヶ月程度かかった。

②ポンプ排水

湛水池が小規模なため、降雨時の水位上昇・越流タイミングが早いことから、施工時の安全対策を目的に実施した。

北股地区では、平常時の流入量以上のポンプ排水能力を確保できたため、湛水位を下げる事が出来た。

北股地区では、降雨時には支溪からの流水が多いため、コルゲート管による排水を併用することが必要であった。

③湛水池埋め戻し

河道閉塞部の越流侵食・決壊の危険性を低減させることを目的として実施した。

北股地区では、湛水池が小さく、河道閉塞部の掘削土砂による埋め戻しが可能であると判断されたため、湛水池の埋め戻しを実施した。埋め戻しはポンプ排水で湛水池から水を抜き、上流からの流水が湛水池に流入しないように転流した上で実施した。埋め戻し箇所は沼地のような状態になったことから、トラフィカビリティに着目し、翌日以降工事車両が通行可能な程度となるよう、セメントで改良しながら工事を進めた。

④仮排水路工

河道閉塞部の侵食破壊や浸透破壊を防止するために仮排水路工を整備した。仮排水路工は、崩壊土砂による排水路の閉塞を防止するために、開水路と暗渠排水管の二重構造とした。

河道閉塞部天端に暗渠排水管を設置した後に、砂防ソイルセメントを用いて開水路を設置した。下流法面も同様に暗渠排水管を設置し、暗渠排水管出口には、洗掘・侵食防止のためにブロックと大型土のうを敷設した。

平成24年台風4・5号時には、崩壊地から流出した土砂によって暗渠排水管呑口部が閉塞し、流水が開水路を流下して河道閉塞部下流面を侵食し、暗渠排水管が破損した。

⑤防護土堤・堆積工

崩壊土砂による排水路の閉塞と工事の安全確保を目的に設置した。

堆積工での土砂捕捉効果とともに、常時の細粒土砂や流水の排水・導流効果を発揮している。

⑥砂防堰堤工

河道閉塞部の脚部固定，侵食防止，河道堆積土砂の二次移動防止等を目的に設置した。
ボーリング調査の結果，現河床から岩盤まで 14.5m 程度であり，土石流堆積物の N 値が 5
～20 程度であったことから，堤体の安定を確保するために基礎処理が必要であった。












⑦頭部排土工

崩壊地頭部には多数のクラックが確認されており，拡大崩壊が懸念されていたことから，
頭部排土工を実施した。

作業は無人化施工を採用し実施した。

北股地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。






■北股地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23 9			<p>【H23台風12号】・河道閉塞形成</p> <p>【H23台風15号】</p>	<p>① 進入路設置状況</p>  <p>① 湛水池埋戻し作業状況</p>  <p>① 仮排水路設置状況</p>  <p>② 倒木材搬出状況</p> 
H23 10	<p>【進入路整備】</p> <p>【倒木の伐採集積】</p>			
H23 11	<p>【ポンプ排水】</p> <p>【湛水池埋戻し】</p>			
H23 12	<p>【仮排水路掘削】</p> <p>【仮排水路設置】</p> <p>【仮設堤設置】</p>			
H24 1	<p>【仮排水路設置】※完了</p> <p>【仮設堤設置】※完了</p> <p>【防護土堤・堆積工設置】</p>			
H24 2				<p>① 仮設堤設置</p> 
H24 3	<p>【頭部排土工】</p>			<p>① 頭部排土工</p> 
H24 4				<p>法面整形工 無人化施工 掘削状況</p> 

■北股地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H23 9	<p>【進入路整備】</p> <ul style="list-style-type: none"> 緊急対策を実施するため、河道閉塞部から崩壊地頭部までの工事用道路を敷設した。 倒木が非常に多かったことから、倒木の伐採集積に手間を要した。 	<ul style="list-style-type: none"> 当初は渓流内に入るアクセス路がなかったため、被災住宅を解体して道路を敷設し、仮設橋を架設して渓流内にアクセスした。 河道閉塞部に堆積した倒木は、グラブ等で引き抜いた後、プロセッサで4mの長さで玉切りにして搬出した。 	<ul style="list-style-type: none"> 倒木の伐採集積を現場状況を把握している地元森林組合に委託したため、早急に完了できた。 冬季は倒木も凍ってしまうため、チェーンソーでの伐採はできない。
H23 10	<p>【ポンプ排水】</p> <ul style="list-style-type: none"> 湛水地が小規模なために降雨時の水位上昇・越流タイミングが早いことから、施工時の安全対策として設置した。これに各支溪からの流水処理も実施した。 	<ul style="list-style-type: none"> 玉切りした倒木のうち、礫の混在が少ないものはチップ化した。チップ化が難しい倒木は、搬出先がないことから、崩壊地内に仮置きした。 	<ul style="list-style-type: none"> チェーンソーは、倒木の中に挟まった石により、3本程度切ると目立てが必要となる。
H23 11	<p>【湛水池埋戻し】</p> <ul style="list-style-type: none"> 湛水地が小さく、河道閉塞部の掘削土砂での埋戻しが可能であると判断されたため、越流侵食・決壊の危険性を低減させる湛水地の埋戻しを実施した。 	<ul style="list-style-type: none"> 非出水期から埋戻し作業に着手した。 埋戻し部天端にも開水路を設置した。 	<ul style="list-style-type: none"> 元々北股地区は水が多く、降雨時には支溪からの流水が多いため、コルゲート管による排水が必要であった。
H23 12	<p>【仮排水路掘削】</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊土砂による排水路の閉塞を防止するために開水路と暗渠の二重構造とした。 2年超過確率流量に土砂混入率0.2を考慮した流量を流すことができる断面を有する暗渠（コルゲート管）の設置のために掘削を開始した。 	<ul style="list-style-type: none"> 仮排水路法線は、崩壊脚部を掘削しないように左岸側に配置した。 下流法面部の勾配は、施工土量の最小化を図るため土塊の下流側勾配とほぼ同程度とした。 	
H24 1	<p>【仮排水路設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 河道閉塞部天端に暗渠（プレスト管）を設置した後に砂防ソイルセメントを用いて開水路を設置した。 下流法面も同様に暗渠（プレスト管）を設置し、下流法面の暗渠出口には洗掘・侵食防止のためにブロックと大型土嚢を敷設した。 	<ul style="list-style-type: none"> 開水路部は砂防ソイルセメントで補強した。 基幹堰堤を早期に施工する計画であったため、堆砂地内となる区間は水路の表面対策を実施していない。 暗渠排水管呑口部には、土嚢壁とスクリーンを設置し、閉塞防止を図った。 	<ul style="list-style-type: none"> 暗渠は当初設計ではコルゲート管であったが、納入期間の短縮、施工期間の低減を図るためプレスト管に変更し、4条を3条に変更した。
H24 1	<p>【防護土堤・堆積工設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊土砂による排水路の閉塞とともに、工事の安全確保のために、崩壊地脚部に防護土堤を設置した。 防護土堤とともに、崩壊地内の流出土砂を捕捉するための堆積工と暗渠排水管を設置し、河道閉塞上流部に導流した。 	<ul style="list-style-type: none"> 防護土堤は施工性を考慮して組み立て式の大土嚢を採用した。 流水は土堤の下流側越流部から河道へ導流している。 	<ul style="list-style-type: none"> 堆積工での土砂捕捉効果とともに、常時の細粒土砂や流水の排水・導流効果は高い。
H24 1	<p>【仮設堤設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> 谷出口近傍に保全対象が密集していることから、土砂流出による土砂洪水氾濫を抑制するため、谷出口に仮設堤を設置した。 仮設堤下流には開水路を設置した。 	<ul style="list-style-type: none"> 基幹堰堤の施工期間中（2年を想定）に流出する土砂量を捕捉できる堤高を設定した。 越流部は排水性を持たせるためカゴ枠工とし、非越流部は大型土嚢とした。 	<ul style="list-style-type: none"> 北股川への土砂流入を抑制した。 土砂の流出が頻繁であり、降雨出水時には除石が必要となった。
H24 2			
H24 3	<p>【頭部排土工】</p> <ul style="list-style-type: none"> 崩壊地頭部には多数のクラックが確認され、拡大崩壊が懸念されていたことから、近接する保全対象への土砂流出の影響が想定されたことから、頭部排土工を実施した。 	<ul style="list-style-type: none"> クラックが多数あり、崩壊の危険性を有する箇所での作業となったことから、無人化施工を採用した。 操作室は旧北股小学校とし、光ファイバーを敷設して長距離での送受信の安定化を図った。 施工エリアまでの機械の移動は、崩壊地内の工事用道路を自走した。 	<ul style="list-style-type: none"> 無人化施工にあたり、光ファイバーによる時間ロスがほとんどなかった。 無人化施工のオペレータは重機操作の経験を有する人材でない危険な操作に気づくことができない。 樹木は根の張り方が1本1本違うので、樹木の伐根に無人化施工は適用できない。（バックホウに掛ける力それぞれ異なる。）
H24 4			



■北股地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況		
H24 5						
H24 6	【大型土のう設置】 【防護土堤再整備】	【H24台風4・5号】 ・崩壊地から土砂流出 ・越流により仮排水路破損		・防護土堤の再整備が必要 ・仮排水路の再整備が必要 		
H24 7						
H24 8						
H24 9	【工事用道路施工(堰堤工)】	【H24台風16・17号】				
H24 10						
H24 11			 <p>天板工 袖部掘削状況</p>			
H24 12	【袖部矢板打設(堰堤工)】					
H25 1						
H25 2				【防護土堤・堆積工の補強】 ・防護土堤の補強を実施するとともに、堆積工から河道への細粒土砂と流水を導流。		
H25 3						

■北股地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等		
H24 5					
H24 6	地直下の天端部のみに設置し、二重構造とし、河道閉塞の下土壌による開水路形式に変更し	・暗渠は排水機能を発揮したものの、河道閉塞下流面では暗渠の周辺が侵食されたために破損したことから、侵食防止対策が必要である(埋設等)。 ・暗渠部は排水機能を維持した。 ・崩壊地からの土砂流入時も暗渠排水管は排水機能を維持した。 ・暗渠は河道閉塞の天端のみ	【仮排水路の破損・復旧】 ・崩壊地から流出した土砂によって暗渠呑口部が閉塞し、流水が開水路を流下して河道閉塞の下流面の仮排水路全体を侵食し、暗渠が破損。 ・仮排水路の機能を復旧させるため、仮排水路内に流入した土砂を除去した。 ・暗渠を埋設していなかった部分(侵食区間)を大型土嚢による開水路として再整備し		
H24 7					
H24 8					
H24 9					
H24 10					
H24 11					
H24 12					
H25 1					
H25 2	常時の高い。	・防護土堤の補強(組み立て式大型土嚢)を実施。 ・堆積工内に排水用の縦坑(集水井)を設置し、縦坑からの暗渠とともに土堤の下流側越流部から流水を河道へ導流している。	・堆積工での土砂捕捉効果とともに、細粒土砂や流水の排水・導流効果は		
H25 3					







■北股地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H25 4				
H25 5				
H25 6	【本堤矢板打設(堰堤工)】			
H25 7				
H25 8	【堰堤本體工(堰堤工)】			 <p>INSEM材搬入状況</p> 
H25 9		【H25台風18号】	・崩壊地から土砂流出	
			 	
H25 10				

■北股地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H25 4			
H25 5			
H25 6			
H25 7			
H25 8	<p>【最下流堰堤工】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ボーリング調査の結果、現河床から岩盤まで14.5m程度あり、土石流堆積物のN値が5～20程度であったことから、堤体の安定を確保するためには基礎処理が必要であった。 ・掘削土砂が大量に発生しており、現地発生材が活用できる工法を選定した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・基幹堰堤は、DW堰堤+二重網矢板工法を採用した。 ・二重網矢板DWは、沈下に追従できるスライド式を採用しており、この矢板を基礎地盤まで矢板を打ち込む。 ・通常の堰堤施工と比較して掘削を少なくすることができ、施工時の安全性が向上する。 	
H25 9	<p>【仮排水路の設置】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・河道閉塞～最下流堰堤における侵食を抑制するために、仮排水路を延伸した。 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型土嚢により開水路を設置した。 	
H25 10	<p>【堆積工下部のガリー侵食・仮排水路埋没・復旧】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・堆積工の下部で表面流によるガリー侵食が発生したことによって崩壊地から土砂が流出し、暗渠呑口部が閉塞し、流水が開水路を流下。 ・仮排水路の機能を復旧させるため、仮排水路内に流入した土砂を除去した。 		

■北股地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況	
H25 11	↓ 【完了】			     	
H25 12					
H26 1					
H26 2					
H26 3					
H26 4					
H26 5					
H26 6	↓ 【法面補強工】			<p>補強土壁施工状況</p>	
H26 7					
H26 8					
H26 9					← 【H26台風11号】
H26 10					
H26 11					
H26 12	↓				

■北股地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H25 11			
H25 12			
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4	<p>【仮排水路の設置】</p> <p>・河道閉塞～最下流堰堤における侵食を抑制するために、仮排水路を延伸した。</p>	<p>・大型土囊により開水路を設置した。</p>	
H26 5			
H26 6			
H26 7			
H26 8			
H26 9	<p>【防護土堤・堆積工補強】</p> <p>・防護土堤の補強を実施するとともに、堆積工から河道への細粒土砂と流水を導流。</p>	<p>・大型土囊を用いた堰堤工(谷止工)を設置し、ガリー侵食を防止するとともに、細粒土砂や流水を河道に導流した。</p>	
H26 10			
H26 11			
H26 12			

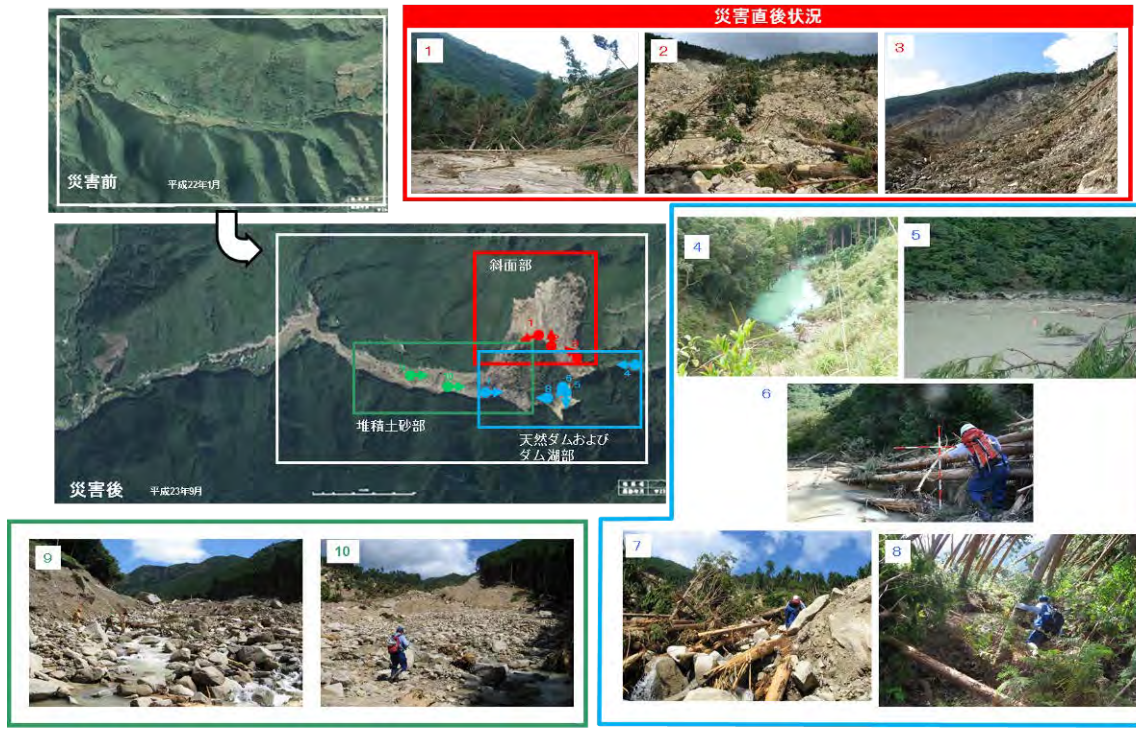
3.5 熊野地区

■土砂移動実態

熊野地区の崩壊地は、平成 23 年（2011 年）台風 12 号に伴う豪雨により、日置川の左支川熊野（いや）川右岸（流域面積約 1.2km²）において河道閉塞が形成された。熊野地区の河道閉塞の規模は、閉塞高約 25m、縦断長約 600m、横断長約 350m、天端長約 200m、最急下流面勾配 12°（1:4.7）、上流面勾配 3.8°（1:15.0）である。



熊野地区 土砂移動状況 (2011/9/7 時点)



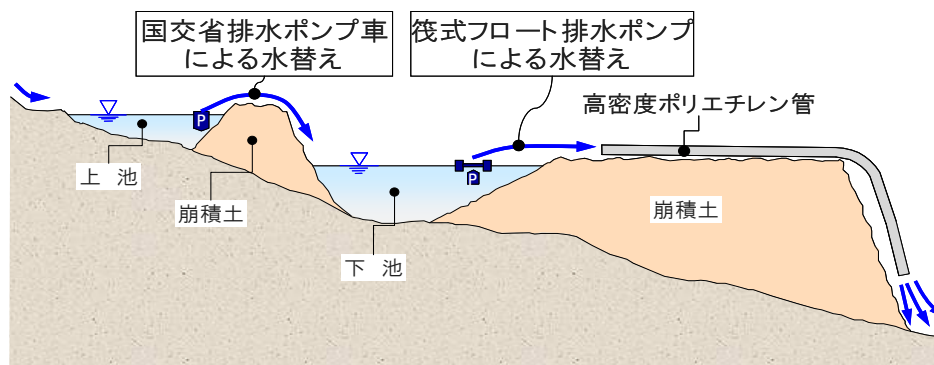
熊野地区 発災直後の状況

■熊野地区の天然ダム対策の概要

①ポンプ排水

2つの湛水池が形成されており、それぞれの湛水池が小規模で降雨時の水位上昇が著しいことから、施工時の安全管理として実施した。

上流側からの道路が使用できたため、湛水池にポンプ車や資機材の搬入を行うことができた。



上池及び下池のポンプ排水（熊野地区）



排水ポンプ車によるポンプ排水（熊野地区）

②湛水池埋め戻し

越流決壊の危険性を低減させることを目的として実施した。

湛水池の埋め戻しにより、河道閉塞の大規模な侵食決壊の危険を回避することができた。

③排水路工

100年超過確率流量を流下させることを目的として実施した。

崩壊土砂上における施工であるために構造体の沈下に追従できるようにすることや、現地に多量の土砂が存在することから、河道閉塞部天端はかごマットによる水路工、下流法面は、鋼製枠堰堤／流路工（続枠）構造とした。




排水路工は施工直後から沈下し、堰堤および側壁の周縁部の侵食が発生していた。また、

落下越流水（水深 30cm 程度）により，鋼製枠堰堤の直下（水叩工）で洗掘が発生し，中詰め土砂が流出するとともに，鋼製部材が破損した。

平成 26 年台風 11 号時には，排水路工が復旧のため，再通水していた仮排水路工が侵食・破壊され，洪水とそれにふくまれた砂礫等により鋼製枠堰堤の左岸袖部まで侵食が拡大し，続枠内の中詰め土砂が流出し，袖部（鋼製部）が破損した。

熊野地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。

熊野地区

工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H24 11			
H24 12			
H25 1			【地盤改良工(堰堤工)】
H25 2			 <p>1月19日撮影 堰堤工の掘削完了 堰堤工の掘削完了 堰堤工の掘削完了 堰堤工の掘削完了</p>
H25 3			
H25 4			 <p>4月5日撮影 第2号防砂堰堤下部工(流砂防止工)</p>
H25 5			
H25 6			
H25 7			 <p>6月30日撮影 第2号防砂堰堤工(矢板工)施工完了全景</p>
H25 8			
H25 9			
H25 10			
H25 11			
H25 12			



【H25台風18号】・排水路の破損



・連続からの隙の流出



熊野地区

対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H24 11		
H24 12		
H25 1		
H25 2		
H25 3		
H25 4		
H25 5		
H25 6		
H25 7		
H25 8		
H25 9		
H25 10		
H25 11		
H25 12		

堰堤は、DW堰堤+二重鋼矢板工法を
た。
鋼矢板DWは、沈下に追従できるスラ
を採用しており、この矢板を基礎地盤
板を打ち込む

【堰堤工】
・ボーリング調査の結果、現河床から岩盤ま
での深度が大きく、巨礫を多く含む土石流堆
積物のN値が5~20程度であったことから、
堤体の安定を確保するためには基礎処理が
必要であった

・基幹
採用し
・二重
イド式
まで全

・掘削土砂が大量に発生しており、現地発生
材が活用できる工法を選定した。

・通常の堰堤施工と比較して掘削を少なくす
ることができ、施工時の安全性が向上する。

・排水路が完成したことから、仮排水路から
排水路へ通水を切り替えた。

【排水路への通水開始・仮排水路通水停
止】






n程度)により、鋼製
水叩工)で洗掘が生
ずるとともに、鋼製部

・三面張構造のために河道閉塞内部への浸
透が生じ、構造物内部での侵食が発生して
いる可能性がある。さらに構造体の沈下も
助長している可能性がある。
・鋼製堰堤の下流側・水叩工等の流水範
囲では、河道閉塞内部への流水の浸透防
止、流水による洗掘・侵食による中詰め土砂
の流出を防止するためにコンクリート等に
よって被覆する必要がある。

【排水路の破損】
・落下越流水(水深30cm
程度)堰堤複数箇所の直下(こ
じ、中詰め土砂が流失)
材が破損。

【排水路の復旧】
・破損部分の中詰め土砂および部材を撤去
し、水叩工に石積みネットを設置し、応急的
に洗掘を防止。

■熊野地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H26 1	【取付流路工(水路工)】			4月4日撮影 写真2 
H26 2				
H26 3				
H26 4				
H26 5		【堰堤本體工(堰堤工)】		
H26 6				
H26 7				
H26 8				
H26 9	【H26台風11号】		・仮排水路の侵食、 排水路落差工左岸袖部の破損	8月7日撮影 写真1 
H26 10				
H26 11				
H26 12				

■熊野地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4	【排水路の復旧】	・流路工底面部の中詰め土砂および部材を全て撤去し、布製型枠でセメントミルクを重点した後、コンクリートを打設して被覆。 ・側壁は計画流量の水深に余裕高を考慮した高さにコンクリートを被覆。	
H26 5	・排水路の復旧補修工事を実施するために、再度、仮排水路へ通水。 ・鋼製枠堰堤の下流面・水叩工等の流水範囲では、河道閉塞内部への流水の浸透防止、流水による洗掘・侵食による中詰め土砂の流出を防止するためにコンクリートによって被覆。		
H26 6			
H26 7			
H26 8			
H26 9	【仮排水路の破損・復旧】	・連続して堰堤(落差工)を配置する場合、一定間隔で各堰堤工の袖は、侵食防止による破損を防止するために、地山まで嵌入させる必要がある。 ・排水路完成後は、簡易的な保護対策となっている仮排水路に流水が流入しない対策が必要である。	
H26 10	・仮排水路へ再通水していたために、流水によって水路が侵食・破壊された。 ・流水とそれに含まれた砂礫等によってモルタル吹付部が破壊され、さらに侵食範囲が鋼製枠堰堤の左岸袖部まで拡大して、統枠内の中詰め土砂が流出し、袖部(鋼製部)が破損した。 ・仮排水路は掘削・整地した後、砂防ソイルセメントによって被覆。		
H26 11			
H26 12			

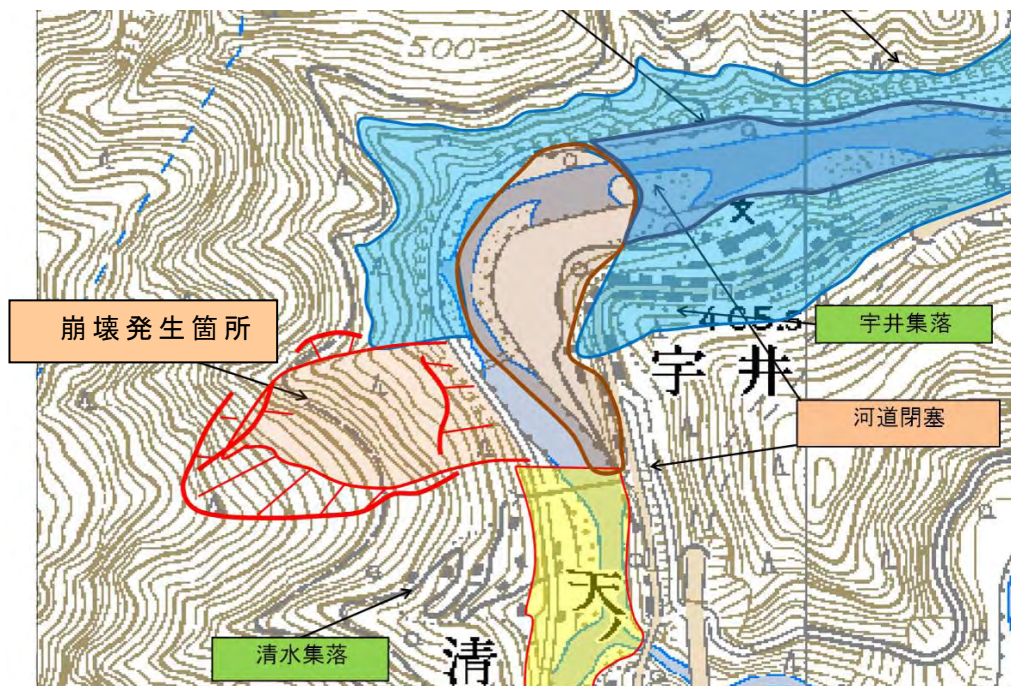
3.6 清水 [宇井] 地区

■土砂移動実態

清水 [宇井] 地区の崩壊地は、平成 23 年 (2011 年) 台風 12 号に伴う豪雨により、熊野川本川右岸 (流域面積約 218.6km²) において発生した。清水 [宇井] 地区では、崩壊土砂によって一時的に河道を閉塞したものの、短時間で決壊しており、現在河道閉塞部は存在しない。

崩壊土砂は河床から比高 40m の対岸斜面まで到達しており、住宅が被災し、人的被害が発生している。この崩壊土砂による風圧で周辺の建物や構造物が損壊している。

崩壊土砂によって一旦生じた河道閉塞により上流は猿谷ダムの下流付近まで湛水し、河道沿いの人家が床上浸水している。



清水 [宇井] 地区 土砂移動状況



崩壊地の状況 (2011/11/11)



清水[宇井]地区 発災直後の状況

■清水〔宇井〕地区の天然ダム対策の概要

①掘削工・護岸工

河道部における洪水流の安全流下と溪岸侵食の防止を目的に整備した。








平成 25 年台風 18 号時には護岸工が流出し被災した。水衝部では、大型土のうは破損や流出により十分な機能を発揮できなかった。

②斜面上部対策工

崩壊土砂を安定形状に整形することで、安定化を図ることを目的に整備した。

清水〔宇井〕地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。







■宇井地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23 9	<p>河床部掘削による河積確保実施(国交省工事記録に記載なし、詳細不明)</p>	<p>【H23台風12号】 -河道閉塞形成-</p> 	<p>【斜面上部対策工】 作業道、法面整正</p>  <p>法面整正</p>  <p>上部法面工</p>  <p>伐木集積・防護土堤設置(上部斜面の下部)</p> 	
H23 10				
H23 11				
H23 12				
H24 1				
H24 2				<p>【護岸工】</p> <p>作業道 護岸工 仮設防護柵</p>
H24 3				<p>【斜面上部対策工】</p> <p>作業道 作業道法面整形・養生 法面掘削・排土工 法面工 防護土堤設置</p>
H24 4				
H24 5				
H24 6				<p>護岸工</p> <p>斜面上部対策工</p>
H24 7				
H24 8			<p>【護岸工】</p> 	
H24 9		<p>【H24台風16・17号】</p>		
H24 10				

■宇井地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H23 9			
H23 10			
H23 11			
H23 12			
H24 1			
H24 2			
H24 3			
H24 4			
H24 5			
H24 6	<p>【護岸工の設置】 河道部における河岸侵食の防止を図るために、護岸工を整備する。</p>		<p>・洪水時に土石や流木が流下した場合、大型土嚢では十分な機能を発揮できない場合がある</p>
H24 7	<p>【斜面上部対策工】 ・崩壊土砂を安定な形状に整形することで安定化を図る。</p>	<p>護岸工 大型土嚢を護岸部に、繊維系強化カゴを護岸および護床に用いた。</p>	
H24 8			
H24 9			
H24 10			






■宇井地区

		工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況					
H24	11	護岸工 斜面上部対策工 ↓ 完了			護岸工  大型土のう 護床系強化力コ					
H24	12						上部斜面工完成 			
H25	1								護岸工完成 	
H25	2									
H25	3									
H25	4									
H25	5									
H25	6									
H25	7									
H25	8									
H25	9									
H25	10								【H25台風18号】 護岸工被災 被災直後(9月17日撮影) 	大型土嚢による応急復旧 
H25	11	【護岸復旧】 仮護岸 鋼矢板護岸 護床・護岸ブロック							鋼矢板、護床ブロック設置 	
H25	12									

■宇井地区

		対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等						
H24	11									
H24	12									
H25	1									
H25	2									
H25	3	【掘削工・護岸工】 ・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。	護岸工 鋼製力コ枠工を施工。 護床工 2t型ブロックを400個設置。							
H25	4									
H25	5									
H25	6									
H25	7									
H25	8									
H25	9					【緊急護岸復旧】 護岸被災部に護岸を兼ねた進入路を土砂で設置し大型土嚢を積む応急復旧を実施。その後、鋼矢板護岸を打設。	・洪水時に土石や流木が流下した場合、大型土嚢では十分な機能を発揮できない場合がある			
H25	10									
H25	11									
H25	12									

■宇井地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H26 1				仮設護岸復旧完了
H26 2				
H26 3	完了			
H26 4	最上部斜面对策			最上部斜面对策工 位置
H26 5	落石対策 湧水対策 ラス張、高強度ネット張工			
H26 6				高強度ネット張、落石対策工
H26 7				
H26 8				最上部斜面对策 完了
H26 9		【H26台風11号】		
H26 10	完了			
H26 11	上部斜面对策			上部斜面对策工 位置
H26 12	鉄筋挿入 高強度ネット張工			

■宇井地区

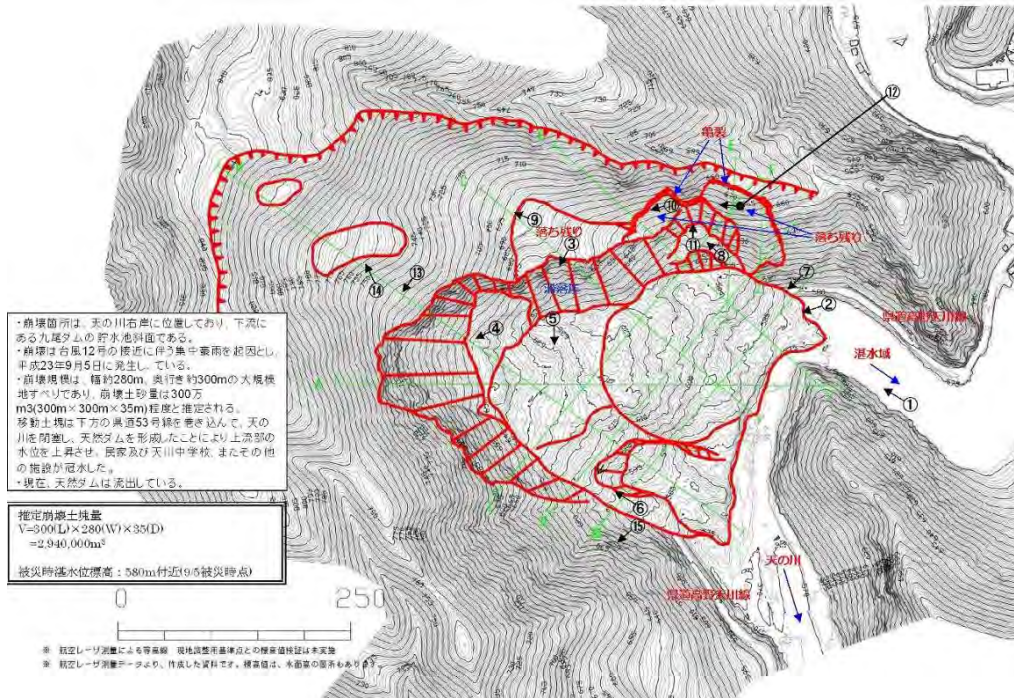
	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4			
H26 5	【斜面上部対策工】 ・斜面上部の安定化を図るために、斜面を整形した後、斜面抑止工（崩壊対策：鉄筋挿入工+法枠工等）を整備する。		
H26 6			
H26 7			
H26 8			
H26 9			
H26 10			
H26 11			
H26 12			

3.7 坪内地区

■土砂移動実態

坪内地区の崩壊地は、平成23年（2011年）台風12号に伴う豪雨により、熊野川本川右岸（流域面積約120.4km²）において発生した。坪内地区では、崩壊土砂によって一時的に河道を閉塞したものの、短時間で結果しており、現在河道閉塞は存在しない。

崩壊土砂によって一旦生じた河道閉塞により、上流の坪内地区から南日裏地区にかけて湛水により集落一帯が水没した。その後、水位は徐々に低下し、河道閉塞は解消された。



坪内地区 土砂移動状況（2011/9/12 時点）



崩壊地の状況（2011/11/1）



坪内地区 発災直後の状況

■坪内地区の天然ダム対策の概要

①護岸工

河道部における洪水流の安全流下と溪岸侵食の防止を目的に実施した。

護岸工は基礎部にかごマット、上部は大型土のうとした。

整備後護岸工のかごマット部の基礎部が沈降して変形し、護岸高を維持できなくなった。
また、出水時に基礎部のかごマット部の天端を流水が乗り越え、大型土のうが流失した。

②対岸切土工

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実施した。

計画対象流量や河道線形の決定の前に崩壊発生前に河道沿いを通っていた主要地方道の道路線形が決定してしまったため、道路線形を初期条件として河道法線、流下断面を設定することとなった。このため、対岸の掘削工が生じることとなった。

坪内地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。








■坪内地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23 9	河床部掘削による河積確保実施(国交省工事記録に記載なし、詳細不明)	【H23台風12号】	・河道閉塞形成	
H23 10	仮設 表面排水路工 設置済 (図面及び写真で、ブルーシートが表面に敷かれた水路工が確認可能。工事記録等なし、詳細不明)			
H23 11	【護岸工】 【仮設防護柵】			
H23 12				
H24 1				
H24 2	護岸工			
H24 3	仮設防護柵			
H24 4				
H24 5	完了			仮設防護柵 完了
H24 6	【護岸工】	【H24台風4・5号】	護岸工被災	
H24 7				土堰堤 完了
H24 8				
H24 9	完了	【H24台風16・17号】		
H24 10	完了			

■坪内地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H23 9			
H23 10			
H23 11	護岸工 ・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。	護岸工は基礎部にかごマットを設置するほか、上部は大型土嚢により設置する。	
H23 12	仮設防護柵 道路の安全通行を図るため、斜面整形の上、防護柵を設置する。	仮設防護柵はH鋼と矢板により設置する。	
H24 1			
H24 2			
H24 3			
H24 4			
H24 5			
H24 6		護岸工は基礎部にかごマットを設置するほか、鋼矢板を設置する。また、上部は大型土嚢により設置する。	護岸工のかごマット部の基礎部が沈降して下方に変状し、護岸工高を維持出来なくなった。基礎部のかごマット部の天端を流水が乗り越え、土嚢が崩壊した。河道掘削および護岸工によって河積が確保され、流水を安全に流下させることができた。護岸工設置により、崩壊地脚部の浸食が防止された。
H24 7			
H24 8			
H24 9			
H24 10			





■坪内地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H24 11	対岸切土工 完了			護岸工復旧状況 
H24 12	対岸切土工			護岸工復旧完了 
H25 1				対岸切土工完了 
H25 2				
H25 3	完了			
H25 4	砂防土工 掘削、残土処理工 工事中			掘削工 
H25 5	完了			砂防土工完了(左岸湾曲部) 
H25 6				砂防土工(右岸斜面下部) 
H25 7				砂防土工(右岸斜面下部)ほぼ完了 
H25 8				
H25 9		【H25台風18号】		
H25 10				
H25 11	【砂防土工】 掘削、残土処理 土壌堤工 【工事中】			
H25 12	完了			

■坪内地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H24 11			
H24 12			
H25 1			
H25 2			
H25 3	対岸切土工 ・河道部における洪水流の安全流下と河岸侵食の防止を図るために、河道掘削を行う。		
H25 4			
H25 5	砂防土工 崩壊土砂(右岸斜面下部)を安定な形状に整形する。		
H25 6			
H25 7			
H25 8			
H25 9			
H25 10			
H25 11			
H25 12			

■坪内地区

	工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H26 1				砂防土工、工事用道路
H26 2				
H26 3				土堰堤工
H26 4	完了 【砂防土工】 掘削、残土処理 土堰堤工 【工事用道路工】			
H26 5				左岸掘削工完了
H26 6				
H26 7	【砂防土工】 掘削、残土処理 【法面工】 法枠、モルタル吹付			
H26 8				
H26 9		【H26台風11号】		
H26 10	完了			
H26 11				
H26 12				

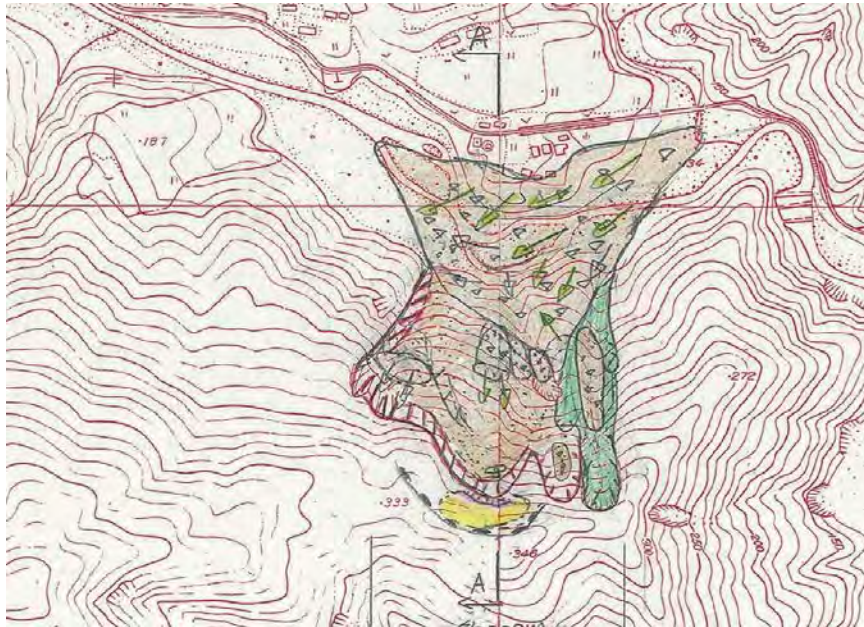
■坪内地区

	対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4	対岸切土工 ・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、河道掘削を行う。		
H26 5			
H26 6			
H26 7			
H26 8			
H26 9	斜面最上部のり面 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。		
H26 10			
H26 11			
H26 12			

3.8 三越地区

■土砂移動実態

三越地区の崩壊地は、平成 23 年（2011 年）台風 12 号に伴う豪雨により、熊野川右支川三越川右岸（流域面積約 23.6km²）において発生した。三越地区では、崩壊土砂によって河道閉塞が形成された。河道閉塞は 3 時間ほどで決壊したと考えられているが、決壊によって、左岸側にあった集落を貫く形で現河道となる流路が形成された。



三越地区 土砂移動状況



崩壊地の状況（2011/11/1）



三越地区 発災直後の状況

■三越地区の天然ダム対策の概要

①仮堤防工・仮設護岸工

河道部における洪水流の安全流下と護岸の侵食の防止を目的に実施した。

仮堤防工は当初大型土のうを利用していたが、平成利用していたが、平成 24 年台風 4・5 号時に被災し、その後、根固めマット護岸を基礎部に設置した。

②掘削工・護岸工

河道部における洪水流の安全流下と護岸侵食の防止を目的に整備した。

三越地区において実施した天然ダム対策の時系列的な整理結果を次頁より示す。

■三越地区

		工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H23	9		【H23台風12号】	・河道閉塞形成	
H23	10				
H23	11				
H23	12				
H24	1				コルゲート設置 
H24	2	【工事用道路補修】 【渡河部コルゲート設置】 【大型土留工設置】			大型土囊設置 
H24	3				仮堤防工(耐給性大型土囊) 
H24	4				水溜池埋戻 
H24	5				
H24	6	【仮堤防工設置】 土工(埋め戻し) 大型土囊護岸 根固マット護岸	【H24台風4・5号】	仮堤防の被災 6/27仮堤防被災	台風4号の被災により仮堤防の復旧が必要 
H24	7	【排土・盛土工】 排土工 盛土工			7月20日撮影 油圧シヤベル 
H24	8				大型土のり 袋詰補填め材 
H24	9	仮堤防工		7/3 上部家屋崩	
H24	10	排土工・盛土工	【H24台風16・17号】	仮堤防の被災	台風17号の被災により仮堤防の復旧が必要

■三越地区

		対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H23	9			
H23	10			
H23	11			
H23	12			
H24	1			
H24	2			
H24	3			
H24	4			
H24	5			
H24	6	【護岸工の設置】 ・河道部における洪水流の安全流下と渓岸侵食の防止を図るために、渓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。	【仮堤防】 大型土囊を利用。 被災後に、根固めマット(袋状金網に栗石を詰めたもの)護岸を基礎部に設置。	・洪水時に土石や流木が流下した場合、大型土囊では十分な機能を発揮できない場合がある
H24	7	【排土・盛土工】 ・崩壊土砂を安定な形状に整形することで安定化を図る。		
H24	8			
H24	9			
H24	10			

■三越地区

		工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H24	11	仮堤防工 完了	10月5日撮影 油圧ショベル 谷川17号による被災箇所 根固めマット護岸	復旧後 油圧ショベル 大型土のう 根固めマット護岸	復旧後 油圧ショベル 大型土のう 根固めマット護岸
H24	12				
H25	1	完了	排土工・盛土工完了	排土工・盛土工完了	
H25	2				【掘削土工】 砂防土工(掘削) 【流路護岸工】 鋼製かご枠工 護床工
H25	3	【法面工】 ラス金網張り 植生基材吹付	護床ブロック設置	護床ブロック設置	
H25	4				完了
H25	5	完了	完了	完了	
H25	6				完了
H25	7	完了	完了	完了	
H25	8				完了
H25	9	完了	完了	完了	
H25	10				完了
H25	11	完了	完了	完了	
H25	12				完了

■三越地区

		対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H24	11			
H24	12			
H25	1			
H25	2			
H25	3	【掘削工・護岸工】 ・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。	護岸工 鋼製かご枠工を施工。 護床工 2t型ブロックを400個設置。	
H25	4			
H25	5			
H25	6			
H25	7			
H25	8			
H25	9			
H25	10	【法面工の設置】 崩壊土砂を安定な形状に整形するとともに斜面の安定化を図る。		
H25	11			
H25	12			

■三越地区

工事	降雨イベント	現場の状況	工事の状況
H26 1			
H26 2			
H26 3			
H26 4			
H26 5			
H26 6			
H26 7			
H26 8			
H26 9	【H26台風11号】 被災後(8/8)	被災後(8/8) 	掘削工 コンクリート堰堤工 垂直壁工 側壁・水叩工 護岸工
H26 10			
H26 11	被災後(8/22)	被災後(8/22) 	掘削工 ラス張り 鉄筋挿入
H26 12			

掘削工



堰堤工



法面工



■三越地区

対策に至った考え方	工法の特徴	教訓・課題等
H26 1		
H26 2		
H26 3	【堰堤工の設置】 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。	
H26 4		
H26 5	【法面工の設置】 崩壊土砂を安定な形状に整形するとともに斜面の安定化を図る。	
H26 6		
H26 7		
H26 8		
H26 9		
H26 10		
H26 11		
H26 12		