平成 30 年 7 月豪雨災害に係る
治山復旧計画方針検討会

治山復旧計画方針

令和元年 10 月

近畿中国森林管理局

第１　平成 30 年７月豪雨による被災状況及び復旧治山の留意点

1.被災状況

(1)気象経過及び被害の概要

気象庁によると、6 月 28 日以降、梅雨前線が日本付近に停滞し、前線や台風第７号の影響により、南からの暖かく非常に湿った空気が供給され大雨となりやすい状況が続いた。また、降雨は広島湾付近から北東方向に同じ場所に大量の水蒸気が流れ込むバックビルディング現象と線状降水帯を形成して豪雨となり、強雨域は次第に東方に帯状に移動して、西日本を中心に全国的に広い範囲で記録的な大雨となった[1)]。今回の豪雨は日本北部に高気圧が停滞し、その影響で梅雨前線が北上できず、長時間にわたり梅雨前線が日本に停滞することとなったことが影響している。なお、今回の豪雨には地球温暖化に伴う水蒸気量の増加の寄与もあったと考えられている[2)]

中国地方周辺の期間降水量を参考資料 図１に、広島県周辺の 48 時間降水量を参考資料図 2 に示す。広島県周辺では、累計で 400～600㎜の降水量となっている。気象庁アメダスの観測位置、観測結果を参考資料 図 3、4 に示す。本検討会対象地周辺の呉や東広島の観測値は累計で 515.5㎜、474㎜、最大時間雨量が 51.5㎜、52.5㎜となっている。今回の降雨イベントでは従来の災害時の降雨イベントと比較して、雨量のピークが 2 回あったことが大きな違いとされている[3)]。更に、解析雨量から求めたハイエトグラフによると（参考資料 図 5)、高屋（Ⅰ：東側,Ⅱ：西側)、八本松、黒瀬の各地域ではピーク雨量や総雨量に相違が認められている。これら３地域の解析による総雨量は最大の黒瀬（571㎜）と最小の高屋Ⅱ（468㎜）では約 100㎜もの差が認められる。また今回の降雨イベントと広島県における既往災害時(平成 26 年 8 月)の降雨イベントを比較すると、今回の降雨イベントの方はより降雨期間が長い特徴を有している[4)] (参考資料 図 6)。

これらのことから、長い降雨期間による記録的な総雨量により、風化帯での地下水の飽和や地表流の発生が多くの地域で生じたと考えられる。

この豪雨による広島県内での被害は、死者 115 人、行方不明者 5 人、重軽症者 146 人、全壊家屋 1,150 棟、半壊家屋 3,602 棟、床上浸水 3,158 棟、床下浸水 5,799 棟[5)]、インフラでは山陽自動車道・中国自動車道・広島呉道路・本四高速西瀬戸自動車道・広島高速道路・尾道松江線・東広島呉自動車道の各高速道路の通行規制、山陽線・呉線・芸備線・福塩線の鉄道の運休[6)]、82 河川（総頭川・黒瀬川など）で越水、12 河川（芦田川・笹野川など）で破堤[6)]、農林水産被害は、農業 49,156,097,000 円、林業 38,077,372,000 円、水産業 151,960,000 円[7)]にのぼる。広島県における崩壊地の分布状況を図 7、市町村毎の発生箇所数を参考資料 表１に示す。崩壊密度にはばらつきがあるものの、崩壊箇所数は 7,610 箇所であり最も崩壊箇所が多い市町村は東広島市の 2,646 箇所となっている[8)]。死者が 100 名を超えたのは昭和 58 年 7 月豪雨以来 35 年ぶり、平成へ改元後初めてとなる非常に大きな災害であった。

1)気象庁（2018）：平成 30 年７月豪雨（前線及び台風第７号による大雨等）
2)気象庁（2018）:「平成３０年７月豪雨」及び７月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について
3)海堀正博・長谷川祐治・山下祐一・崎田博史・中井真司・桑田志保・平松晋也・地頭薗隆・井良沢道也・清水収・今泉文寿・中谷加奈・柏原佳明・加藤誠章・鳥田英司・平川泰之・吉永子規・田中健路・林拙郎（2018）,平成 30 年７月豪雨により広島県で発生した土砂災害,砂防学会誌,Vol.71,No.4,p.49-60
4)林野庁（2018）：平成 30 年７月豪雨を踏まえた山地災害対策検討チーム中間取りまとめ
5)消防庁（2019）：平成 30 年７月豪雨及び台風第 12 号による被災状況及び消防機関等の対応状況（第 59 報）
6)広島県（2018）：平成 30 年７月豪雨災害による被災状況
7)広島県農林水産局（2018）：平成 30 年７月豪雨災害による農林水産関係の被害状況等について
8)佐藤丈晴,海原荘一（2018）：平成 30 年７月豪雨による岡山県における土砂災害，砂防学会誌,Vol.71,No.4,p.30-37

(2)広島県広域における山地災害の特徴

平成３０年７月豪雨による中国地方における斜面崩壊・土石流の発生は瀬戸内海北岸では広島県南部を中心に広島市付近から東北東方向へ 120ｋm、幅約 30ｋmに及び、全体として帯状の分布を呈する（図 1）。崩壊地は広島市東部から呉市、東広島市にかけて集中してみられ、東方の三原市や尾道市、府中市、福山市に進むにつれて次第に減少する傾向となっている。また、北側の吉備高原面（標高 400～600m）や世羅台地面（標高 300～450m）など北に進むにつれて減少傾向となっている。崩壊・土石流が特に密集する呉市から東広島市にかけての区域では、山地の北東～東側に崩壊斜面が集中する傾向が認められる。

広域的な地形と崩壊・土石流の関係を把握することを目的として、図 2 に示す断面測線 A に沿って呉市、東広島市を中心に島嶼～世羅台地の６区域に区分し、崩壊地と地形の関係からみた災害発生の特徴について考察する。

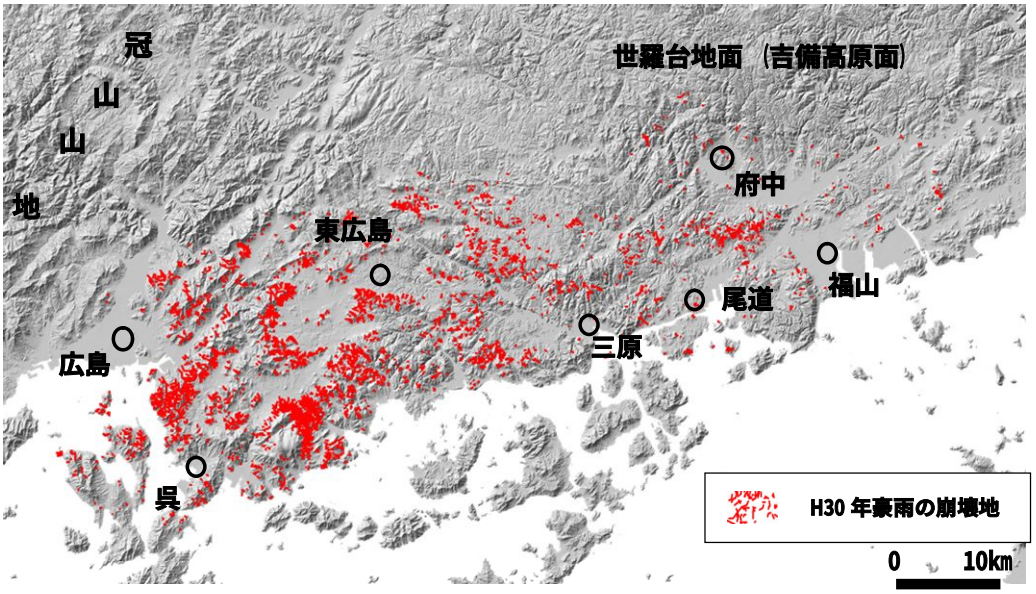


図１　平成 30 年７月豪雨における斜面崩壊・土石流の分布
（背景は地理院地図による陰影図，崩壊地は国土地理院データを使用）

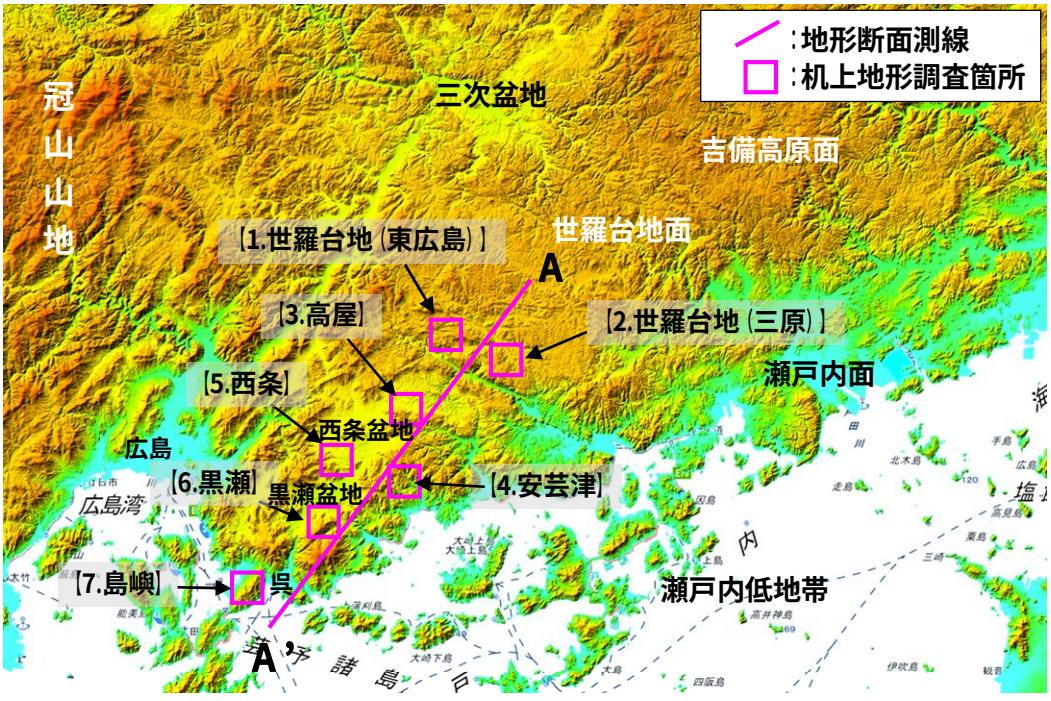


図 2　断面測線と調査区域の位置図

A～A’測線沿いに断面地形・地質・崩壊箇所数・降雨量の重ね合わせを行った（図 3）。降水量は海側から野呂山にかけて上昇し、野呂山の北側から黒瀬盆地付近で総雨量・最大時間雨量が最大となっている。これは海から流れ込んだ水蒸気が野呂山を越える際に高度が上昇し、集中的に雨を降らせたと考えられる。黒瀬盆地から世羅台地にかけては次第に減少する傾向が認められる。総雨量・最大時間雨量が高い箇所で、崩壊発生数が最も多いことから、降雨量と崩壊の関係はあると考えられる。総雨量 400mm程度以上の断層に起因する地盤の風化が顕著な地域では崩壊が生じ、特に総雨量 400mm程度以上、かつ、最大時間雨量 60mm以上が記録された地域では崩壊が多発した。また、流紋岩からなる野呂山や洞山周辺で崩壊数が多い傾向があった。

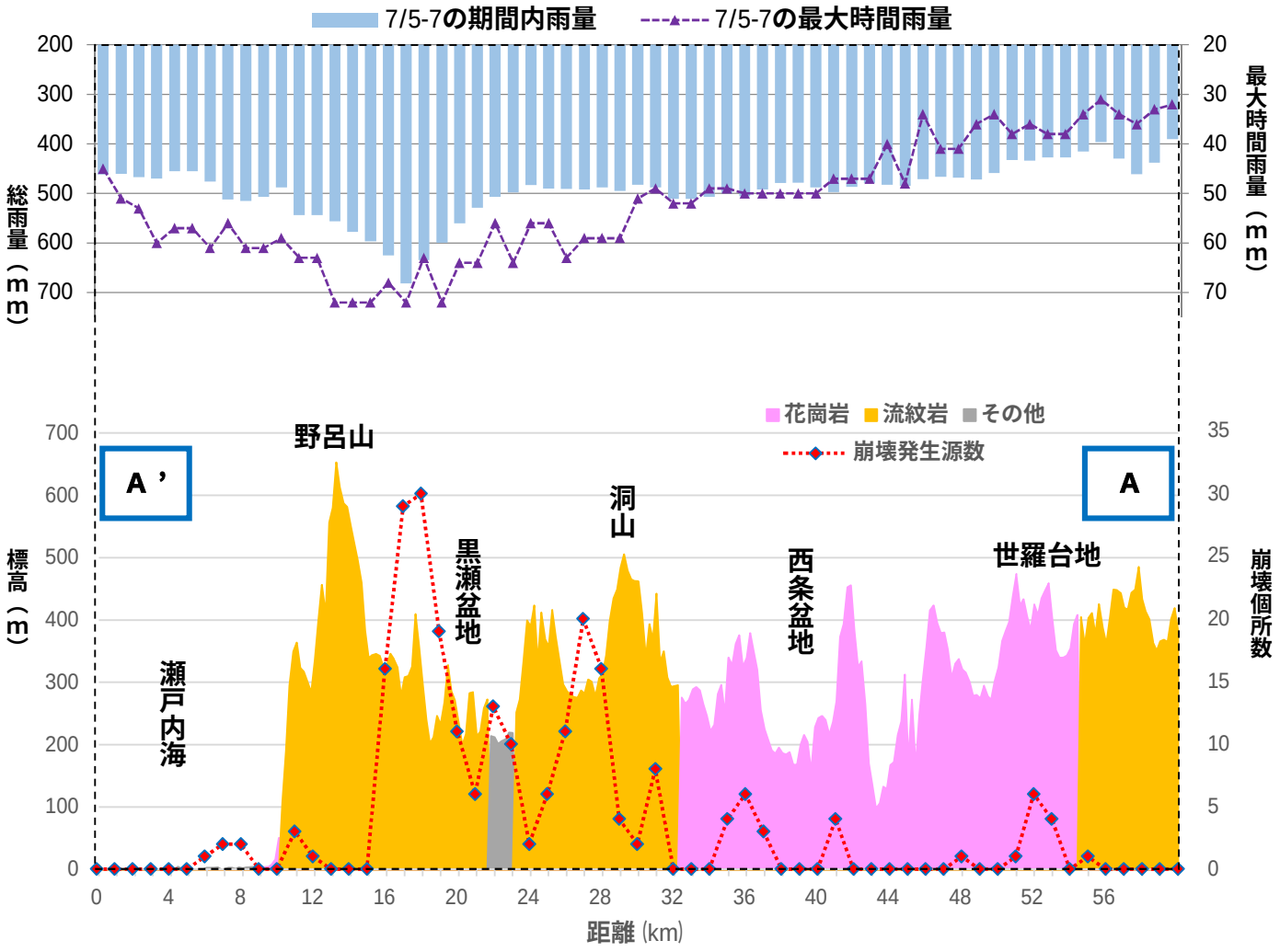
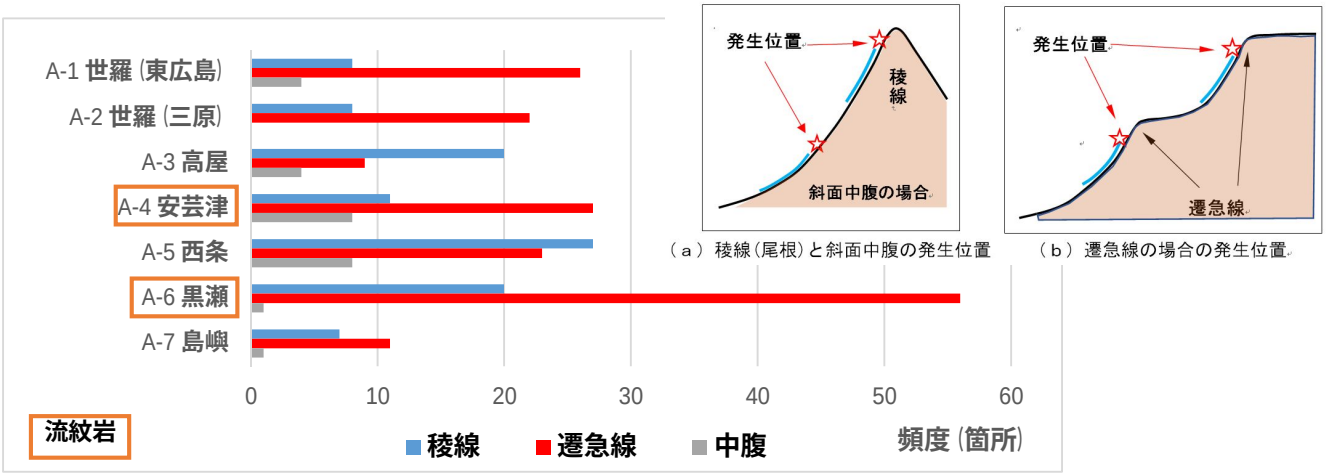


図 3　地形縦断と崩壊発生数・雨量の重ね合わせ（A－A’）
※崩壊発生源数は測線上に配置した 1km 四方内の箇所数
※雨量は 1km メッシュ解析雨量データに基づく

各調査区域の崩壊発生源の地形について、①稜線、②遷急線、③斜面中腹の位置における発生頻度を把握した（図 4）。世羅台地 2 箇所および流紋岩を基質とする安芸津や黒瀬においては、遷急線での崩壊が多い傾向があった。また高屋や西条では他の地区よりも稜線部での崩壊発生が多い。いずれの地区も斜面中腹ではわずかとなっている。また、崩壊発生地点の発生位置を判読すると稜線や遷急線の地点ではなくやや下方（約１０m程度）の地点であることが多い。つまり、稜線部では雨水が集水・湧出しやすい凹地形、遷急線では０次谷に相当すると推定される。



（ａ）稜線（尾根）と斜面中腹の発生位置　（ｂ）遷急線の場合の発生位置

図 4　調査区域内の崩壊発生源の地形（稜線,遷急線,中腹）

各調査区域内の崩壊・土石流の傾斜（崩壊地の上端標高と下端標高との標高差と流下距離から算出）について箇所数を図 5 に整理した。世羅台地（東広島・三原）、高屋では 10～15 °の緩傾斜が卓越しており、25 °を超える勾配はほとんどない。西条、島嶼では 10～30 °と分布がやや分散する傾向がみられた。一方、流紋岩を基質とする安芸津、黒瀬では 15～20 °のやや緩傾斜が卓越する一方で 35 °を超える急傾斜もわずかにみられる。

各調査区域内の崩壊・土石流の長さを図 6 示す。世羅台地（東広島・三原）や西条、島嶼では 300mを超えるものはほとんどなかった。一方、高屋や黒瀬では 500mを超える土石流も多く、1,500m以上に達する土石流もみられた。

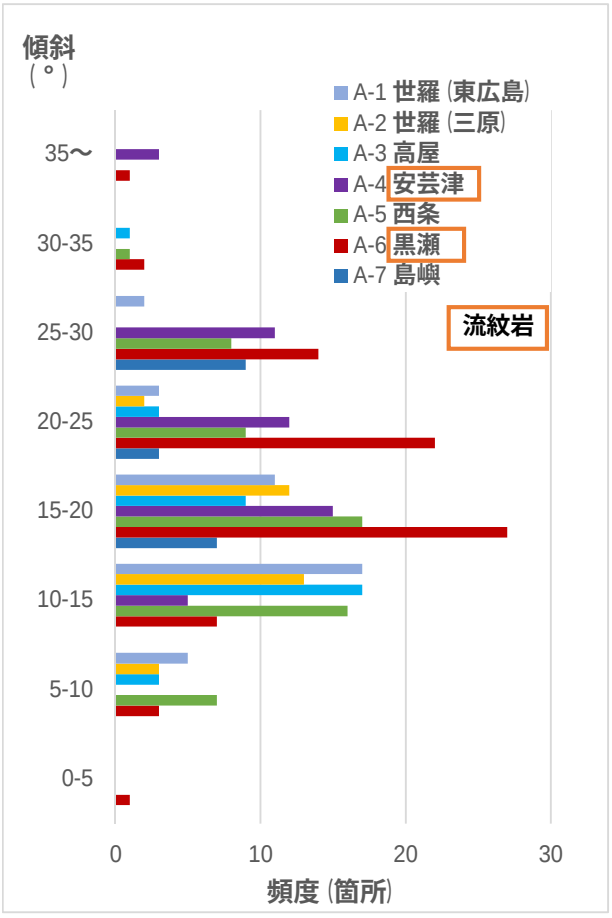


図 5　各区域の崩壊傾斜の頻度

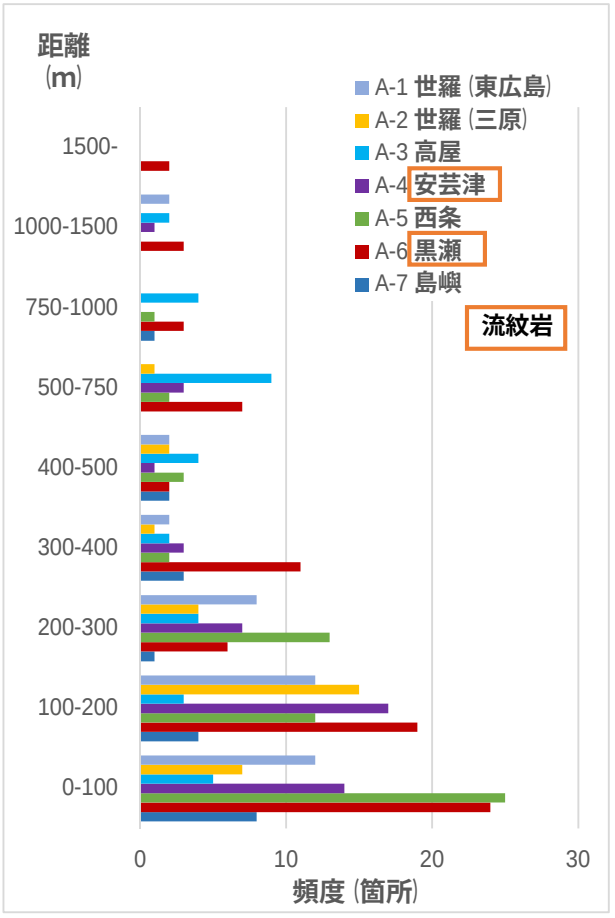


図 6　各区域の土石流長の頻度

(3)広島県広域における山地災害の実態（広域的な現地調査結果）

広島県内の山地災害の実態を把握することを目的として、広域的な調査（複数の山地災害箇所における有識者によるヘリ視察及び無人機による現地概査：参考資料 図 8 に位置図）を行った。広域調査を行った８地区の調査結果を表１に示す。

表１　広域調査の結果

調査区域	調査地	地質	発生区	流下区	堆積区*1
高屋	③荒廃地	広島花崗岩類	崩壊：2 箇所 周辺：広葉樹	左支流：侵食明瞭 右支流：侵食不明瞭	礫径：1.2m 土砂の色調：赤茶系 勾配：8°
〃	⑭荒廃地	〃	崩壊：1 箇所 周辺：広葉樹	侵食：明瞭,谷地形を形成	礫径：1.3m 土砂の色調：赤茶系 勾配：5°
八本松	③荒廃地	〃	崩壊：2 箇所 周辺：広葉樹	左支流：侵食明瞭 右支流：侵食不明瞭	礫径：1.6m 土砂の色調：赤茶系 勾配：2°
〃	⑧荒廃地	〃	崩壊：1 箇所 周辺：ｽｷﾞ人工林	侵食：不明瞭,発生区との境界も不明瞭	礫径：0.3m 土砂の色調：赤茶系 勾配：5°
黒瀬	⑤荒廃地	高田流紋岩類	崩壊：4 箇所 周辺：ﾋﾉｷ人工林	侵食：上部を除き不明瞭	礫径：1.5m 土砂の色調：赤茶系 勾配：4°
〃	③荒廃地	〃	崩壊：3 箇所 周辺：ﾋﾉｷ人工林	既設工上流で著しい侵食,既設治山ダム大破し流出	礫径：2.0m 土砂の色調：赤茶系 勾配：5°
長野山国有林	ダム湖右岸	デイサイト	崩壊：2 箇所 周辺：広葉樹	侵食：不明瞭	礫径：0.3m 土砂の色調：赤茶系 勾配：5°
堂所山国有林	－	広島花崗岩類	崩壊：2 箇所 周辺：広葉樹	侵食：不明瞭	礫径：1.3m 土砂の色調：赤茶系 勾配：5°
峠山国有林	⑥荒廃地	〃	崩壊：2 箇所 周辺：広葉樹	巨石が認められるものの流送されていない*2	礫径：3.0m 土砂の色調：灰白系 勾配：4°
カンノオフク	－	〃	崩壊：1 箇所 周辺：広葉樹	既設谷止工を破壊しつつ流下。	礫径：4.0m 土砂の色調：灰白系 勾配：2°
才野谷	上流の沢	〃	崩壊：1 箇所 周辺：広葉樹	長距離を蛇行侵食しつつ流下	礫径：2.0m 土砂の色調：灰白系 勾配：2°
〃	下流の沢	〃	崩壊：1 箇所 周辺：広葉樹	長距離を蛇行侵食しつつ流下	礫径：2.0m 土砂の色調：灰白系 勾配：2°

*1：確認した礫は最大礫径を示すものではない。
*2：移動限界礫径の計算結果では 1.3m以下の巨礫は移動する。

机上調査および広域的な現地調査から、崩壊・土石流箇所が多く、異なる地質を含む東広島市の高屋地区、八本松地区、黒瀬地区の３地区について荒廃現況調査を実施し、山地荒廃の発生機構やそれに基づく復旧治山計画方針の策定を行うこととした。

(4)広島県東広島市における荒廃調査結果

1)調査結果の概要

東広島市の民有林直轄治山計画区域（高屋,八本松,黒瀬）の３地区において全荒廃地における崩壊地（発生区）・侵食地（流下区）・堆積地（堆積区）の現地計測を行った。各地区の荒廃諸元の頻度分布を図７に示す。（諸元等は参考資料 表2,3,4に整理）

発生区は０次谷及び稜線直下等の侵食前線で発生したものが主体であり、崩壊発生源となった稜線周辺の斜面には砂質土を主体とした堆積物（２次マサ）が崩壊物質となっている。発生区の傾斜は25～30°程度が中央値であるがそれを下回る緩傾斜でも発生していることが特徴して挙げられる。崩壊深は1m程度、崩壊延長は50m未満の小規模なものが主体である。

流下区は傾斜20°を下回る緩傾斜が主体であるが、土石流の流下に伴い渓床の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達しており、侵食深3～5m程度が主体となっている。一方で、崩壊幅は発生区と同程度で拡大傾向はみられない。最大礫径は2～3m程度が主体であり、黒瀬地区では3mとなり他の地区よりも大きい。

堆積区の堆積幅、延長は分散傾向にあり、現地地形によって違いがみられる。勾配は5～10°程度と極緩傾斜となっており、土石流は減勢し、一部の渓流ではため池や森林によって捕捉された。更に下流では、施設整備で捕捉困難な濁水が下流の道路や住宅に氾濫した。

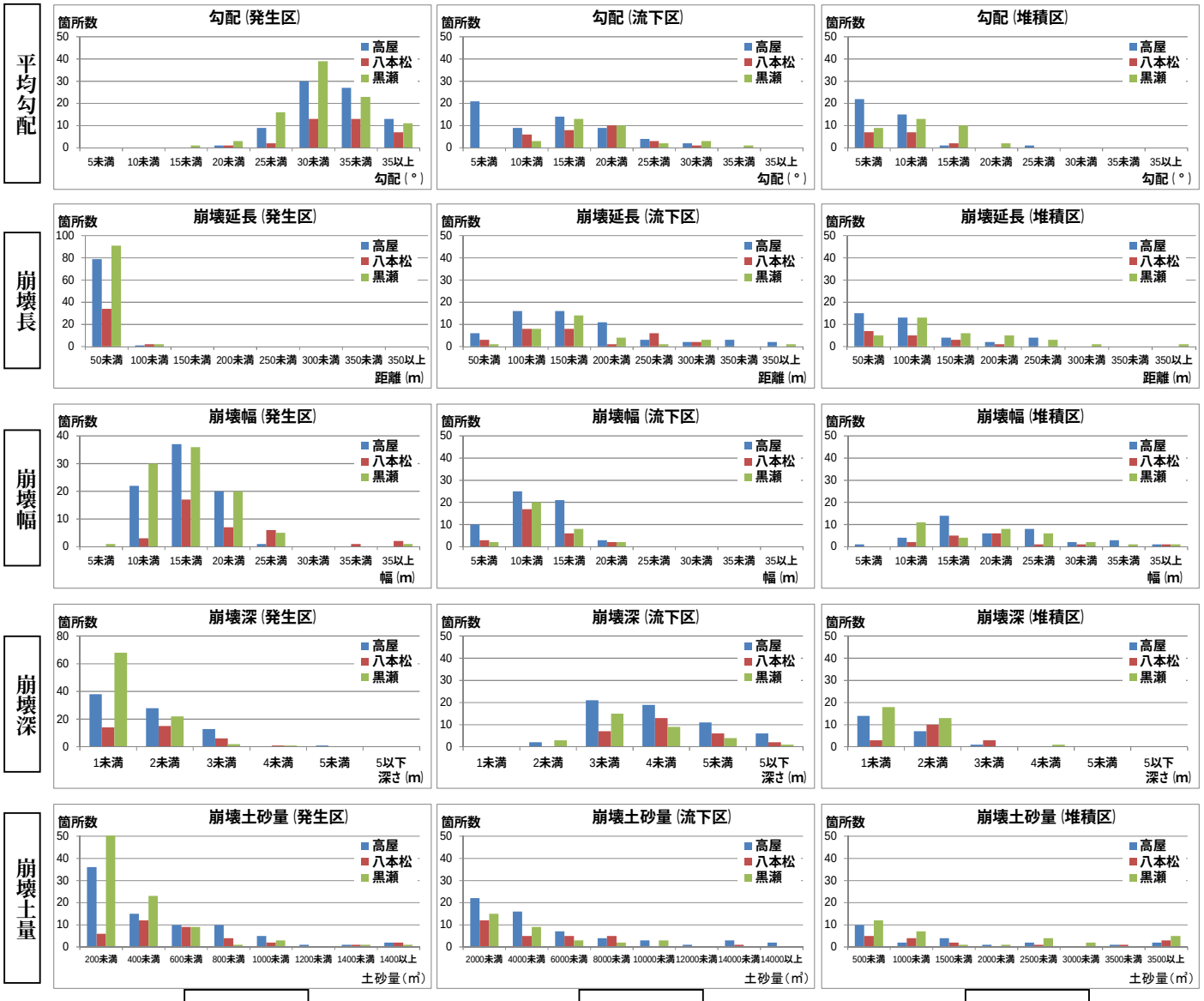


図７　発生区・流下区・堆積区の荒廃諸元（高屋地区、八本松地区、黒瀬地区）

山地災害による侵食/堆積土砂量や流出土砂量を把握するには、災害前後の航空レーザ測量等による DEM データを用いた差分解析によることが多い。今回、これら３地区では災害前の DEM データが取得されていなかったため、各地区の荒廃諸元に基づき参考数値として崩壊/侵食/堆積/流出土砂量を算定した。この結果を表 2 に示す。

表 2　高屋,八本松,黒瀬地区における崩壊/侵食/堆積/流出土砂量（参考値）

地区	荒廃面積 (ha)	崩壊量 A		侵食量 B		堆積土砂量 C		流出土砂量 =A+B-C	
		土砂量(㎥)	比率	土砂量(㎥)	比率	土砂量(㎥)	比率	土砂量(㎥)	比率
高屋	27.28	30,480	1	247,390	8	59,750	2	218,120	7
八本松	10.25	17,820	1	101,640	6	24,950	1	84,790	5
黒瀬	42.41	24,180	1	89,250	4	66,890	3	46,550	2

・崩壊土砂量の 4～8 倍の土砂が侵食により発生している。
・崩壊土砂量の 1～3 倍の土砂が堆積している。
・流出土砂量は崩壊土砂量の 2～7 倍となっている。なお、花崗岩よりも流紋岩の方が崩土の粘性が高く土砂が流出しにくい傾向があると考えられる。

2)各地区の調査結果

各地区における荒廃の発生機構を把握することを目的として、代表的な荒廃地を選定し地質調査を主体とする詳細な現地踏査を行った。この結果について以下に示す。

2-1)高屋⑫荒廃渓流の山地災害の実態

高屋地区の崩壊の多くは、0 次谷や稜線直下で発生した。崩壊幅は 10～15m、崩壊深は 0.5～1.0m程度と小規模である。しかし、崩土は沢の不安定堆積土砂を巻き込みながら次第に土量を増し、それらを合流部で集めた。結果として、堆積域に多量の土砂を供給することとなり、沖積錐上に位置した家屋や道路、高速道路の橋脚などへ被害を与えた。詳細な現地調査を行った高屋⑫荒廃渓流における現地踏査図を参考資料 図 10-1 に示す。

<<発生区の現地状況>>
・崩壊は、０次谷及び稜線直下で発生し、幅 10～15m、厚さ 0.5～1.0m の小規模な崩壊が複合して、全体として規模の大きな崩壊地を形成している。
・稜線は平坦面となるところがあり、崩壊発生源となった稜線周辺の斜面には砂質土を主体とした堆積物（２次マサ）が堆積しており、これが崩壊物質となっている。
・崩壊地の頭部には湿性地を好むウラジロの繁茂やプリンツスミレモ（気生藻類）の着生が確認される。
・緩斜面や尾根部に生育する立木の変状が多く確認されており、匍行・滑動している斜面がみられる。

<<流下区の現地状況>>
・土石流は、渓床の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達した。
・侵食跡の底部には基盤の花崗岩が露出している。

・狭窄部や勾配が緩い区間の渓床や渓岸には、過去に湿地環境であったことを示す腐植質の砂質土が堆積している。
・土石流の規模が大きくなった渓床や渓岸は、堆積物が厚く、あまり大きくならなかったものは露岩している部分が多く堆積物が少ない。
・透水基盤は花崗岩の堅岩であり、土石流はその上に堆積した渓床の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達している。
・狭窄部や勾配が緩い区間の渓床や渓岸には、山火事、炭焼き、湿地環境など、炭質物の生産が盛んであったことを示唆する腐植質の砂質土が堆積している。
・一部の渓岸には、鉄滓や炭といった平安時代後期のたたら製鉄の痕跡を含む堆積物の上位に砂質土が厚く堆積しており、この時代以降にも土砂生産が盛んだったことが示唆される。
・そのほか、上流側においても、発生源直下が緩傾斜地になっている場所では、森林が崩壊物を捕捉し、下流側へは小規模な土砂流しか発生していないところもみられる。
・堰堤により土石流が捕捉され、下流側へは細粒の土砂流のみが流下している支流がある。

<<堆積区の現地状況>>
・主流部の土石流は、堆積区で巨礫を落としながら減勢し、高速道路盛土により堰き止められた。
・ただし、高速道路盛土の C-BOX と暗渠水路がある位置では、土砂がこれらを通って下流側へ流出し、既設の水路や道路、耕作地上を通り、長さ約 200m、幅約 150m の範囲に堆積した。また土砂の主体は細粒であり、土砂流であったと考えられる。
・高速道路上への土石流の越流はなく、C-BOX 等からの下流側へ土砂流の流下が一つの要因になったと考えられる。

<<既往治山施設の効果>>
高屋⑫荒廃地には５基の既設谷止工（いずれも H10 年）が配置されており、上流２基の施設は本流上流からの土石流に対して土砂を抑止した。支流の崩壊源から流入した土石流に対してはこれより下流の２基で土砂を抑止した。このように計４基の施設が上流及び側方の発生源からの流入土砂を分断したため土石流は肥大化せず、下流保全対象への土砂流出被害は発生しなかった（参考資料 図 11）。

<<森林の効果>>
高屋区域では②, ③, ⑤, ⑪, ⑭, ㉓, ㉞の荒廃地における計９箇所の堆積区において流出土砂を林内に滞留させていた。林内に滞留している土砂は比較的粗粒な土砂や石礫が主体であり、細粒分の多くや濁水は林内を通ってより下流に達していた。

2-2)八本松区域における山地災害の実態
八本松地区の崩壊の多くは、0 次谷や稜線直下で発生した。複数の小規模な崩壊が複合し、規模の大きな崩壊地を形成している。土石流は、ため池で捕捉、森林によって減勢している渓流も見られたが、下流側の市街地へ被害を与えた渓流もあった。また、稜線では城跡など人為的な土地利用の証拠が残された。詳細な現地調査を行った八本松③～⑧荒廃渓流における現地踏査図を参考資料 図 13-1 に示す。

<<発生区の現地状況>>
・崩壊は０次谷及び稜線直下で発生し、複数の小規模な崩壊が複合し、規模の大きな崩壊地を形成している。
・稜線は、長さ 800m にわたって 1500 年代初頭（戦国時代）に作られた人工的な平坦面（城跡）となっており、崩壊発生源となった稜線周辺の斜面には、稜線から削り落とされ砂質土を主体とした二次堆積物（２次マサ）が堆積しており、これが崩壊物質となっている。
・崩壊発生源はパイプから水が噴き出した形跡があるほか、石造りの古い暗渠水路からも水が湧きでた形跡がある。
・そのほか、多数の石垣跡があることや昭和 40 年頃まで盛んに炭焼きも行われていた史跡もあるなど、人為的な土地利用の証拠が残されている。
・崩壊地の頭部には湿性地を好むウラジロの繁茂が確認される。

<<流下区の現地状況>>
・透水基盤は主に花崗岩の堅岩からなり、土石流はその上に堆積した渓床の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達している。
・渓床の岩屑堆積物の侵食跡をみると、特定の比較的粗粒な堆積物の礫の表面が水酸化鉄と思われる黒色の被膜で覆われており、浅層地下水の水みちになっていたことが示唆される。
・狭窄部や勾配が緩い区間の渓床や渓岸には、山火事、炭焼き、湿地環境など、炭質物の生産が盛んであったことを示す腐植質の砂質土が堆積している。

<<堆積区の現地状況>>
・主流部の土石流は、堆積区で巨礫を落としながら減勢し、⑤渓流はため池に捕捉され、⑥、⑧渓流は森林によって減勢し、小規模な土砂流が高速道路の側道に到達した。
・一方、③④渓流および⑦渓流は、土石流が高速道路の側道に到達したあと、側道上を流下し、高速道路盛土の C-BOX の中を通過して下流側の市街地へ流下した。

<<既往治山施設の効果>>
八本松⑦,⑨荒廃地では階段状に配置された２基の既設治山ダムが巨礫や流木の混じる土砂を捕捉した（参考資料 図 14）。但し細粒土砂や濁水は施設を越流して下流の住宅地や道路に到達した。

<<森林の効果>>
八本松⑧荒廃地で実施した植生断面調査により以下を確認した（参考資料 図 15）。
・細粒土砂からなる土砂流の主体部が 10°程度の緩傾斜に到達すると減速し、直径の太いスギ・ヒノキの林帯に流木が集積することで土砂流をせき止めている状況が確認された。これらスギ・ヒノキは 40～44 年生、胸高直径 24～33cm であった。
・立木が流木や石礫を捕捉することでその上流側に細粒土砂も堆積させている。
・側方の立木には、土石流の流下幅の拡大を抑制する効果がみられた。

2-3)黒瀬区域における山地災害の実態
黒瀬地区の崩壊の多くは、0 次谷や稜線直下で発生した。複数の小規模な崩壊が複合し、規模の大きな崩壊地を形成している。崩壊発生源となった稜線周辺の斜面には花崗岩のマサ土

とよく似た砂質土を主体とした堆積物が堆積しており、これが崩壊物質となっている。土石流は、谷止工等の既往施設で捕捉、森林によって減勢している渓流も見られたが、下流側の家屋等へ被害を与えた渓流もあった。また、尾根や０次谷に多数の石垣跡があり、人為的な土地利用の証拠が残されている。詳細な現地調査を行った黒瀬区域①～⑤荒廃渓流における現地踏査図を参考資料 図 17-1 に示す。

<<発生区の現地状況>>

・崩壊は０次谷及び稜線直下で発生し、複数の小規模な崩壊が複合し崩壊地を形成している。
・稜線は平坦面となっているところがあり、地質は花崗岩ではなく高田流紋岩類の溶結凝灰岩ではあるが、崩壊発生源となった稜線周辺の斜面には花崗岩のマサ土とよく似た砂質土を主体とした堆積物（ここではこれも２次マサと呼称する）が堆積しており、これが崩壊物質となっている。
・尾根や０次谷に多数の石垣跡があり、人為的な土地利用の証拠が残されている。
・崩壊発生源はパイプから水が噴き出した形跡があり、泥のしぶきが発生源直下の樹幹に付着している。また、頭部の根系はむき出しになって切れていないものが多い。
・崩壊地の頭部には湿性地を好むウラジロの繁茂が確認される。

<<流下区の現地状況>>

・侵食跡の底部には透水基盤をなす流紋質溶結凝灰岩の堅岩や強風化帯とそれ覆う古赤色土が露出している。土石流はその上に堆積した渓床や凸型斜面上の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達している。
・古赤色土は、強風化帯とともに強い岩石の風化分解によって形成されるハロイサイト（粘土鉱物の一種）を含み、難透水帯を形成している。
・基盤の流紋岩質溶結凝灰岩は堅硬な岩盤を形成するが、不連続面（節理や小断層）の挟在物である低強度な粘土鉱物や束沸石（硬度 3.5-４で方解石と同程度）は、不連続面で分離すれば巨石を形成する地質素因となっている。
・岩屑堆積物の侵食跡をみると、特定の比較的粗粒な堆積物の礫の表面が水酸化鉄と思われる黒色の被膜で覆われており、浅層地下水の水みちになっていたことが示唆される。
・侵食跡の地表付近にはアカホヤ火山灰（約 7,300 前）を含む赤色土壌が分布しており、この位置の斜面は少なくとも 7,300 年以上前から土砂生産の場であったことを示唆する。
・流下域の堆積物中にはまれに土地利用の証拠となる土器片が含まれている（詳細は不明だが、色や形状、厚みなどから弥生式土器の可能性がある）。
・谷の狭窄部や勾配が緩い区間の渓床や渓岸には、山火事、炭焼き、湿地環境など、炭質物の生産が盛んであったことを示す腐植質の砂質土が堆積している。
・流下区内の地表流付近に湿地性植物のイグサやスゲ類が再生している。

<<堆積区の現地状況>>

・主流部の土石流は、堆積区で巨礫を落としながら減勢した。①、②、④渓流は、枕崎台風の際などの過去の土石流の堆積物により形成された流路沿いの緩斜面や平坦面で、土石流が減勢して巨礫が堆積し、残りの細粒土砂と流木からなる土砂流となり、径の大きな立木の抵抗力が勝り、流木を集積させて土砂が堰き止められている。
・一方、③、⑤渓流は、土石流が高速道路の側道に到達したあと主要地方道 34 号を横断し、

③渓流はため池に堆積、⑤渓流は家屋に衝突し停止した。

<<既往治山施設の効果>>

②荒廃地では階段状に配置された２基の既設谷止工（H27 年）及び３基の床固工が渓床や渓岸の縦横侵食を防止すると共に巨石を捕捉した。土石流は施設を越流したが下流の森林内で停止した。⑰荒廃地では支流から土石流が発生したが、最下流に設置された S63 年床固工が人頭大の礫を含む土砂及び流木を捕捉した（参考資料 図 18）。

上記ように既往治山施設の効果が認められた一方、③荒廃地では階段状に配置された複数の治山ダムが大破し、堤体のコンクリート片（最大で約 8m×5m×2m,重量約 70t）が 300m下流まで押し流されていた（参考資料 図 19）。

<<森林の効果>>

黒瀬①②荒廃地で実施した植生断面調査により以下を確認した（参考資料 図 20）。

・流下区間の谷止工群で減勢及び巨石や巨礫が捕捉された土石流の主体部が 10°程度の緩傾斜に到達することでさらに減速したと考えられる。
・土石流の流体力の低下に伴い、点在する径の比較的太い立木の抵抗力が勝る状況が発生し、その背後や地形平坦面などでローブ（堆積地形）を形成して停止させている状況が確認された。
・後続の土石流はその高まりを回り込みながら流下幅を拡幅し、さらに下流に次のローブが作られることをいくつも繰り返しながらローブの集積体が形成されている。

黒瀬④荒廃地で実施した植生断面調査により以下を確認した（参考資料 図 21）。

・流木の集積による土砂流のせき止めがⅡ区間とⅣ区間の 2 箇所で確認された。
・細粒土砂からなる土砂流の主体部が 10°程度の緩傾斜であるⅡ区間に到達することで減速したと考えられる。点在する径の比較的太い立木の抵抗力が勝る状況が発生し流木の集積によって土砂流をせき止めている状況が確認された。
・さらに後続の土砂流は平坦面の側方から流下したが、本災害より古い土石流が形成したⅣ区間の平坦部でせき止められた。

2-4)現地調査結果と地下水シミュレーション解析結果との比較

今回の豪雨時における地下水の挙動の把握を目的として、三次元地下水解析(統合型水循環シミュレーションシステム　平面：20m 幅で、215×200=43,000 格子、鉛直：GL-450m まで 18 分割)を実施した（参考資料 図 22 三次元浸透流解析結果）。

崩壊発生域での現地調査により、①崩壊は０次谷及び稜線直下で発生し、複数の小規模な崩壊が複合し崩壊地を形成していること、②崩壊発生源は湧水が噴出した痕跡があることが確認されている。また、土石流の侵食域での現地調査では、土石流は水理的基盤岩に堆積した渓床や凸型斜面上の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達している状況が確認されたことから、③地下水の供給増が土石流の拡大に寄与している可能性が考えられる。

数値解析結果では、崩壊の発生区において斜面上部でも風化帯の計算地下水が 1～2m 程度上昇している計算メッシュがまばらに点在しており、降雨ピーク時には稜線付近にまで風化帯で飽和し地表流が発生している計算メッシュが確認された。これは現地調査で確認された

①②と整合する。また、土石流の侵食域（流下区）においては、谷壁斜面から谷底斜面へつながる遷緩線付近にて帯状に風化帯の計算地下水位が 1～2m 程度上昇していたことから③について傾向的に整合する。

現地調査で確認した豪雨時の地下水状況の痕跡と地下水のシミュレーション解析結果との比較を表 3 に示す。

表 3　現地調査結果と地下水シミュレーション解析結果との比較

エリア	現地調査結果	数値解析結果	解析と現地状況の整合性
崩壊区	・崩壊は０次谷及び稜線直下で発生し、複数の小規模な崩壊が複合し崩壊地を形成している。 ・崩壊発生源は湧水が噴き出した形跡がある。	・斜面上部においても風化帯の計算地下水が 1～2m 程度上昇している計算メッシュがまばらに点在している。 ・降雨ピーク時では稜線付近においても、風化帯で飽和帯が発生し、地表流が発生している計算メッシュがある。	【整合している点】 稜線付近や斜面上部で地下水位の上昇が確認されている。 →通常は地下水位が発生していない稜線付近や斜面上部においても、降雨ピーク時には地下水位が発生し、間隙水圧が上昇し、崩壊引き起こした可能性がある。 【整合していない点】 計算水位が上昇している計算メッシュと崩壊箇所が空間的に一致しない箇所がある。 →水理地質構造が完全に把握できていない点における解析モデル精度的な課題。
侵食区	・土石流は水理的基盤岩に堆積した渓床や凸型斜面上の岩屑堆積物を侵食して取り込みながら発達している。	・谷壁斜面から谷底斜面へつながる遷緩線付近では、帯状に風化帯の計算地下水位が 1～2m 程度上昇している。	【整合している点】 流下区では、地下水位の上昇が顕著に確認されている。 →地下水の供給増が土石流の拡大に寄与している可能性がある。

(5)山地荒廃の発生機構

ア　荒廃発生に関係する諸因子

山地災害は、一般に気象条件のほか、地形、地質、林況等が発生の要因となることから、これらに着目して因子の整理を行った。

①降雨因子

降水量は広島県周辺で累計 400～600㎜ を観測し、広範囲における長時間の記録的な大雨であった。雨量のピークが 2 回あり、既往災害時(平成 26 年 8 月)の降雨イベントと比較すると、今回の降雨イベントの方は降雨期間が長い特徴を有している。また、解析雨量によるとピーク雨量や総雨量には同じ東広島市内でも地域差があった。

②地形因子

山地荒廃の発生場は必ずしも谷地形や凹状地形に限らず、尾根地形や凸状地形でも発生している。集水面積の大きさで水や土砂の流出現象を説明できないことがある。また崩壊発生の場は侵食前線が主体であり０次谷だけでなく稜線付近でも発生している(参考資料 図 26)。

③地質因子

崩壊源の地質は、花崗岩の強風化帯をなす残積土（１次マサ）とその 2 次堆積物である砂質土を主体とした崩積土（２次マサ）とが主体である（参考資料 図 27)。崩壊物質は２次マサであり、流下物は渓床堆積物が主体となっている。流紋岩類は風化のしやすさは花崗岩より弱いが、花崗岩と類似した風化物質を形成し、その残積土が地質の主体をなしている。また、基盤の不連続面（節理や小断層）の挟在物である低強度な粘土鉱物や束沸石（硬度 3.5-4.0 で方解石と同程度）は、不連続面で分離して巨石を形成する地質因子となっているほか、古赤色土と基盤の強風化帯はともに、ハロイサイトなどの風化粘土を含み、難透水性の透水基盤をなしており、地下水因子につながる水理構造の形成に係わる地質因子となっている。(参考資料 図 28)。

④地下水因子

発生源付近では、パイプや発生源直下の樹幹に付着した泥飛沫が示唆するように地下浅部での多量な水の湧出をもたらす水理地質構造が地下水因子となっている（参考資料 図 29)。また、流下区間では渓床堆積物内の水みち（礫表面に認められる水酸化鉄）が地下水圧上昇によって岩屑を土石流に取り込む地下水因子となっている（参考資料 図 30)。

⑤社会因子

地質因子の一つである２次マサには、中世のたたら製鉄との関連での鉄穴流しや城跡などに起因するものや、地表を広く覆う炭質物を含む山火事にかかわる２次マサがあり、人為的な影響を及ぼす土地利用履歴なども荒廃発生の社会因子となっている（参考資料 図 31)。

⑥植生因子

湿性地を好むウラジロ、プリンツスミレモが発生源に生育しており、平常時に地表面近くの水分条件が高いことが示唆される。また、ウラジロ生育地は生態及び形態上、高い地表被覆率や厚い植物遺体層等の特徴を有しており土壌侵食耐性は高いと考えられる。その一方、豪雨時には水が集まりやすく高水分条件に分布していることや、根系が浅く弱いこと、上層木が衰退している箇所に多く分布している等の要因から崩壊源となりやすい可能性がある（参考資料 図 32)。

イ 諸因子の分析を踏まえた荒廃の発生メカニズム

諸因子の分析結果を踏まえると、調査地における荒廃発生のメカニズムについて以下のように推察すると共に図 8 に模式図を示す。

①7 月 5 日から 8 日にかけて総雨量 500～600mm，50～60mm/h の２度の降雨ピークを有する大雨が降った。この降雨は東広島市内だけでも総雨量で 100mm以上の地域差があった。

↓

②広島花崗岩類や高田流紋岩類を基盤岩とする山地の風化帯や過去の堆積物等による高透水層では、斜面下方より順次地下水の飽和が進行する。１度目の降雨ピーク時で稜線近くを除くかなりの斜面の風化帯が飽和に達する（参考資料 図 22 三次元浸透流解析結果）。

↓

③地下水の飽和に加えて、通常降雨では地表に雨水が到達しづらいウラジロ群落内でも地表部から水の浸透が増加する。

↓

④２度目の降雨ピーク時に稜線付近の風化帯でも地下水飽和が進行し、行き場の無くなった地下水は流動性の高い泥水となって崩壊を伴って噴き出す（発生区崩壊源の形成）。

↓

⑤崩壊土砂と水が流下区間の渓床を流れ下る際、既に地下水が飽和し崩壊の臨界状態に達していた渓床は流下する土砂と水に誘起されるように次々と侵食される部分が増加する（流下区渓床発生源の形成）。このように渓床堆積土砂を巻き込みながら流下するため、土砂は高濃度となっていく。

↓

⑥高濃度となった土砂は渓床上や渓床内の巨石や巨礫をともなって流下するため、極めて大きな外力が発生することから既設治山を越流する際に袖部が位置する渓岸や堤底部において洗掘作用が起こると共に発達に伴ってダムの堤体が破壊されることがある。また、破壊した堤体に水平方向の外力と浮力を作用させることから、堤体のコンクリート片を遠方まで押し流すことがある。

↓

⑦稜線から斜面末端までの風化帯が一様に飽和状態となっていたため、稜線や渓床の崩壊源からは雨が降り止んでからも数日程度地下水位が下がらず水が湧き出し続ける（長時間におよぶ後続流の発生）。

↓

⑧後続流は土砂と水が混じった濁水となって下流の道路や住宅に広く氾濫する。

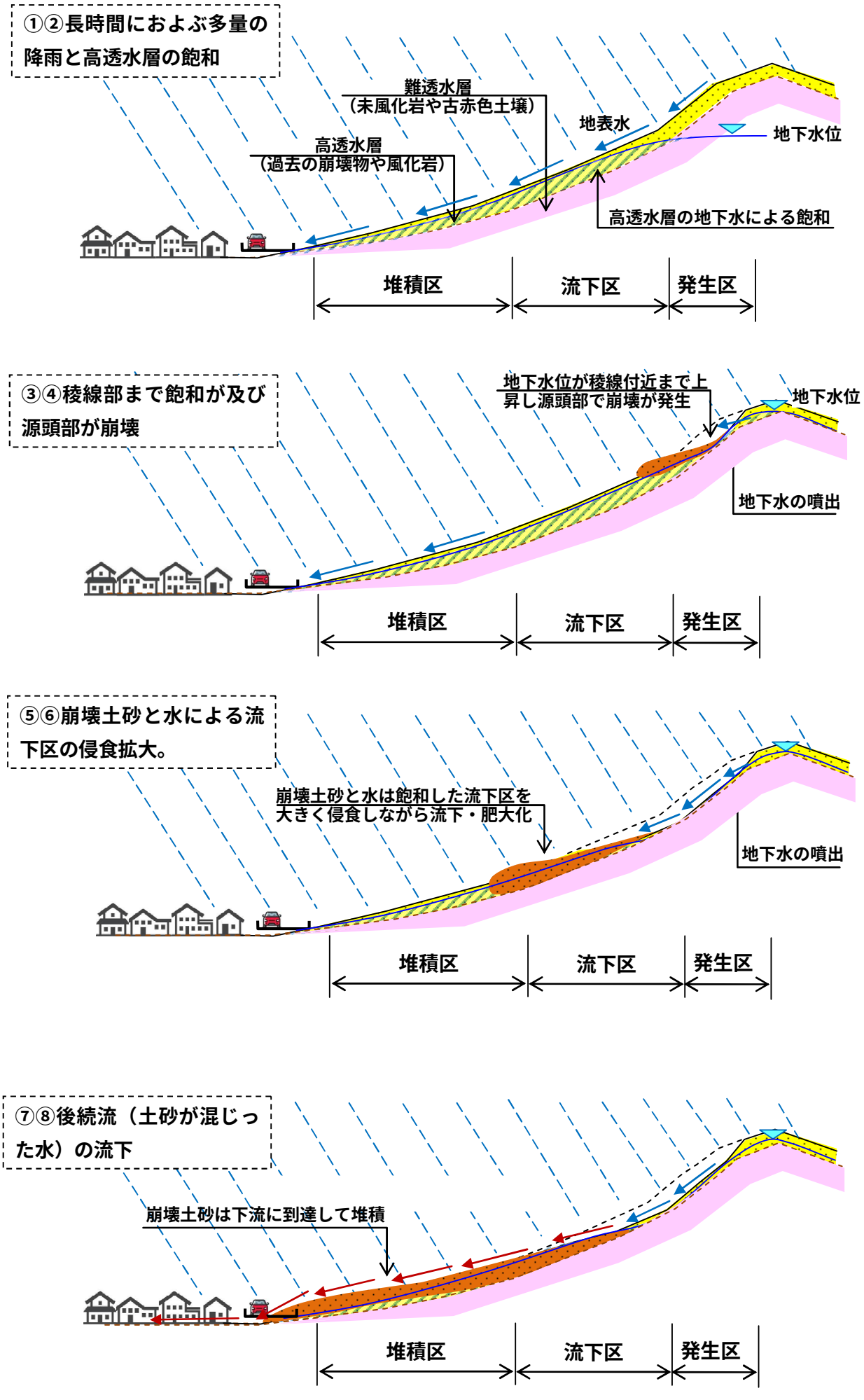


図 8　荒廃発生メカニズムの模式図

荒廃発生のメカニズムをふまえ、既設治山ダム及び森林による土砂流出減勢のメカニズムについて以下のように推察すると共に図 9 に模式図を示す。

①→④のメカニズムは同じ。

⑤崩壊土砂と水が流下区間の渓床を流れ下る際、既設治山ダムにより渓床が固定されており縦横侵食が発生しないため、流下する土砂と水は渓床の侵食を誘起せずに越流する。このため渓床の施設を越流する土砂は、高濃度とならないことから巨石や巨礫を移動させることが出来ない。また既設治山ダムの堆砂敷により流下区間が緩勾配となっていたため流速が低下し、巨石や巨礫を含む土砂が捕捉されると共に比較的低濃度な水と土砂が林帯へ流入する（既設治山ダムによる減勢効果：図 23 土石流シミュレーション結果参照)。これら効果は階段状に治山ダムが設置されているほど効果が高い。

↓

⑥林帯に流入した土砂と水は 10 ° 前後の堆積区においてローブの集積体を形成しながら減速する。土砂は比較的大径な立木と衝突することで急激に減速してローブを形成し、先端に主として粗粒物質を堆積させながら停止する（大径木による減勢効果)。また、ローブは治山ダムの堆砂敷のように上流側へ平坦面を形成するため、一部の細粒な土砂はローブ上流側背面に堆積する。流木（ながれぎ）が立木によって横断方向に捕捉されることによってローブが形成されることもある。加えて、渓岸部の林帯に流木が側壁状に捕捉されることで侵食幅や崩壊幅を抑制する効果も認められた。

↓

⑦ローブを越流若しくは迂回する土砂の流れは流速が低下しているため、比較的小径な立木であっても土砂を捕捉できる（小径木による減勢効果)。(参考資料 図 20)

↓

⑧森林により捕捉できなかった細粒土砂（ウォッシュロードを含む）が混じった水は大径木と小径木の間隙を縫うように流下する。草地において細粒土砂は振るい落とされて水のみが流下することがあるが、今回の山地災害発生箇所の堆積区の殆どが広葉樹二次林や人工針葉樹林であるため、このような草本類等による細粒土砂の捕捉及び振るい分け作用は期待できず、住宅地や道路まで流出することがある。

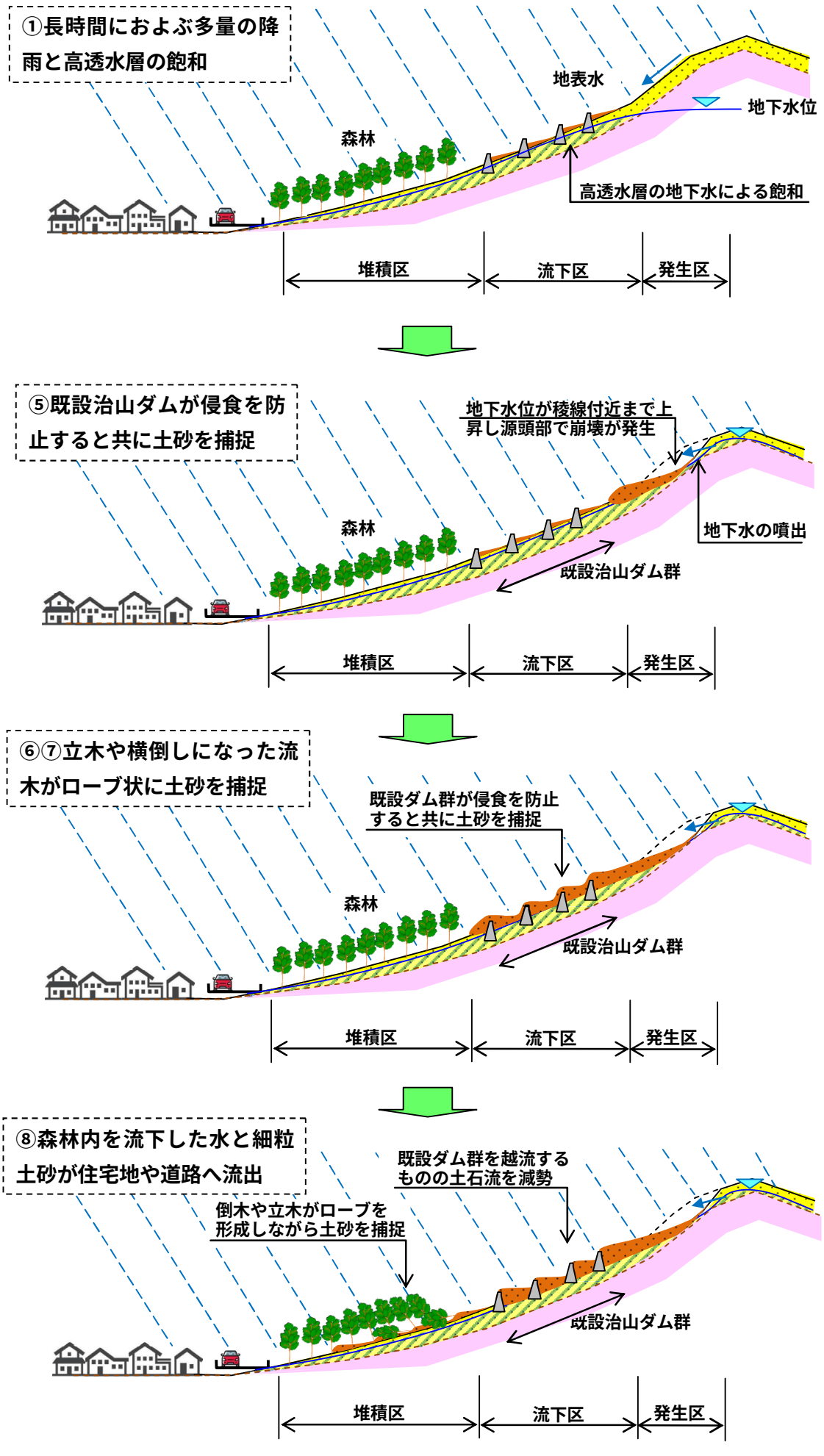


図９　既設治山ダム及び森林による土砂流出減勢メカニズムの模式図

2.復旧治山の留意点

山地荒廃の発生機構をふまえた復旧治山を行う上での留意点は以下のとおりである。

①事業実施上の留意点

・残存した不安定土砂等による二次的な土砂流出の危険度や保全対象への影響度を考慮して復旧計画を進める必要がある。

・当災害では土石流や崩壊に伴う土砂による被害だけではなく、土砂が混じった水が遠方まで到達し道路・住宅地・田畑等に被害をもたらす事例が認められた。その一方、既設治山ダムや森林が巨石・巨礫・粗粒土砂・細粒土砂を段階的に振るい分けながら捕捉した事例も認められた。以上より、どのような土砂の構成物を治山事業による整備対象とするのか決める必要がある。

②治山対策を進める上での全体的な留意点

・今回の災害は、２度のピークを有する降雨が長時間降り続いたことで、風化帯の地下水位が斜面下方から上方に向かって順次飽和し、稜線付近が飽和した段階で崩壊を伴って流出した。稜線や尾根の風化帯が本来有していた貯水-排水機能を超えた降雨インパクトであったため、崩壊を伴って流出したと考えられる。このような稜線や尾根が有する貯水-排水機能は、山地全体の保全の観点から重要な役割であることから、これを踏まえた治山施設整備を検討することが必要である。

③渓流荒廃地において復旧治山を行う上での留意点

・崩壊土砂の 1～3 倍の土砂が堆積区において不安定土砂として堆積している状態にあることから、保全対象が近接した荒廃地では不安定土砂の流出に対して備える必要がある。

・崩壊土砂量の 4～8 倍の土砂が流下区における侵食により発生していることから、下流保全対象へ流出する土砂の量と質（礫径、土砂濃度）をコントロールする上では、侵食により発生する土砂を抑制・抑止することが重要である。

・堆積区の不安定土砂及び流下区の侵食により発生する土砂は、巨石や巨礫の移動を伴って想定以上の外力を及ぼすことがあるため、配置する治山ダムについては土石流の流体力や衝撃力に対して、十分な検討が必要である。なお、北の区域ほど隆起し、南ほど地形の開析が進んでいる。そのため、急傾斜な比高のある斜面が南ほど多くなり、土石流の流下距離が長くなる、また、南ほど開析が進んでいるため、花崗岩帯よりコアンストーンが出てくる頻度が高くなり、巨礫への備えとしての構造物の耐久力が必要となってくる。

・治山ダムを乗り越えた土石流により堤体の基礎や袖の埋戻し部が大きく洗堀されたことにより、放置すれば堤体の機能が維持できなくなるため、天端厚や袖部の根入れや埋戻し深等に対して、十分な検討が必要である。

④山腹荒廃地において復旧治山を行う上での留意点

・崩壊箇所における極端な地形改変や構造物が水みちを遮断することは崩壊箇所やその周辺に及ぼす負の作用が大きくなることがあるため、崩壊後の地形を可能な限り維持すると共に排水機能を十分に維持した山腹工法の検討が必要である。また、崩壊面の侵食や保水力の回復を図るため、稜線付近の崩壊地についても早期に復旧を図ることが必要である。

⑤復旧治山の施工を行う上での留意点

・主に発生源対策としての治山ダムや山腹工を施工する上で、建設機械や資材搬入を行うための作業道の開設や省力化工法の検討が必要となる。作業道の開設においては路体が水みちを遮断・拡大崩壊の助長・新規崩壊の発生等に繋がらないような配慮が必要である。

⑥流末整備を行う上での留意点

豪雨時における濁水の発生やそれを処理する流末処理等については、治山事業のみでは対応が困難な箇所については関係各機関や部署との協調や連携を図り進めることが必要である。また、施工箇所の集水面積、流末付近の地形や下流保全対象の状況を勘案して、流末水を安全に分散させるケースについても検討する必要がある。

⑦住民への周知

施設整備によるハード対策と共に、警戒避難体制の整備等に資するソフト対策も組み合わせながら、現地に対応した綿密な対策を講じていくことが重要である。

第２　平成 30 年７月豪雨を踏まえた計画方針・対策（案）

1.計画方針

復旧治山の留意点に対応した計画方針を示す。

(1)整備対象とする土砂の構成物

今回の調査で把握した既往治山施設や森林の効果から、土砂の構成物とそれを捕捉し得る治山施設等（森林や草地を含む）は以下のとおりである。

巨石（長径２m以上）	→治山施設で捕捉可能
巨礫（人頭大～長径２m未満）	→　〃
粗粒な土砂（細礫～大礫程度）	→治山施設及び森林で捕捉可能
細粒な土砂（シルト～砂程度）	→治山施設及び森林で一部捕捉可能
土砂が混じった水	→密生した草本で減勢可能

土砂が混じった水を減勢させるには森林の下流側に草地を配置する等の対応が必要となるが、荒廃地や森林に住宅地や基幹道路が近接している調査地での草地造成は非現実的であると共に、流量が大きくなると草地における侵食が促進されることがあり、土砂災害対策としての細粒分の捕捉を完全に達成することは困難である。このため、治山事業により対象とする土砂の構成物は巨石・巨礫・粗粒な土砂及び一部の細粒な土砂とする。

(2)治山事業の全体的な整備方針

住宅地や幹線道路に直接的な被害を及ぼした、或いは及ぼす可能性の高い荒廃地の緊急的な整備を早急に進める。源頭部発生源については航空実播工を早期に着手することにより植生の侵入状況について経過観察を行いつつ崩壊源全体の植生回復を図ることとする。

他の荒廃地については山地全体の保全を念頭に置いて発生源対策としての整備を段階的に進めることとする（図 10）。

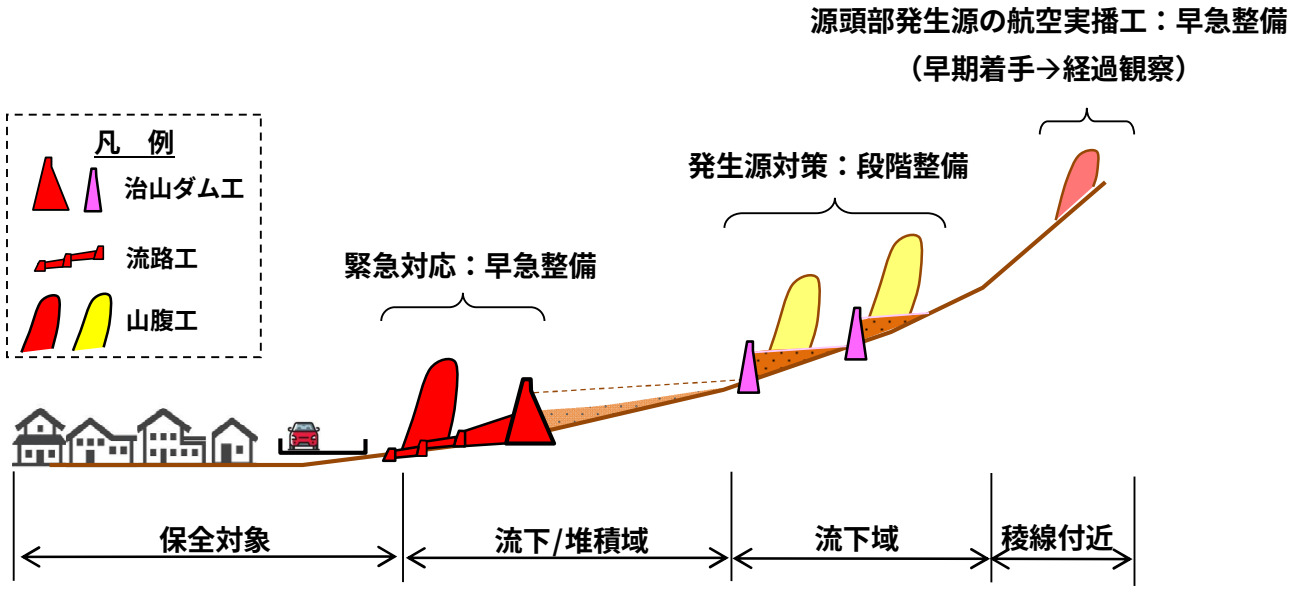


図 10　渓流荒廃地の整備模式図

(3)渓流荒廃地の復旧計画方針（図 11 整備模式図）

今回災害による不安定土砂が保全対象直上に堆積しており、堆積区が凹の横断地形を呈する箇所については待ち受け型治山ダムにより不安定土砂の抑止を図る。堆積区の横断面が平坦で待ち受け型治山ダムが設置不可能な箇所では低ダム群による抑止を行う。また、土石流が肥大化する流下区においては階段状に配置した治山ダムによる発生源対策を行い、今後の侵食により発生する可能性のある土砂の抑止を図る。

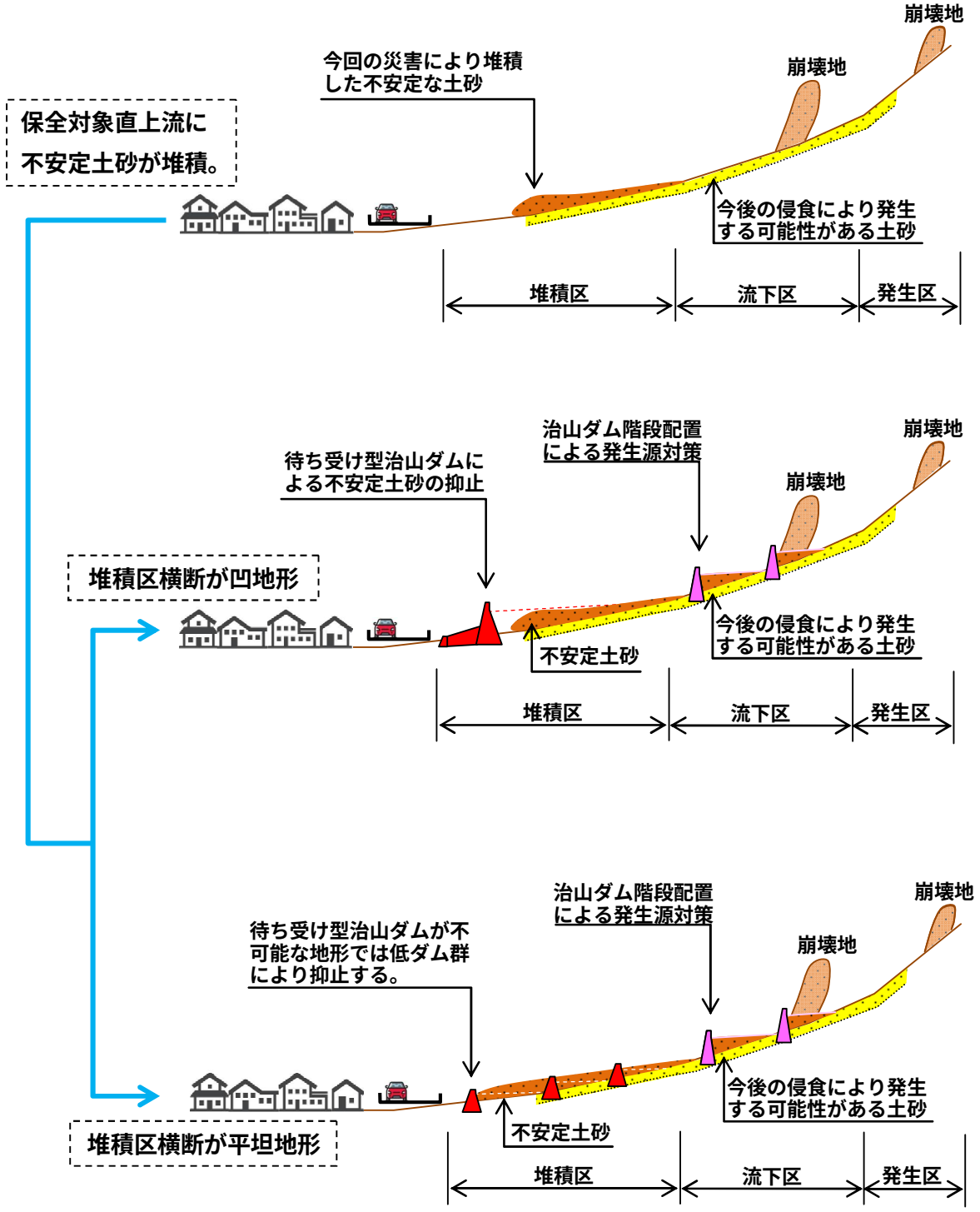
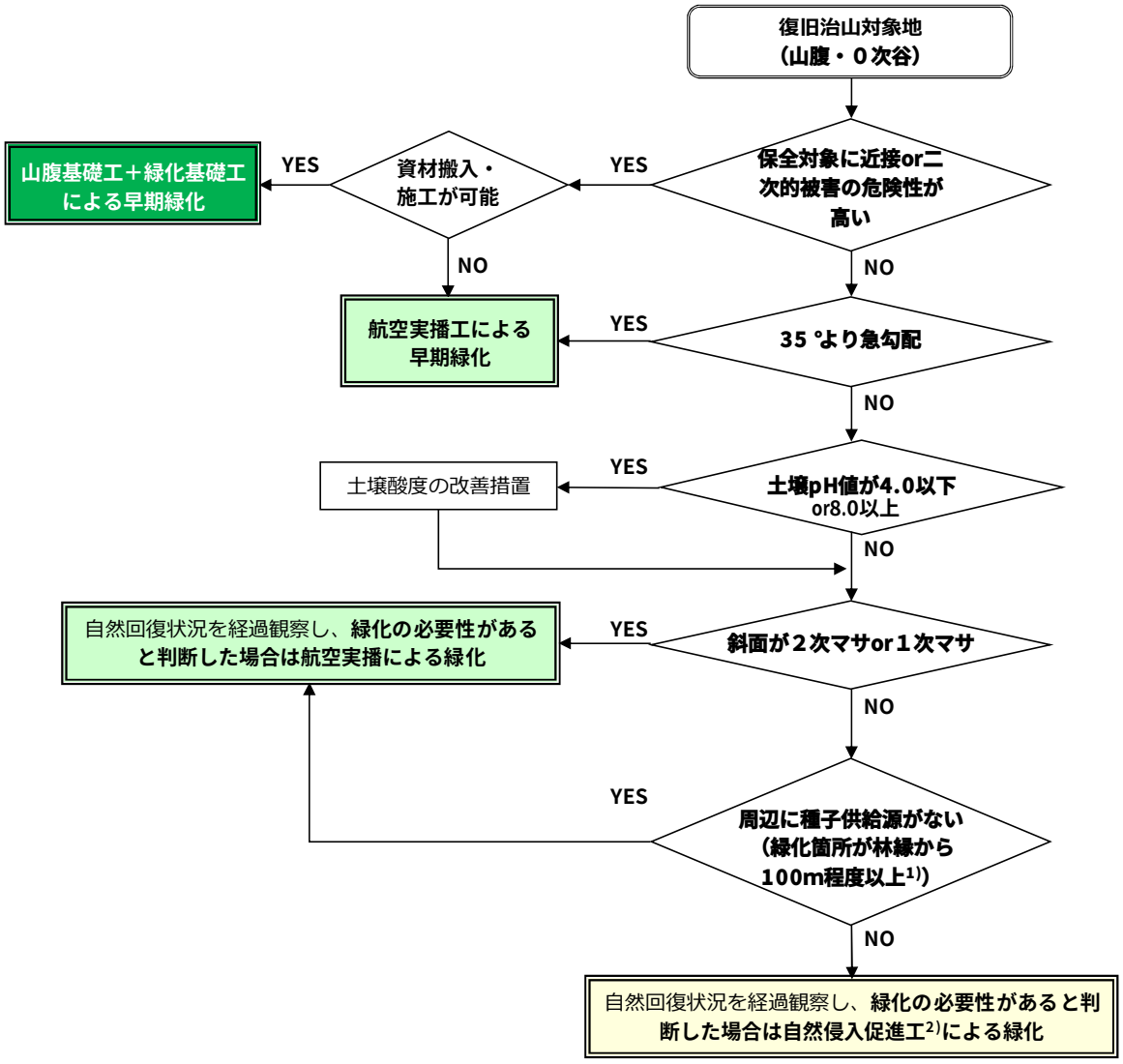


図 11　渓流荒廃地の整備模式図

(4)山腹荒廃地の復旧計画方針

山腹荒廃地の復旧対策については、保全対象との崩壊地との位置関係や崩壊地の状態（勾配,土壌の化学性,土壌硬度等）に基づき、山腹基礎工、航空実播工及び自然回復の進行を把握することを目的とした経過観察に区分して実施する（図.12 参照）。



1)アカマツの種子散布範囲から設定（内藤俊彦（1977）,粉体工学研究会誌,Vol.14,No.2,p30-39）
2)治山緑化に寄与する環境保全型ロール資材の開発,小川泰浩,（2014）,日本緑化工学会誌,40(1),p191-194　など

図 12　山腹工の選定フロー

「地域生態系の保全に配慮したのり面緑化工の手引き（国土技術政策総合研究所）」、「道路土工-切土工・斜面安定工指針（日本道路協会）」を参考に作成

(5)資材搬入路の計画方針

０次谷等の凹地形部、崩壊が懸念される稜線部、出水時において路体が流亡する懸念のある沢部等に注意した線形計画及び構造とする。

(6)流末整備の計画方針

流末整備については、待ち受け型治山ダムや最下流に配置された低ダム等の下流側に流路工や水路工を整備し、既存流末施設（河川や既設の水路等）管理者との調整及び流下の安全性確保を図った上でこれら施設に接続することを基本とする。既存流末施設への安全な接続が期待できない場合については、関係各機関や部署との調整の元で適切な流末施設を新設する等の措置を講ずる。また、流末水を治山施設により分散させる場合については、施設の構造や流末水の流量等について十分な検証を行い、安全性を確認の上で計画する。

(7)着手優先度の考え方

事業を実施する上での着手度については、治山事業対象箇所（渓流荒廃地・山腹荒廃地）それぞれについて以下の因子を評価した上で決定する。

＜評価項目＞

（渓間工・山腹工　共通評価項目）

① 保全対象：保全対象について、施工箇所が保全対象（人家,主要道路等）に近接している箇所の優先順位を高く評価する。

② 関係法令：災害防災に関する法令等（山地災害危険地区や砂防指定地等）の規制範囲である場合は優先順位を高く評価する。

（渓間工　評価項目）

③ 流下/堆積区の治山施設：不安定土砂が保全対象直上（流下/堆積区）で堆積している箇所では、直接的に被害を及ぼす可能性が高いため、渓流荒廃地の復旧計画方針により流下/堆積区の待ち受け型治山ダムや低ダム群の優先順位を高く評価する。

④既往防災施設：既設の治山ダム工等の防災施設が未整備な箇所の優先順位を高く評価する。
※災害復旧事業で実施している箇所は既往防災施設「有」とする。

⑤土砂流出による被害：土石流（泥流を除く）が保全対象まで到達し被害を及ぼした箇所の優先順位を高く評価する。

（山腹工　評価項目）

⑥崩壊による被災区分：渓流上流部の崩壊で下流域まで土砂が到達している場合、優先順位を高く評価する。山腹崩壊で森林により止まっている場合は、低い。

⑦崩壊の発生源：山腹荒廃地の復旧計画方針により二次的被害の危険性の高い箇所（急勾配・不安定土砂量が大きい等）の優先順位を高く評価する。

⑧民生の安心及び景観への配慮：民生の安心の確保及び景観への配慮の必要があることから、市街地や高速道路等からの眺望が可能な箇所は優先順位を高く評価する。

（その他　評価項目）

⑨その他：周囲の施工状況（周辺の源頭部域と一体的に航空実播工による施工が可能等）、地

元要望等の要請状況及び荒廃状況を考慮し、優先順位を評価する。

因子①～⑨を整備対象箇所毎に総合的に評価し、整備優先度を決定する。

(8)住民への周知

平成３０年７月豪雨災害では、治山ダムを土石流が乗り越えて下流に被害が発生するなど治山ダムの機能の限界も見られたことから、ハード対策だけでなくソフト対策として山地災害の危険性について県民へ広く周知する。

2.具体的な対策

(1)渓流荒廃地の復旧対策

渓流荒廃地の復旧を進める上での対策の内容は次のとおりである。

①流下区の発生源対策

発生区において発生した崩壊に伴う土砂と水が到達・流下した際においても、渓床堆積物の移動が誘発されないことを目的とする。

具体的には、横工をきめ細かく配置し流下区間の分断と固定を図ることとし、横工は現地の状況に応じて治山ダム群・低ダム群とし階段状に配置する。

②堆積区の不安定な土砂

堆積区において 10°前後に残存している不安定土砂に対しては、更なる流下や再流出しないよう現位置での固定を図り、現堆砂域の範囲を安定化させることを目的とし地形を利用した緩衝機能が保持できるよう考慮する。

③土石流への対応

待ち受け型治山ダムをはじめ、巨石や巨礫の流下のおそれがある箇所において施工する治山ダムについては、衝撃力等の外力に対する強度を適切に有するように、天端厚や袖部の突込み・根入の十分な確保、鉄筋の挿入、背面への盛り土等による袖部の補強を行う。

(2)山腹荒廃地の復旧対策

①発生区の発生源対策

発生区の山腹崩壊地は稜線付近をはじめ資材搬入が困難な箇所が多い。このため植生回復の経過観察と並行した航空実播工や天然更新を促す省力化工法など現地状況に応じた計画とする。

②直下に人家等の保全対象が近接する山腹荒廃地

斜面の安定性を向上させる補強土工、表面侵食の防止や土砂の移動を抑制するための土留工や柵工、山腹斜面が集水地形である箇所では水路工、湧水等が確認される場合は暗渠工等の排水対策を計画する。

(3)流末整備

流末整備については、流末水を安全に河川もしくは海域へと誘導することが理想であるが、用地の確保その他の制約について一部署のみで解決できる問題では無いことが多い。現地の状況に応じた対応、関係機関・部署との調整を適宜行うことが望ましい。

(4)森林による土砂流出緩衝機能の強化

巨石・巨礫・粗粒な土砂及び細粒な土砂の流出については治山施設により減勢・抑制することを基本とするが、森林の機能を併用することで粗粒土砂や細粒土砂の抑制・抑止機能（土砂流出緩衝機能）が期待できる場合もある。但し適用可能な条件（参考資料 図 24、25）について更に詳細な検討を進めると共に、治山施設との組み合わせ等についても検討する。

(5)復旧計画方針の適用事例～東広島市高屋地区、八本松地区及び黒瀬地区を対象として

計画方針と具体的な対策の適用事例として、民有林直轄治山事業区域（高屋区域、八本松区域、黒瀬区域）における復旧計画方針を示す。

ア 高屋区域

①平成 30 年 7 月豪雨により、土砂災害・土石流が多発したことに鑑み、保全対象の安全確保の重要度が高いものや土砂流出のおそれが高いものについて復旧を進める。

②荒廃の進行・拡大傾向が顕著な荒廃地について優勢的・重点的に事業を実施し、事業効果の早期発現を図ることとする。復旧・整備にあたっての方針は以下のとおりである。

・山腹工として、土留工を主体とした山腹基礎工により斜面安定を図り、筋工・伏工等により植生の育成基盤を造成・改善し、早期緑化を図る。資材搬入が困難な稜線付近では航空実播により早期緑化を図る。

・渓間工として、治山ダム工により直接保全対象への土砂流出による被害の軽減を図る。併せて谷止工を階段状に配置することにより、山脚の固定、渓流勾配の緩和、縦横侵食の防止による発生源対策を行い、下流保全対象への土砂流出による被害の軽減を図る。

・工種・工法の選定においては、公共工事におけるコスト縮減に努めながら、現地発生材等を有効活用し、可能な限り環境に配慮した計画とする。

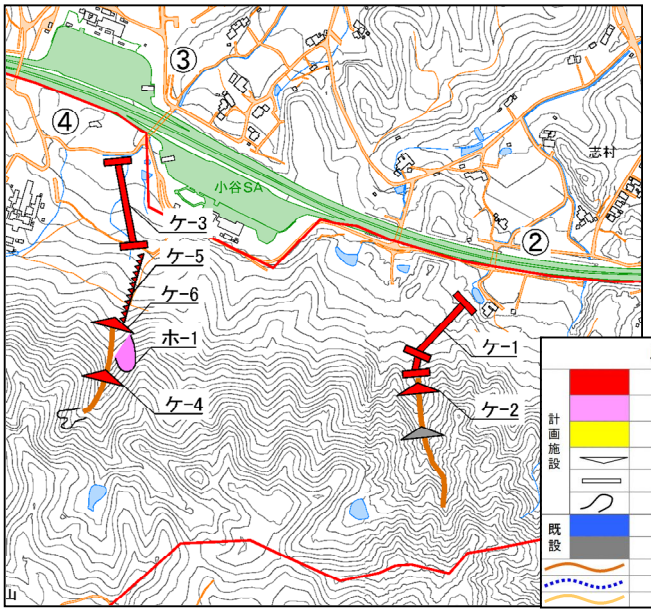


図 13　高屋区域（東側）全体計画図抜粋

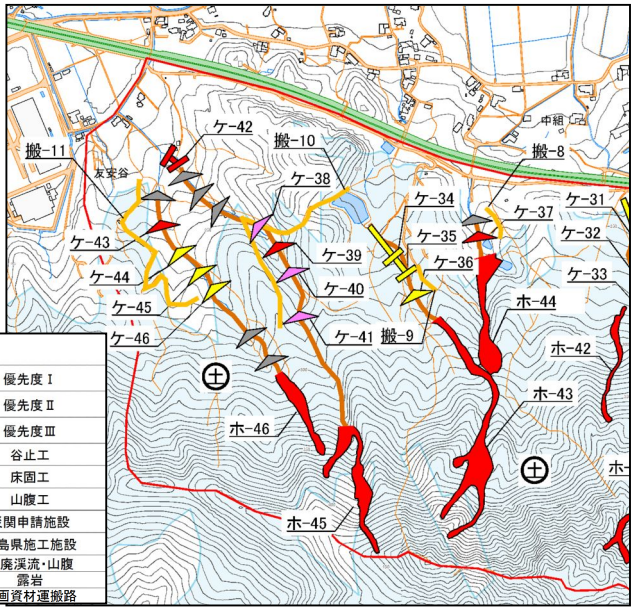


図 14　高屋区域（西側）全体計画図抜粋

イ　八本松区域

①平成 30 年 7 月豪雨により、土砂災害・土石流が多発したことに鑑み、保全対象の安全確保の重要度が高いものや土砂流出のおそれが高いものについて復旧を進める。

②荒廃の進行・拡大傾向が顕著な荒廃地について優勢的・重点的に事業を実施し、事業効果の早期発現を図ることとする。復旧・整備にあたっての方針は以下のとおりである。

・山腹工として、土留工を主体とした山腹基礎工により斜面安定を図り、筋工・伏工等により植生の育成基盤を造成・改善し、早期緑化を図る。資材搬入が困難な稜線付近では航空実播により早期緑化を図る。
・渓間工として、治山ダム工により直接保全対象への土砂流出による被害の軽減を図る。併せて谷止工を階段状に配置することにより、山脚の固定、渓流勾配の緩和、縦横侵食の防止による発生源対策を行い、下流保全対象への土砂流出による被害の軽減を図る。
・工種・工法の選定においては、公共工事におけるコスト縮減に努めながら、現地発生材等を有効活用し、可能な限り環境に配慮した計画とする。

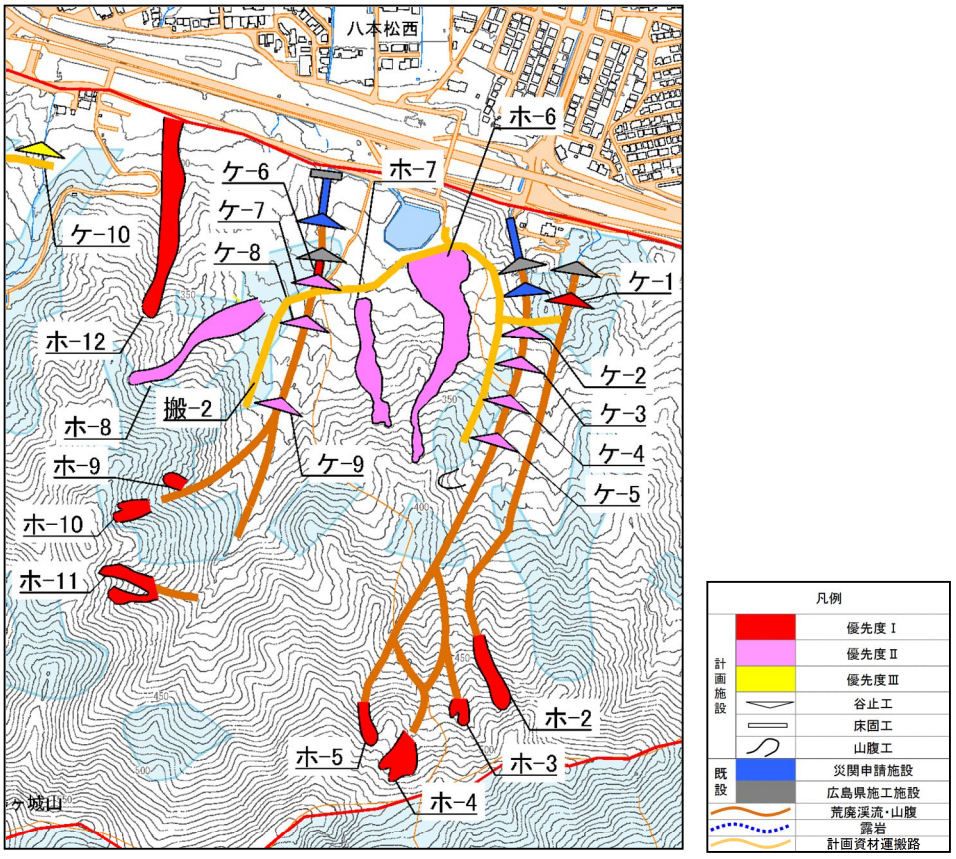


図 15　八本松区域　全体計画図抜粋

ウ 黒瀬区域

①平成 30 年 7 月豪雨により、土砂災害・土石流が多発したことに鑑み、保全対象の安全確保の重要度が高いものや土砂流出のおそれが高いものについて復旧を進める。

②荒廃の進行・拡大傾向が顕著な荒廃地について優勢的・重点的に事業を実施し、事業効果の早期発現を図ることとする。復旧・整備にあたっての方針は以下のとおりである。

・山腹工として、土留工を主体とした山腹基礎工により斜面安定を図り、筋工・伏工等により植生の育成基盤を造成・改善し、早期緑化を図る。資材搬入が困難な稜線付近では航空実播により早期緑化を図る。

・渓間工として、治山ダム工により直接保全対象への土砂流出による被害の軽減を図る。併せて谷止工を階段状に配置することにより、山脚の固定、渓流勾配の緩和、縦横侵食の防止による発生源対策を行い、下流保全対象への土砂流出による被害の軽減を図る。

・工種・工法の選定においては、公共工事におけるコスト縮減に努めながら、現地発生材等を有効活用し、可能な限り環境に配慮した計画とする。

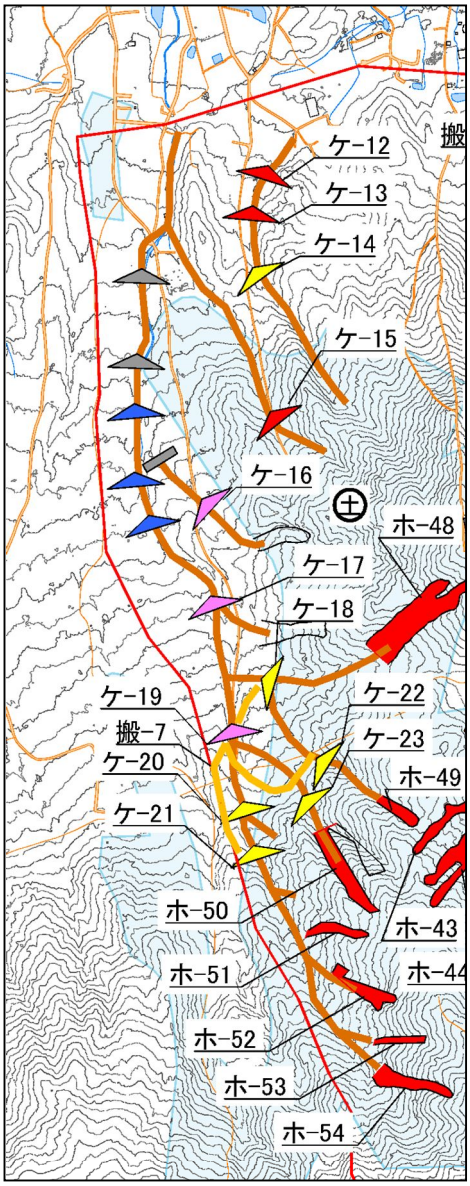


図 16　黒瀬区域（西側）
全体計画図抜粋

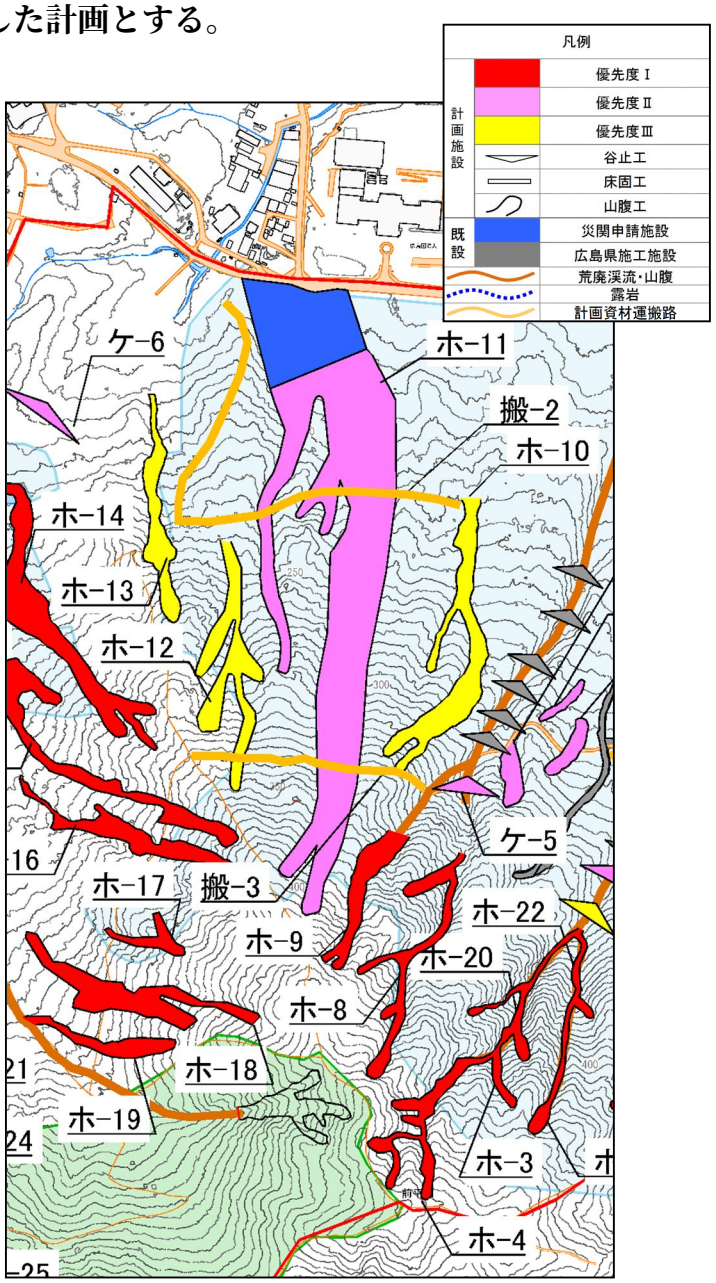


図 17　黒瀬区域（東側）
全体計画図抜粋

平成30年７月豪雨災害に係る広島県の治山復旧方針検討会
委員名簿

氏　名	現　　職
海 堀　　正 博	広島大学大学院　総合科学研究科　教授
大 丸　　裕 武	森林総合研究所　研究ディレクター
福　田　　淳	広島県農林水産局　林業振興部長
川 浪　　亜 紀 子	近畿中国森林管理局　計画保全部長

オブザーバー名簿

小 川　　泰 浩	森林総合研究所　山地災害研究室　主任研究員
多 田　　泰 之	森林総合研究所 関西支所 森林環境研究グループ　主任研究員