

### 3.5. 土砂流出の要因に係る分析

3.5 においては、前項までに整備されたデータを用いて、森林変化と土砂流出発生との関係性について試行的な分析を行う。

#### 3.5.1. 分析方針

これまで、林業生産活動に伴い、土砂流出が発生した箇所と発生しなかった箇所の差異や発生した箇所における具体的な要因等に関する調査分析は十分に行われているとはいえない。

これを踏まえ、林野庁「令和3年度流域山地災害等対策調査（令和2年発生 of 山地災害の実態等に関する調査）」において、齢級を指標として土砂流出発生との関係について分析を行ったところ、土砂流出は若齢級で特に発生しやすい傾向が示されたものの、伐採など、林業生産システムによる影響であるかまでは明らかにならなかったことから、齢級以外の指標についても分析が必要と考えられた。

#### 3.5.2. 分析手法

##### 1) 考慮すべき因子について

上記のとおり、森林と土砂流出の関係に係るこれまでの分析は、地形、地質、土層深、齢級等といった、山地災害危険地区調査要領に示されている指標を用いたものが主流であったが、林業生産システムとの関連性を把握するためには、伐採などの森林変化があり、且つ集材路等の路網が開設されている林地に着目し、森林変化と路網に関連した要素を加味した分析が必要である（図 31）。

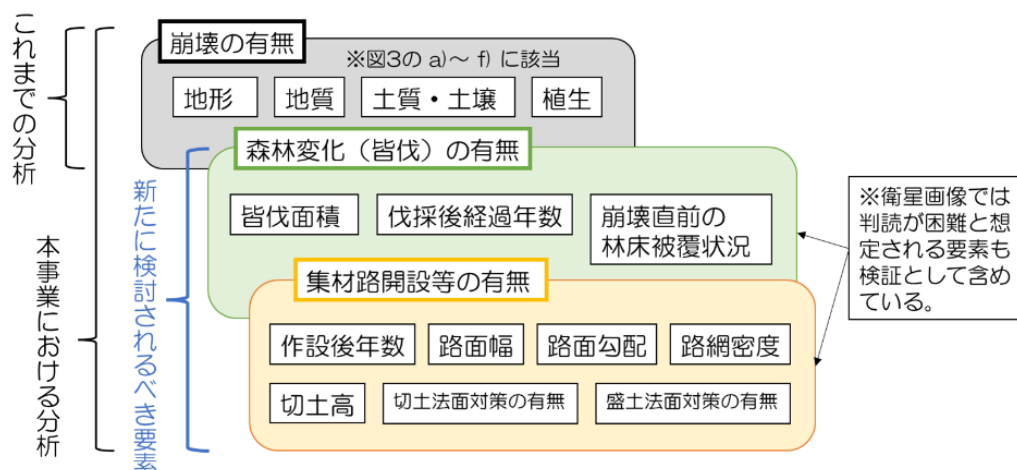


図 31 森林変化と土砂流出の関連性を分析するために必要な要素のイメージ

##### 2) 解析対象範囲

解析対象範囲は、「3.3 航空レーザデータによる地形解析」の図 17 に示す範囲と同様、「令和2年度森林域における航空レーザ計測業務（その1）」の成果データが利用可能な球磨川右岸の約7,000 haとした（図 32）。

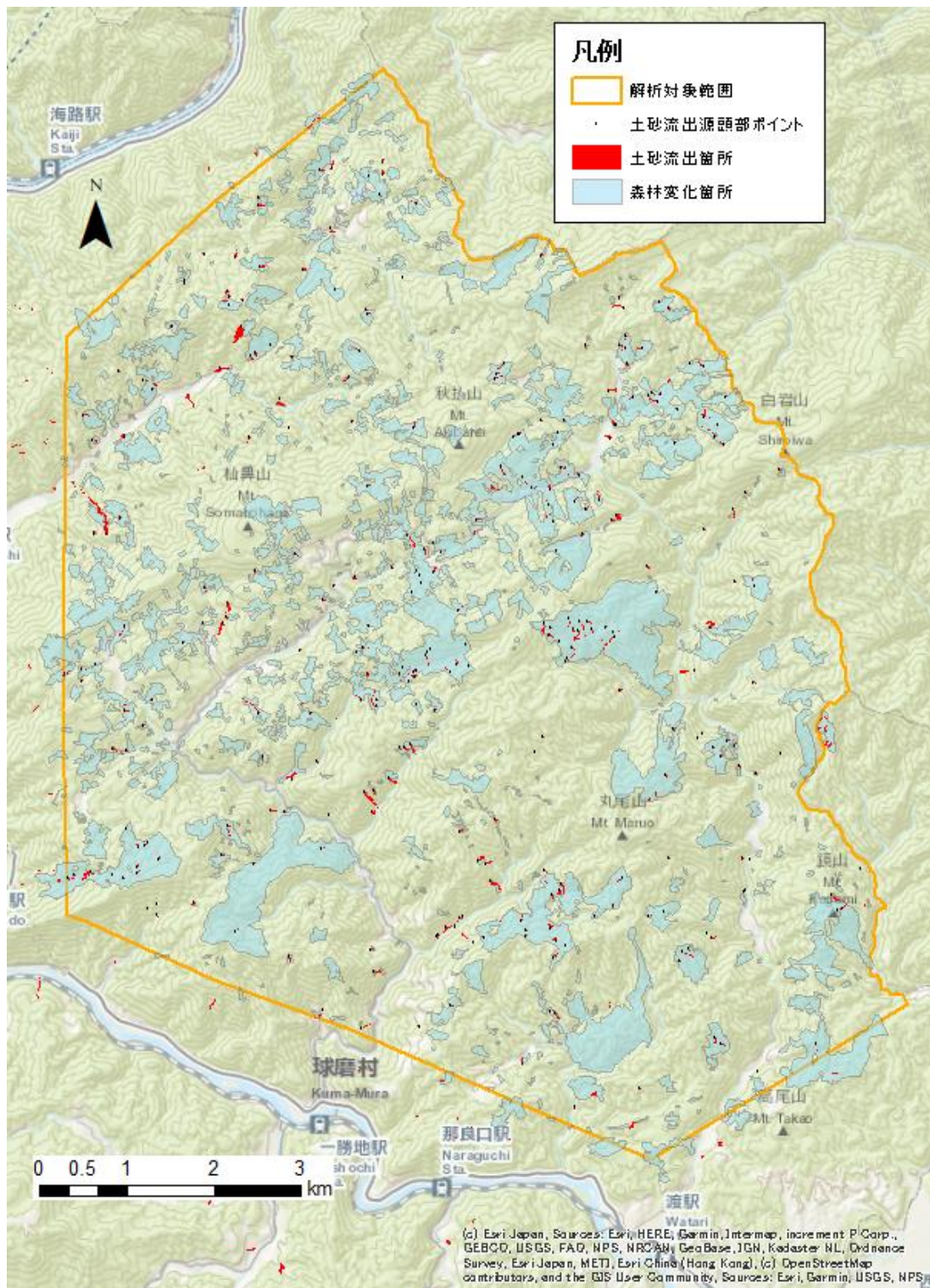


図 32 解析対象範囲

### 3) 分析内容及び手順

分析の内容及び手順は、大きく3つに分類した(図33)。

はじめに、土砂流出発生に影響を及ぼすと考えられる因子を抽出し、①各因子の状態別に、土砂流出発生箇所数や発生規模(面積)に関する集計を行い、その関係性について傾向を把握する。抽出する因子は、地形及び森林変化に関するものとする。

次に、②森林変化(伐採)面積と土砂流出発生との関係について分析を行う。

最後に、③森林変化(伐採)面積と土砂流出因子に関する分析を行い、土砂流出が発生しやすい条件について整理を行う。

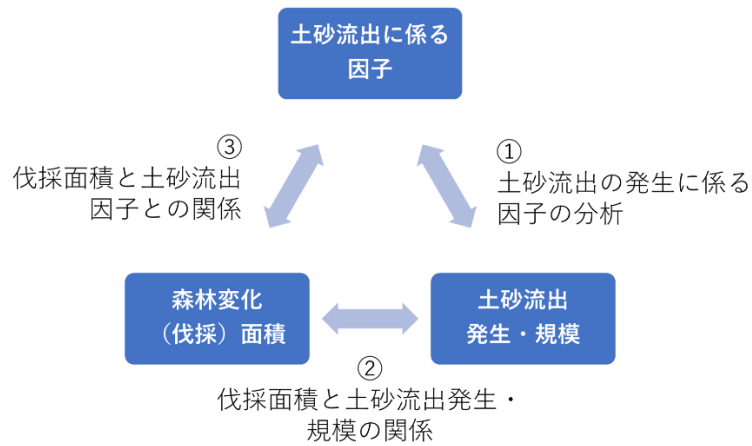


図 33 分析イメージ

#### 4) 使用データ

分析で使ったデータを表 12 に整理した。

表 12 分析に使用するデータ

項目	データの名称・種類	データ数	備考
解析対象範囲	解析対象範囲	-	R2 年度航空レーザデータ計測範囲のうち、球磨川より北側の範囲。
森林変化地(箇所)	森林変化ポリゴン	640 個 (うち路網あり 365 個)	2020 年 5 月以前の衛星画像判読により抽出した森林変化地。伐採時期が異なる森林変化地のうち、隣接しているポリゴンについてはマージ(統合)処理を行った。
森林変化面積		1,736 ha	
土砂流出起点箇所数	源頭部ポイント	365 個 (うち森林変化ポリゴン内 209 個)	土砂流出箇所のうち、土砂流出の起点が検出できた箇所のみ。
土砂流出箇所数	土砂流出ポリゴン	324 個 (うち森林変化ポリゴン内 252 個)	土砂流出・堆積が確認できた範囲。
土砂流出面積		33 ha	
路網	路網ライン	全長 706,975m (うち森林変化ポリゴン内 298,682m)	R2 年度航空レーザデータ計測範囲のうち、球磨川より北側の範囲において判読により抽出したもの。
10mメッシュ毎のポイント	10mメッシュポイント	解析エリア全体 823,311 個 (うち森林変化ポリゴン内 166,183 個)	DEM データを用いて解析対象範囲の各ポイントの傾斜、方位、縦断面形、横断面形、縦横断面形を算出。

## 5) 具体的な集計方法

主に、森林変化地（全 640 ポリゴン）を対象に 10m メッシュ毎のポイントを作成し、各ポイントについて、分析する因子毎に抽出したポイント数をカウントする方法で集計した。この集計方法は、空間的に多様な分布をしており、森林変化地毎の代表値で表すには難しい、傾斜、方位、凹凸等といった地形因子を集計することに適している。分析は、森林変化地の伐採規模によって分類されたポリゴンまたはポイントの出現数をカウントすることや、個々に付与した属性情報を集計することにより行う。

### 3.5.3. 土砂流出発生に係る因子の分析

本項では、解析対象エリアとなっている球磨川右岸側のうち、2020 年 7 月発生の豪雨災害よりも以前に、伐採等により様相が変化していた森林地において、当該豪雨により発生した土砂流出と、土砂流出発生に寄与すると考えられる数種の因子について分析を行った。

ここでは、既往の知見より、土砂流出発生への寄与度が比較的高いとみられる地形に関する因子の他、森林変化に係る代表的な因子である「路網」の分類（路網から 10m 未満）を追加し、当該エリアにおける基本的な土砂流出の発生傾向（因子との因果関係）について把握することとした。

#### 1) 路網と土砂流出の関係

図 34 は、森林変化地（640 箇所）の全ポイント（以下「森林変化ポイント」）について、路網から 10m 未満にあるものとそうでないものを分類し、伐採地全体に占める路網から 10m 未満のポイント割合と、土砂流出源頭部に占める路網から 10m 未満のものの割合を算出したものである。

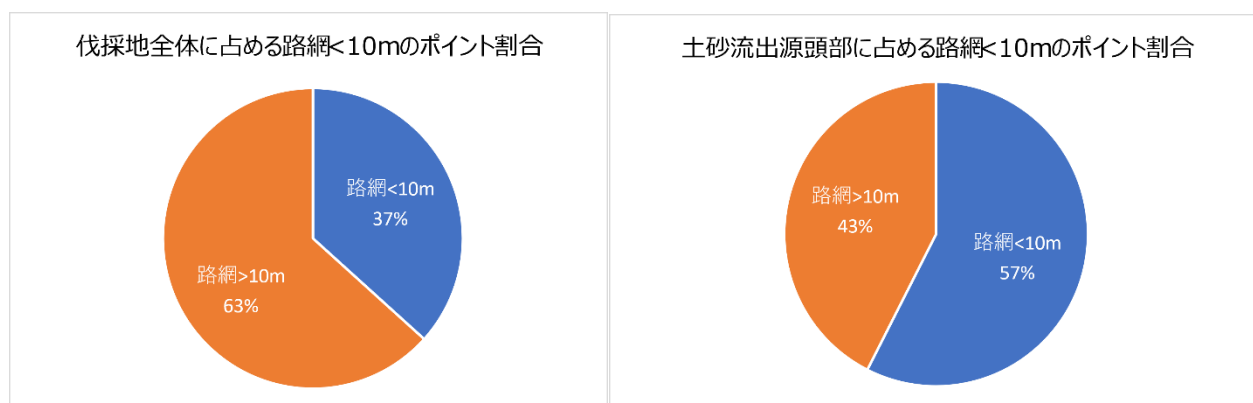


図 34 路網と土砂流出発生の関係

(左：伐採地全体、路網から 10m 未満・10m 以上、右：土砂流出源頭部、路網から 10m 未満・10m 以上)

土砂流出源頭部に占める路網から 10m 未満のポイントの割合は伐採地全体のそれと比較して高くなっており、路網近傍が相対的に高い確率で土砂流出源頭部となっていた。

## 2) 傾斜角と土砂流出の関係

図 35 は、森林変化ポイント及び土砂流出源頭部ポイントに付与された傾斜角を、森林作業システムや路網整備水準の目安を定める際の基準として用いられている 4 つの傾斜区分に基づき、緩傾斜 ( $0^{\circ} \sim 15^{\circ}$ )、中傾斜 ( $15 \sim 30^{\circ}$ )、急傾斜 ( $30 \sim 35^{\circ}$ )、急峻地 ( $35^{\circ} \sim$ ) に分類し、伐採地全体と土砂流出源頭部の割合を比較したものである。

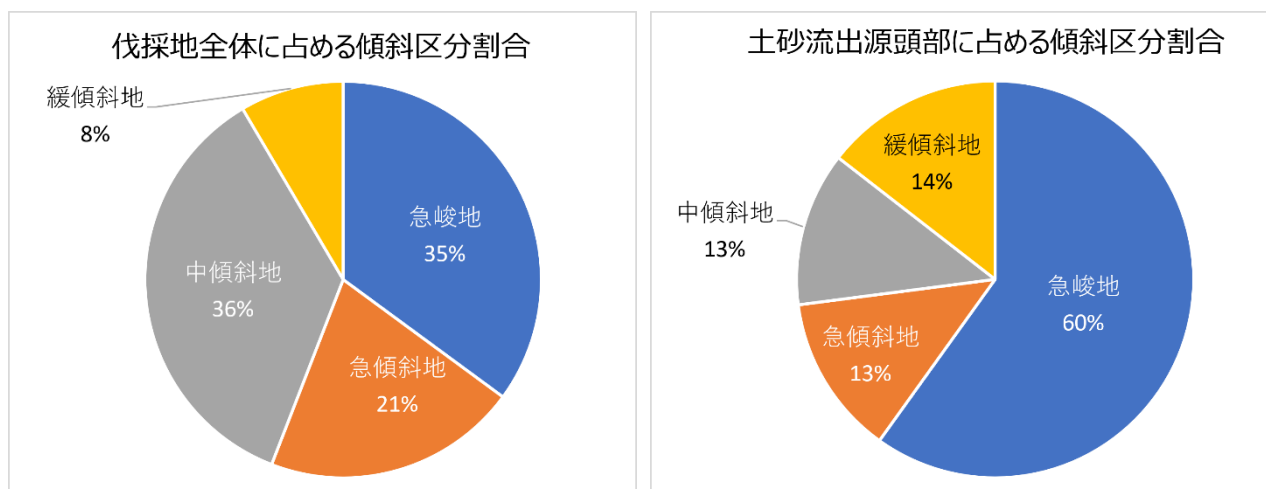


図 35 傾斜角別メッシュポイント出現割合  
(左：伐採地全体、右：土砂流出源頭部)

土砂流出源頭部に占める急峻地の割合は伐採地全体のそれと比較して高くなっており、急峻地は相対的に高い確率で土砂流出源頭部となっていた。

さらに、傾斜区分に加え、路網から 10m 未満であるかどうかで分類し、条件が重なることによる相対的な割合の変化を分析した (図 36)。

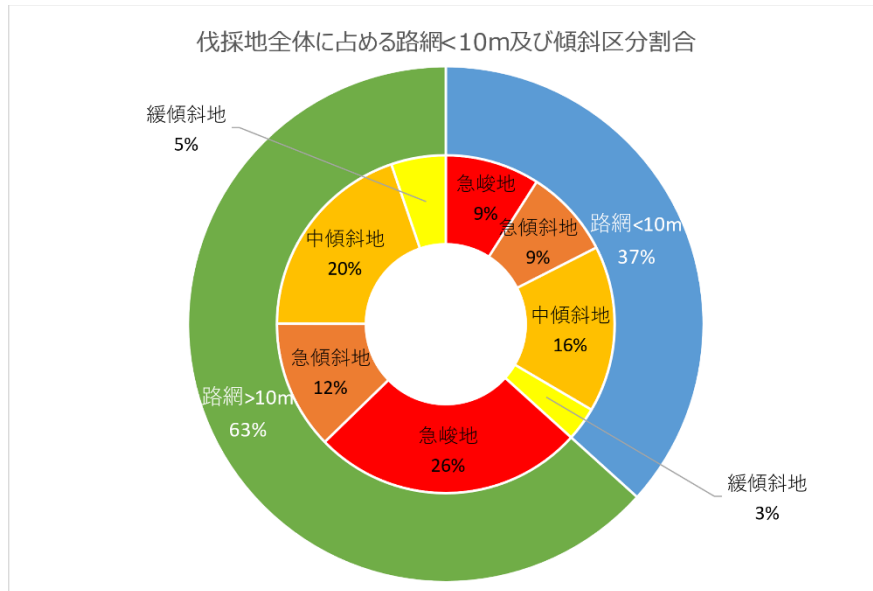


図 36 傾斜角別メッシュポイント出現割合  
(伐採地全体、路網から 10m 未満・10m 以上)

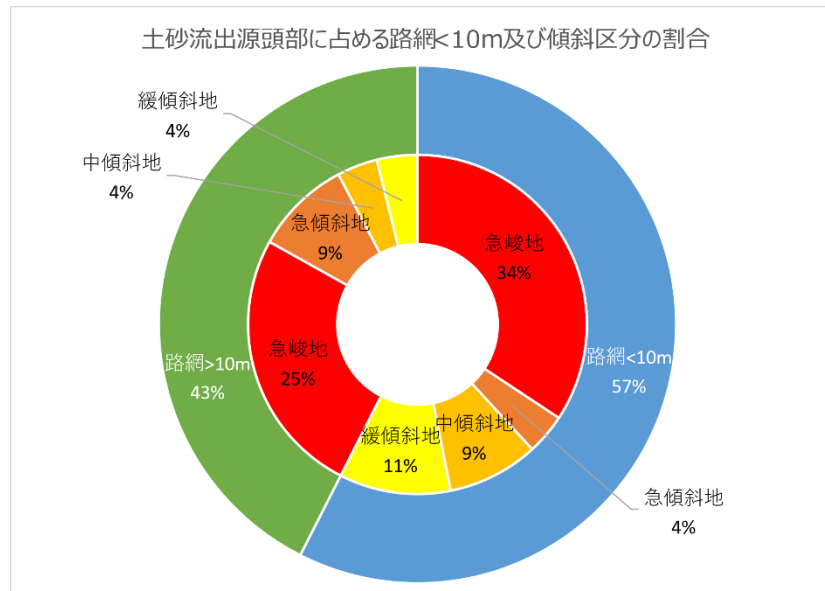


図 37 傾斜角別メッシュポイント出現割合  
(土砂流出源頭部、路網から10m未満・10m以上)

路網から10m未満かつ急峻地という条件が重なるポイントは、伐採地全体に占める割合が9%に対し、土砂流出源頭部に占めるそれは34%となっており、単独要素で伐採地全体と土砂流出源頭部を比較した際の相対的な割合の変化(路網<10m:1.5倍(57%/37%)、急峻地:1.7倍(60%/35%))よりも高くなり、条件が重なることでより土砂流出が発生しやすくなる可能性がある。

### 3) 縦断面形と土砂流出の関係

図 38 は、森林変化箇所を縦断地形の観点から分類し、割合を算出したものと、土砂流出源頭部のそれとを比較した。

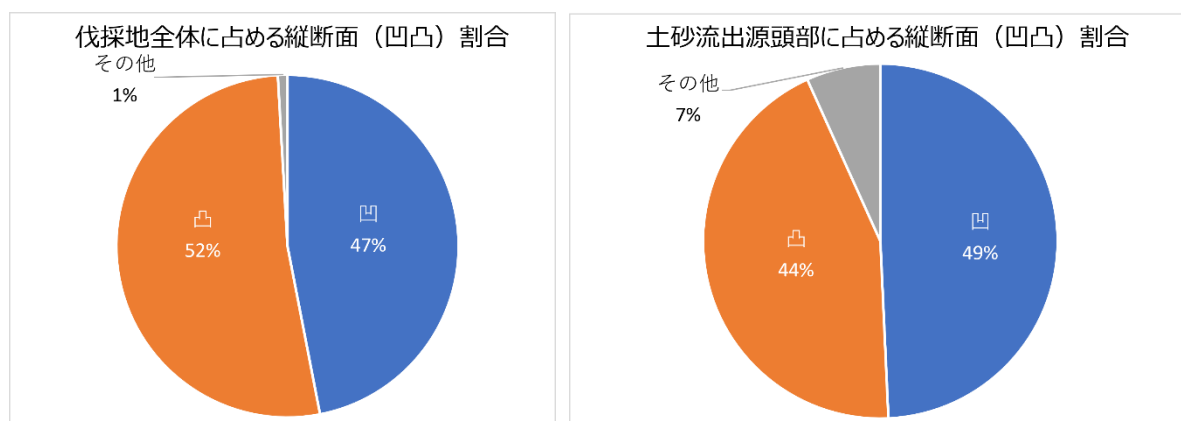


図 38 縦断面形(凹凸)別メッシュポイント出現割合  
(左:伐採地全体、右:土砂流出源頭部)

伐採地全体に占める縦断地形の割合は概ね凸・凹地形が占めており、その割合はわずかだが、凸>凹となっている。土砂流出源頭部に占める割合は伐採全体とほぼ同様な構成となっているが、わずかだが凸<凹となっている。

#### 4) 横断面形と土砂流出の関係

図 39 は、森林変化箇所を横断地形の観点から分類し、割合を算出したものと、土砂流出源頭部のそれとを比較した。

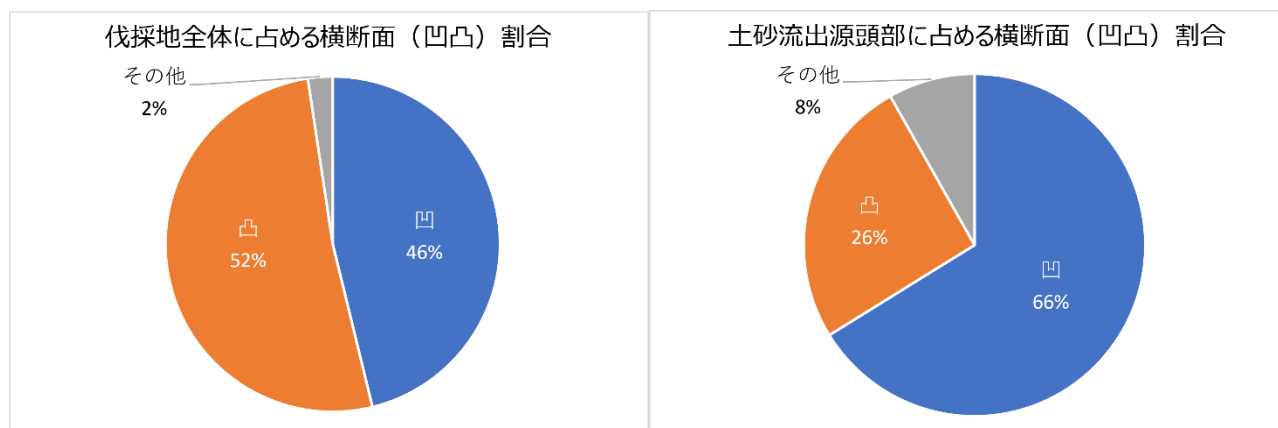


図 39 横断面形（凹凸）別メッシュポイント出現割合  
（左：伐採地全体、右：土砂流出源頭部）

伐採地全体に占める横断地形の割合は概ね凹・凸地形が占めており、その割合はわずかだが、凸>凹となっている。土砂流出源頭部に占める割合も概ね凹・凸地形が占めているが、凹地形の割合が伐採地全体のそれと比較して高くなっており、相対的に高い確率で凹地形が土砂流出源頭部となっている。

#### 5) 縦横断面地形と土砂流出の関係

図 40 は、森林変化箇所を縦横断地形の観点から分類し、森林変化ポリゴン全体の割合を算出したグラフと、土砂流出源頭部のそれとを比較したグラフである。

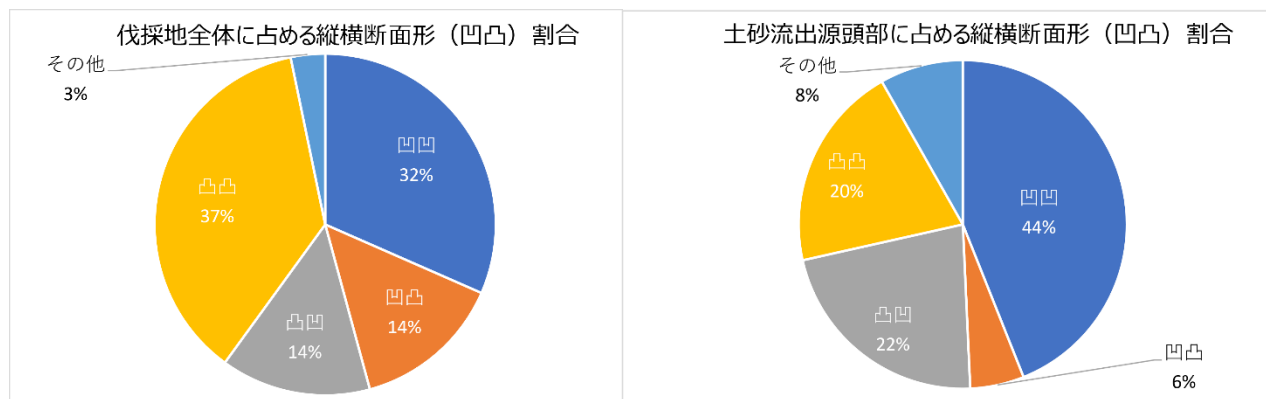


図 40 縦横断面形（凹凸）別メッシュポイント出現割合  
（左：伐採地全体、右：土砂流出源頭部）

土砂流出源頭部に占める凹凹地形の割合は、伐採地全体のそれと比較して高くなっているが、伐採地全体と土砂流出源頭部を比較した凹地形（横断面）の単独での相対的な割合の変化（1.4 倍（66%/46%））に対し、凹凹地形のそれ（1.4 倍（44%/32%））と概ね変わらないことから、縦横断の地形要素については、特に横断面（凹地形）が強く影響していると考えられる。

次に、2) 傾斜と土砂流出の関係で行った路網から 10m 未満かつ急峻地という条件が重なるポイントの相対的な割合の変化を比較したものに、凹地形の要素を加え、同様に比較した（図 41、図 42）。

伐採地全体に占める路網 <10m、傾斜区分及び横断面（凹凸）割合

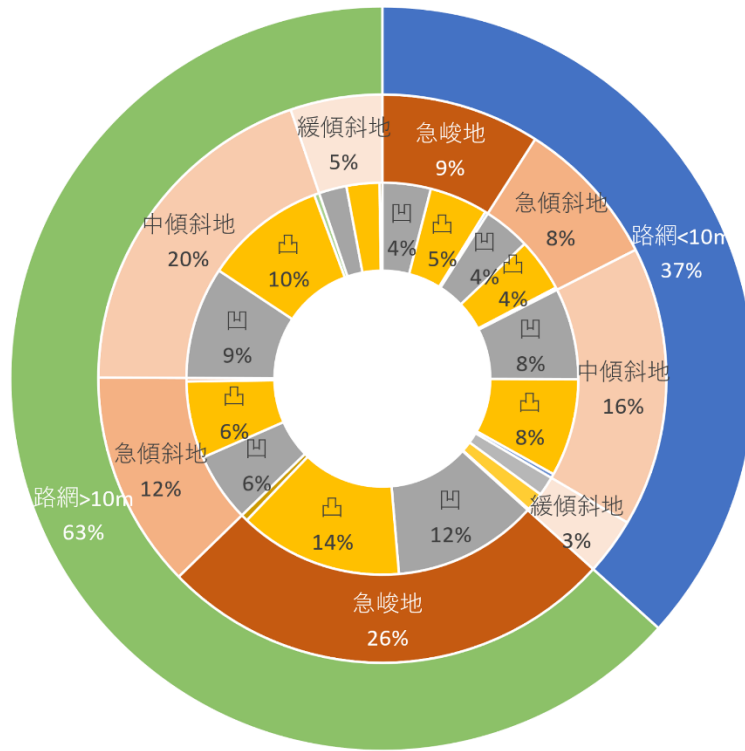


図 41 伐採地全体に占める路網<10m、傾斜区分及び横断面（凹凸）割合別メッシュポイント出現割合

土砂流出源頭部に占める路網 <10m、傾斜区分及び横断面（凹凸）割合

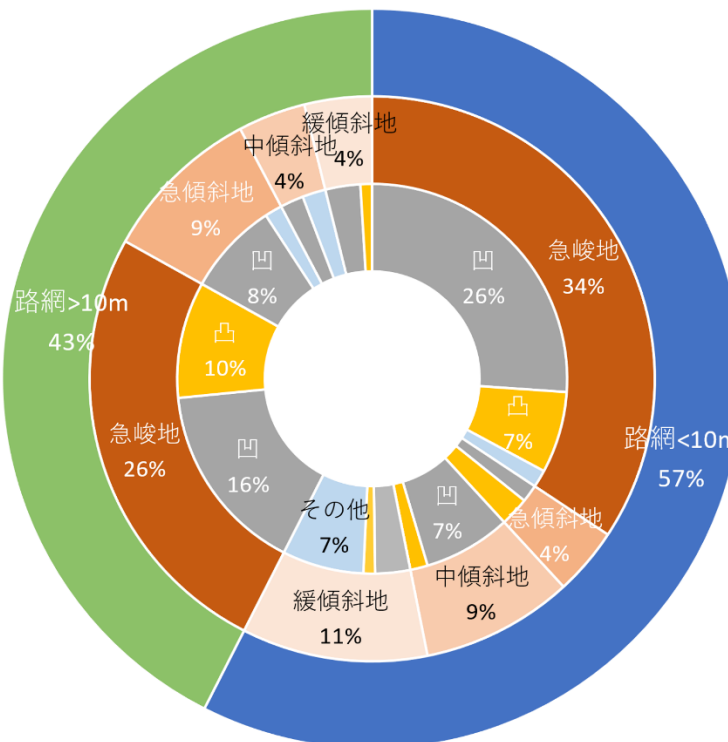


図 42 土砂流出源頭部に占める路網<10m、傾斜区分及び横断面（凹凸）割合別メッシュポイント出現割合

路網から 10m 未満かつ急峻地かつ凹地形（横断面）について、伐採地全体に占める割合が 4 %であるのに対し（図 41）、土砂流出源頭部では 26%となっており（図 42）、2つの条件（路網から 10m 未満かつ急峻地）が重なった場合（3.8 倍：34%/9%）よりもさらに相対的に高い確率（6.5 倍：26%/4%）で土砂流出源頭部となっている。条件が重なることでより土砂流出の発生原因になる可能性が高くなると考えられる。

### 3.5.4. 伐採面積と土砂流出発生・規模の関係

#### 1) 伐採規模別の土砂流出が発生した伐採地の割合

伐採規模別に伐区内に一つでも土砂流出を含んでいる伐採地の割合を比較した結果、5ha～10ha の区分では概ね半数の伐区に（一つ以上の）土砂流出が発生していた（図 43）。

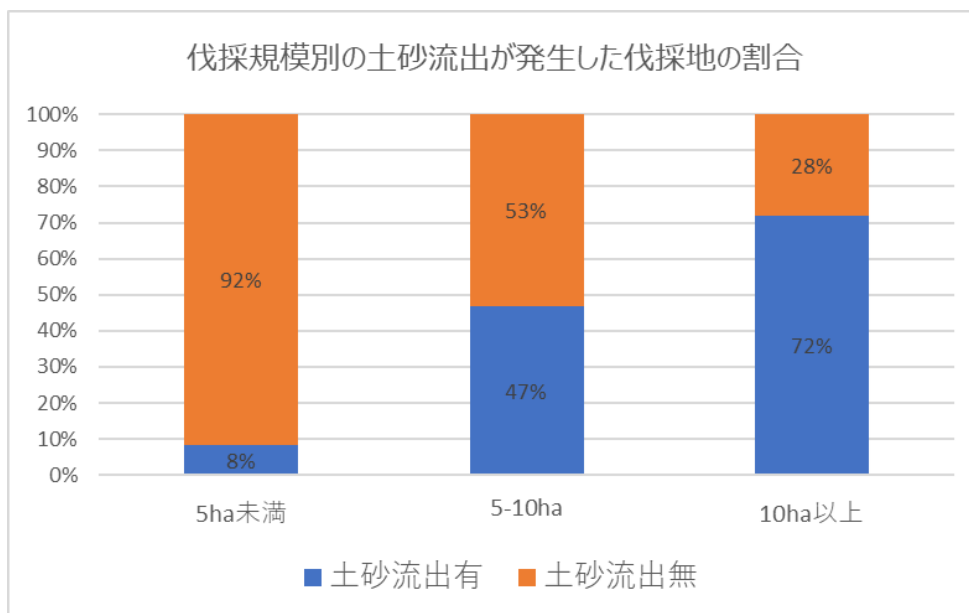


図 43 伐採規模別の土砂流出が発生した伐採地の割合

### 3.5.5. 伐採面積と土砂流出発生因子との関係

「3.5.3 土砂流出発生に係る因子の分析」に関して、伐採規模別に地形要素（傾斜、縦横断面形）と路網要素がどのように変化するか分析を行った。

#### 1) 伐採規模別の傾斜区分の割合

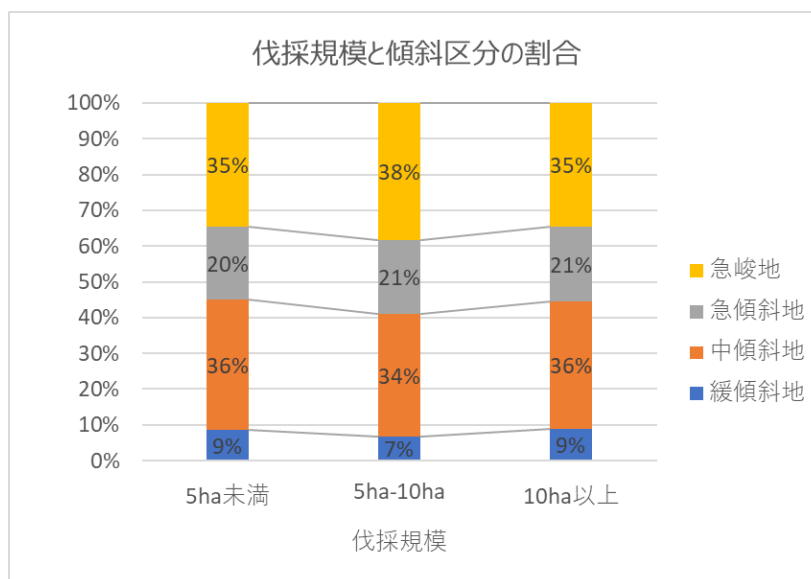


図 44 伐採規模と傾斜区分の割合

## 2) 伐採規模別の縦横断面形別割合

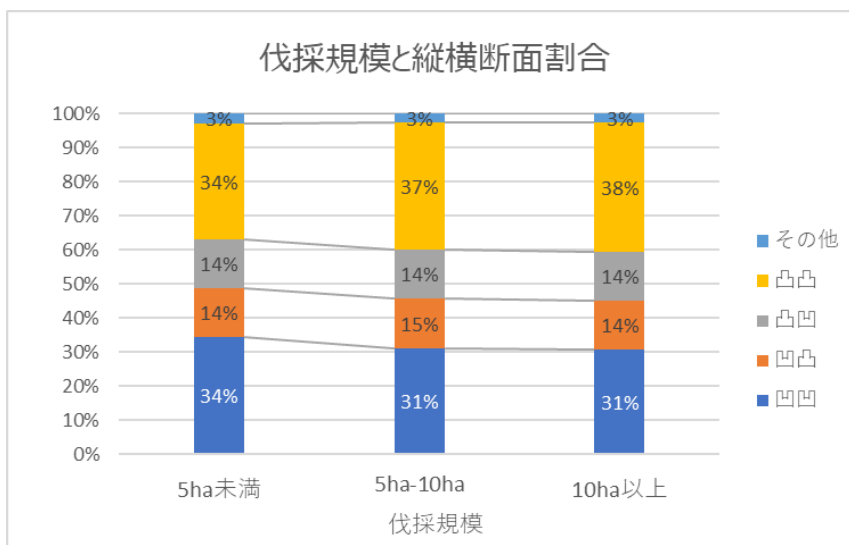


図 45 伐採規模別の縦横断面形別割合

図 44、図 45 では、傾斜や縦横断面形といった地形因子について、伐区内全体のポイント数に対する各分類におけるポイント数の比較を行ったところ、伐採規模による地形分類の割合（構成）に大きな変化は見られなかった。

## 3) 伐採規模別の路網密度(m/ha)

伐採規模別に路網密度（路網の総延長/合計伐採面積）の比較を行った。なお、合計伐採面積には路網が検出されなかった伐採地の面積も含んでいる。

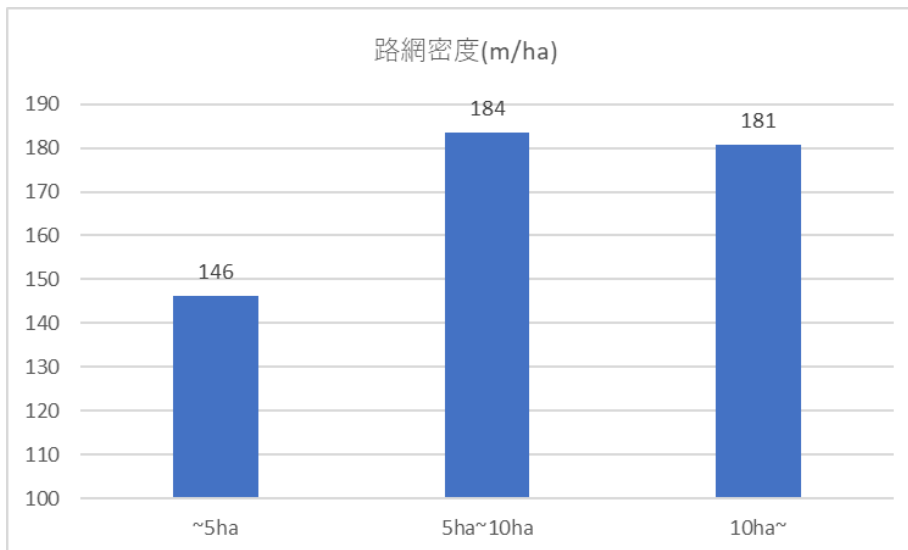


図 46 伐採規模別の路網密度 (m/ha)

伐採規模別で比較すると 5ha 以下と 5ha~10ha の間で大きく変化し、5ha~10ha と 10ha 以上ではほぼ変わらないという結果になった。

#### 4) 伐採規模別の、路網までの距離が 10m 未満かつ急峻地ポイントの割合及び含有率

「3.5.3. 土砂流出発生に係る因子の分析」から、単独の因子と比べ、相対的に高い確率で土砂流出源頭部となっていた因子のうち、路網からの距離が 10m 未満かつ急峻地という条件が重複するポイントの森林変化ポイントに対する割合及び含有率（一つでも含む伐区の割合）について伐採規模別に整理した（図 47、図 48）。

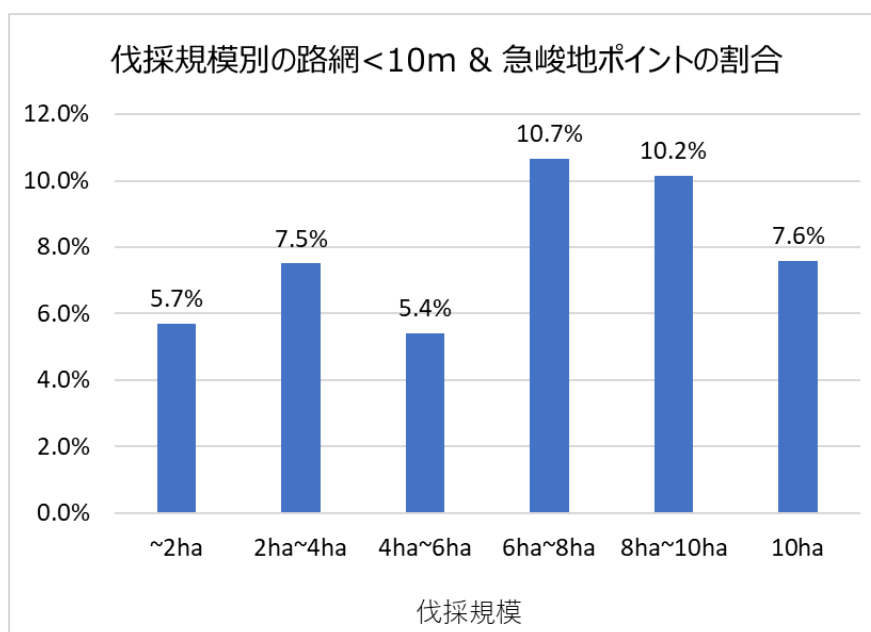


図 47 路網からの距離が 10m 未満かつ急峻地ポイントの割合（伐採規模別）

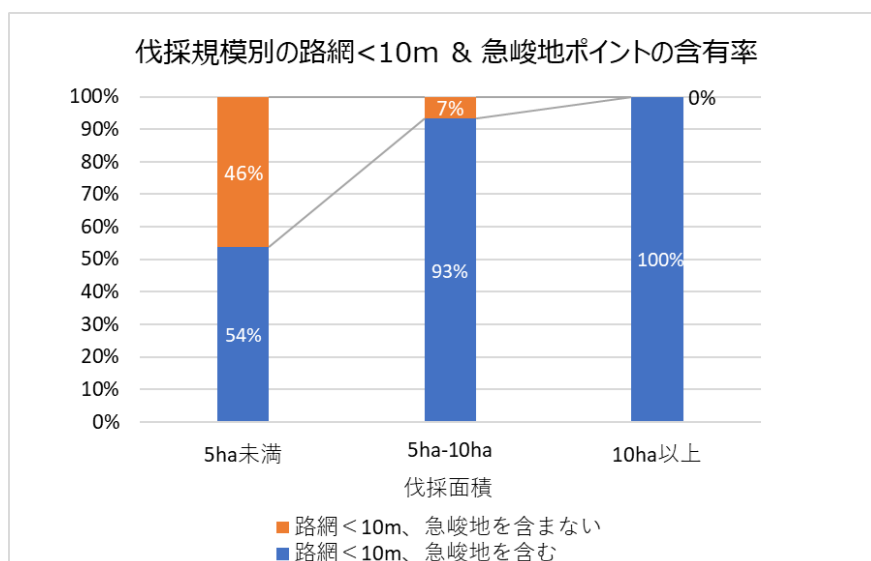


図 48 路網からの距離が 10m 未満かつ急峻地ポイントの含有率（伐採規模別）

路網から 10m 未満かつ急峻地という条件が重なるポイントの森林変化ポイントに対する割合は、4ha～6ha と 6ha～8ha の間で増加しており、また、含有率については、5ha 以上の規模になるとほぼ（93%）含んでいるという結果となった。

## 5) 伐採規模別の、路網までの距離が10m未満、急峻地且つ横断面形が凹ポイントの割合及び含有率

4)と同様に、伐区内の路網から10m未満かつ急峻地かつ凹(横断面)のポイントの割合と含有率(一つでも含む伐区の割合)を伐採規模別に整理した(図49、図50)。

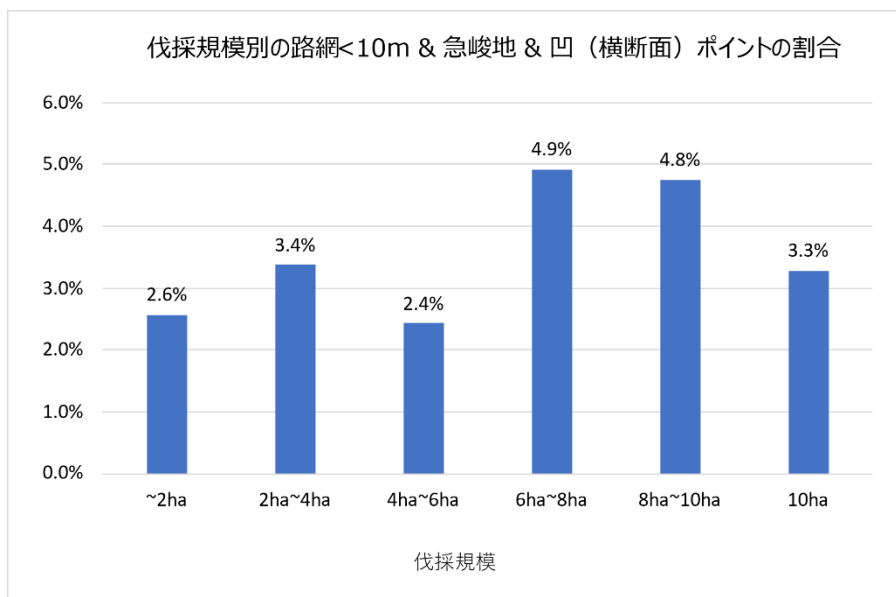


図 49 路網からの距離が10m未満、急峻地且つ横断面形が凹ポイントの割合(伐採規模別)

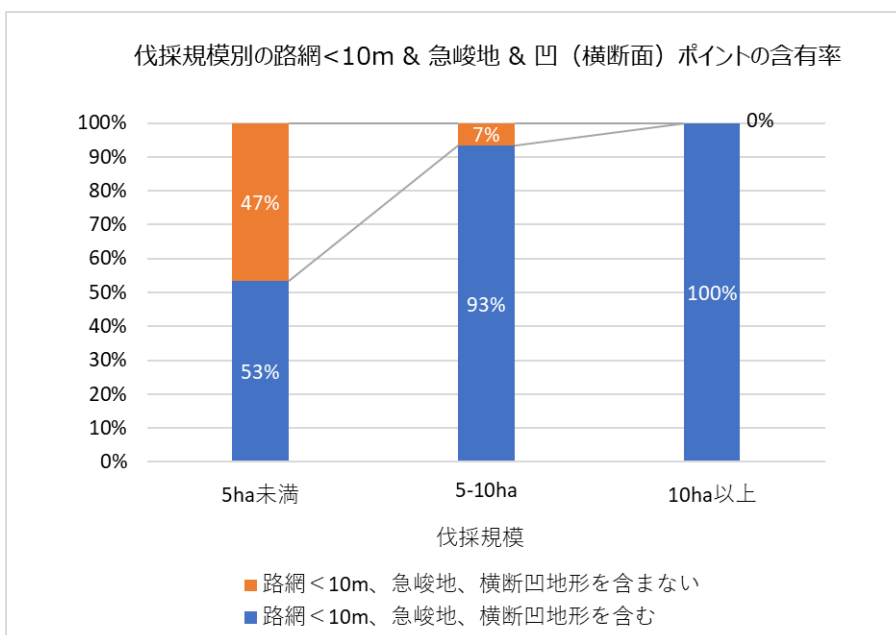


図 50 路網からの距離が10m未満、急峻地且つ横断面形が凹ポイントの含有率(伐採規模別)

4)と同様に、4ha~6haと6ha~8haの間で若干ではあるが増加している(図49)。図50からは、5ha以上の規模になると伐区内に路網から10m未満かつ急峻地の地点をおおよそ含んでいることが分かる。

4)、5)の結果と合わせて、概ね5ha以上の伐採規模になると路網密度の上昇に伴い土砂流出を誘発する可能性が高い地点の割合や含む可能性(含有率)が高くなっている。