

## 9.1 荒廃地及び周辺の林相

### (1) 林相図と主な植物群落

災害発生前の空中写真（H21年撮影）の判読、ならびに森林簿の情報を基に各調査地の林相図を作成した。林相図を図9.1.1～9.1.6に、代表的な植生の概要を表9.1.1に整理した。

表 9.1.1 調査地の代表的な植生の概要





代表的な植生と林相		林相写真
広葉樹林	<p>コナラやリョウブなどの落葉広葉樹やアラカシ、クロバイなどの常緑広葉樹が樹冠を形成する植生。それら上層木の直径や樹高は様々であるが、50cmを超えるような大径木はほとんどみられなかった。</p> <p>山腹斜面や谷部及び尾根部まで広く見られる。尾根部では、以前、アカマツ群落であったが、マツ枯れによるマツの枯死木により構成種や林分構造が広葉樹林と類似している範囲は広葉樹林に含めた。</p> <p>階層構造は3～4層で、亜高木層は上層木と同一樹種やウリカエデ、エゴノキなど、低木はヒサカキ、シキミやアセビなどの広葉樹やウラジロなどシダ植物が生育するが、林床植物の被度は全体的に低い。シカが餌としない植物が目立つことから、シカによる林床植生の食害が考えられる。</p>	
ヒノキ林	<p>植栽されたヒノキの純林。胸高直径 20～30cm、樹高 10～14m 程度の壮齢木が多い。森林簿によると林齢は 50 年生程度が大部分である。</p> <p>谷部を中心に山腹斜面に広く分布する。</p> <p>下草刈り、除伐等の管理がされているため亜高木層を欠いている。間伐も行われており、林床は比較的明るい。低木や草本類は、広葉樹林と同様に少ない。</p> <p>また、犬戻鳴山国有林や美濃越では、スギの純林やスギとヒノキ混植地も見られたが、直径や樹高、林分構造に大きな差異はなかった。</p>	

表 9.1.2 調査地の代表的な植生の概要

代表的な植生と林相		林相写真
アカマツ林	<p>針葉樹のアカマツが樹冠部に優占し、コナラやコシアブラなどの落葉広葉樹が混生する植生。アカマツは 50cm を超えるような大径木はほとんどみられず、20～30cm の比較的若い木が多い。</p> <p>昭和 50 年代に作成された環境省の植生図（資料 3 p. 3-3-1 参照）においては、当該地域はアカマツ林が非常に広く分布しているが、今回の判読では宇那木山の尾根部などに小規模に分布するのみであった。これは、マツ枯れによって広葉樹林へと変化したためと考えられる。</p> <p>林床は、コバノミツバツツジやアセビなどの広葉樹やコシダなどシダ植物が生育する。</p>	
低木林	<p>高木層を欠き、先駆性の低木類やササ類が密生する植生。上部をツル植物が覆う場合もある。</p> <p>犬戻鳴山の谷部の崖錐地に見られた。瘠悪地で、表土が発達せず、土砂移動等の攪乱も活発なため、植生が発達しないと考えられる。</p>	 <p>写真は土石流後のため、損傷したササのみが生育</p>

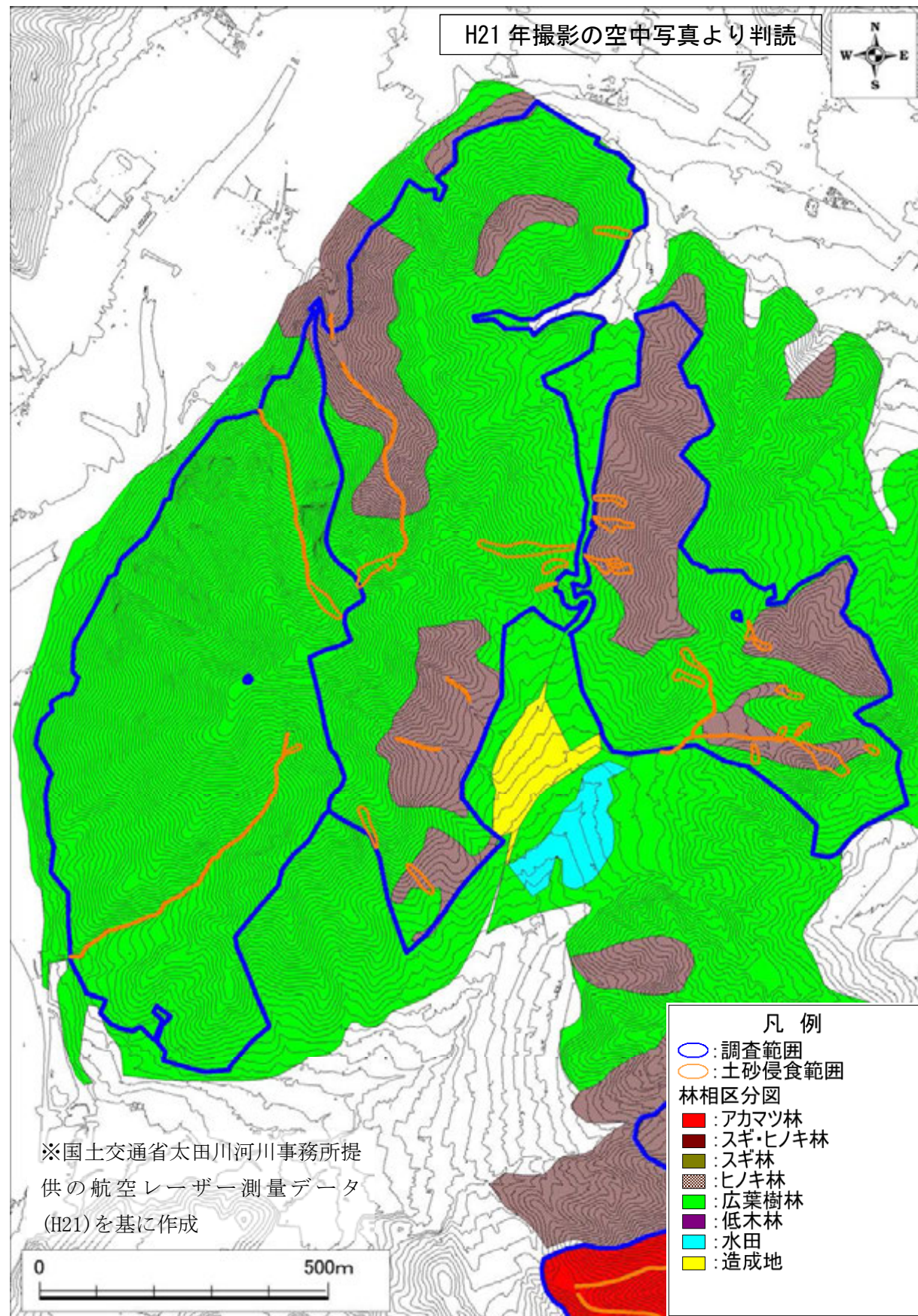


図 9.1.1 林相図 (高松山)

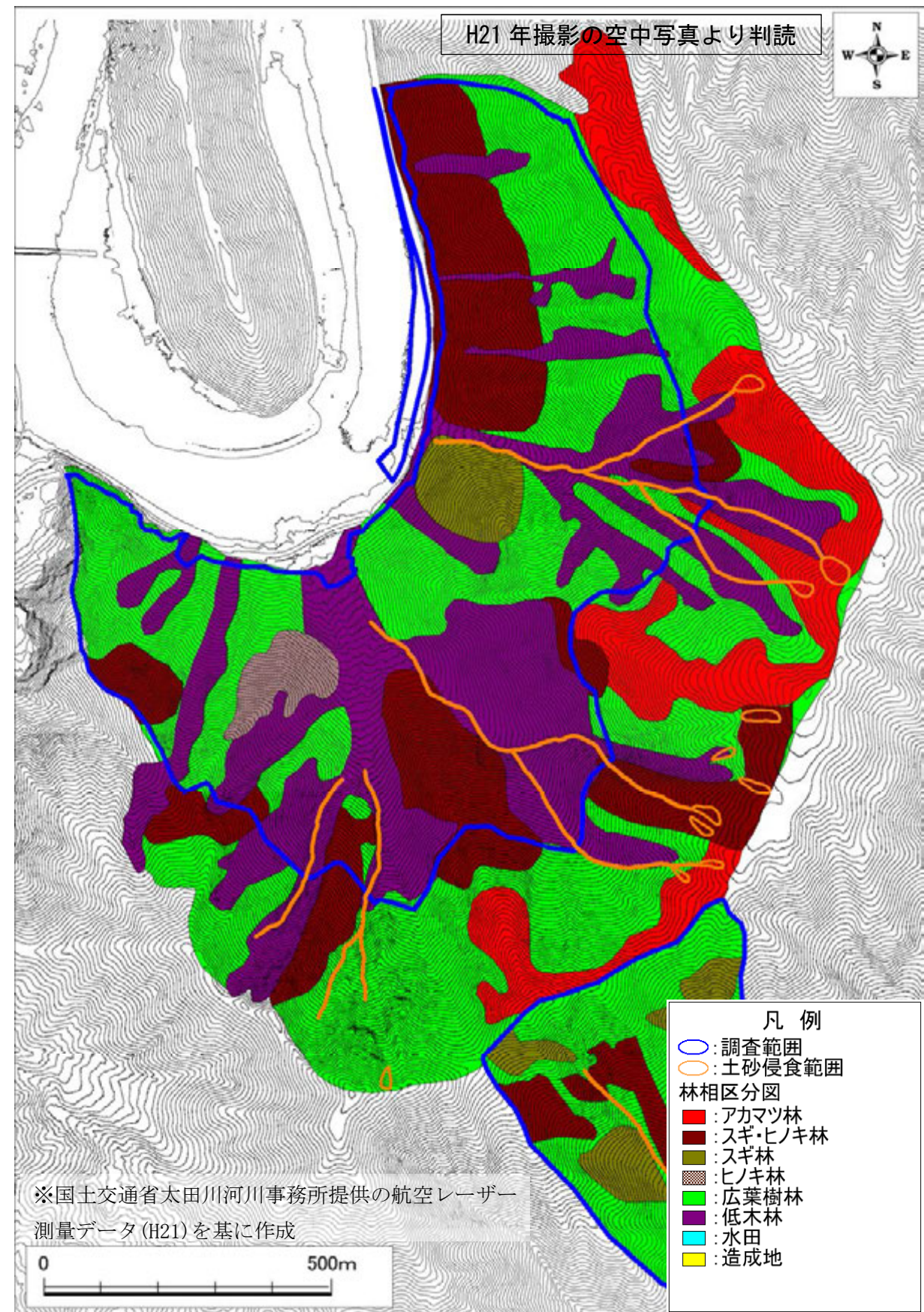


図 9.1.2 林相図 (犬戻鳴山)

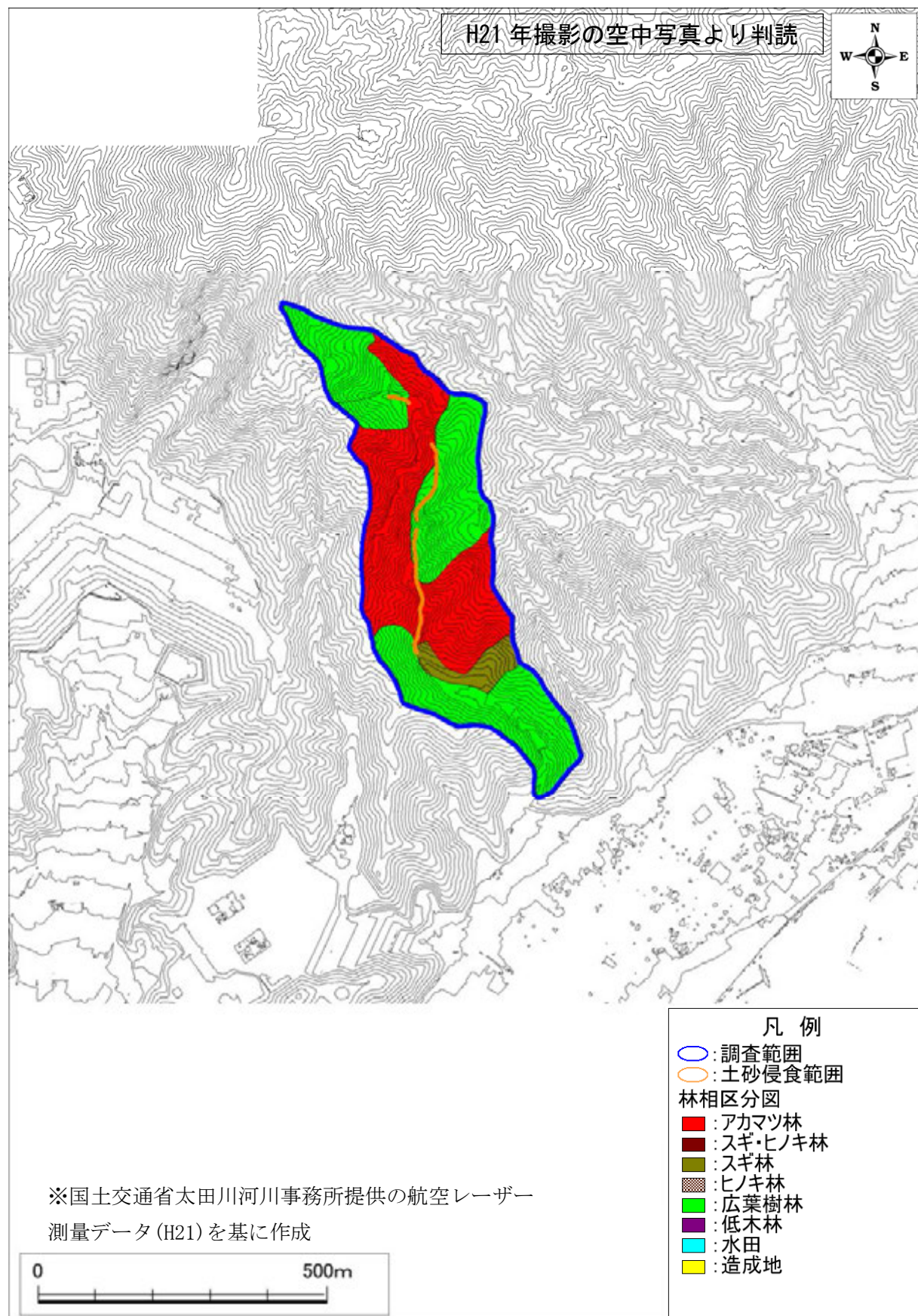


図 9.1.3 林相図 (宇那木山)

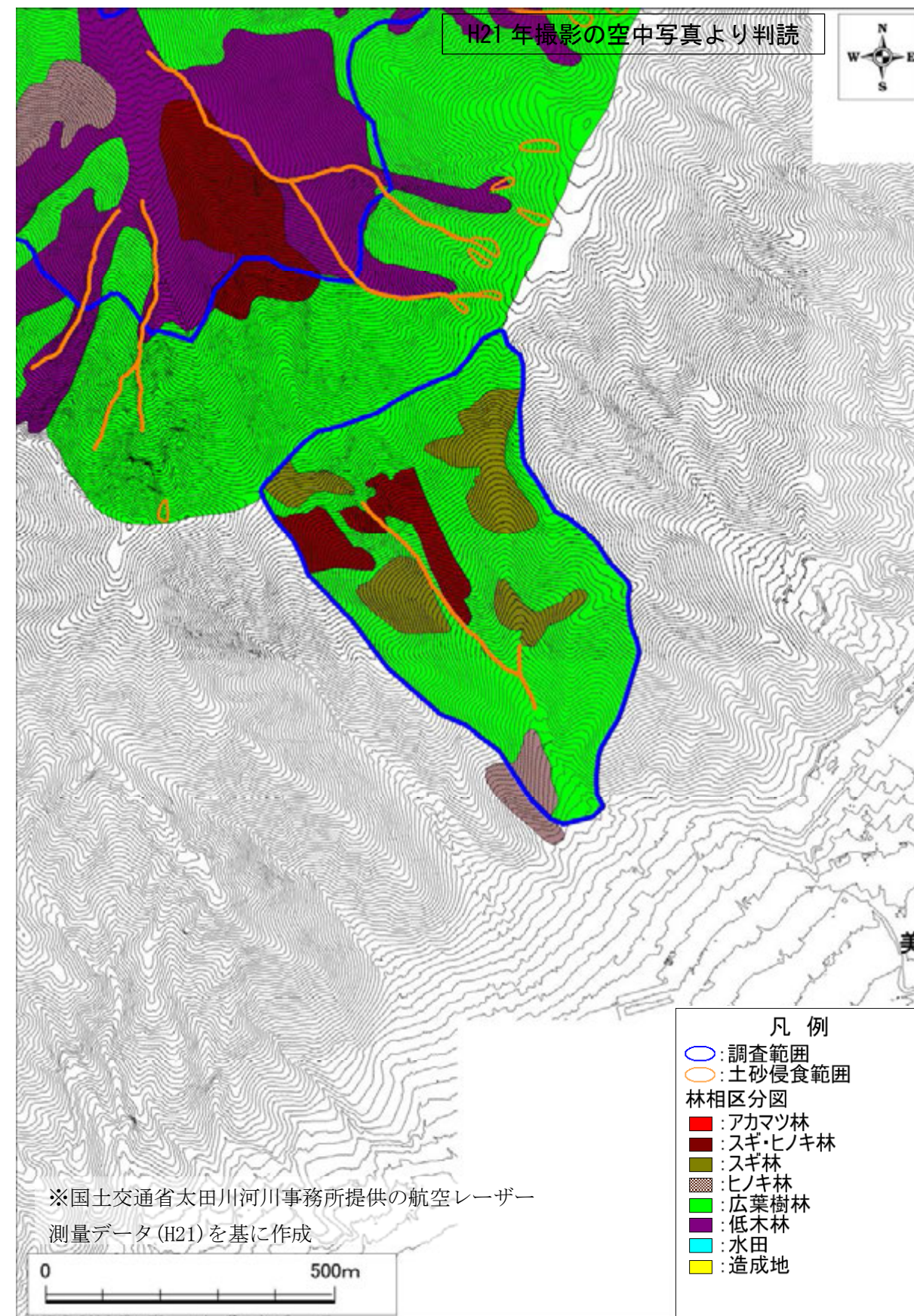


図 9.1.4 林相図 (美濃越)

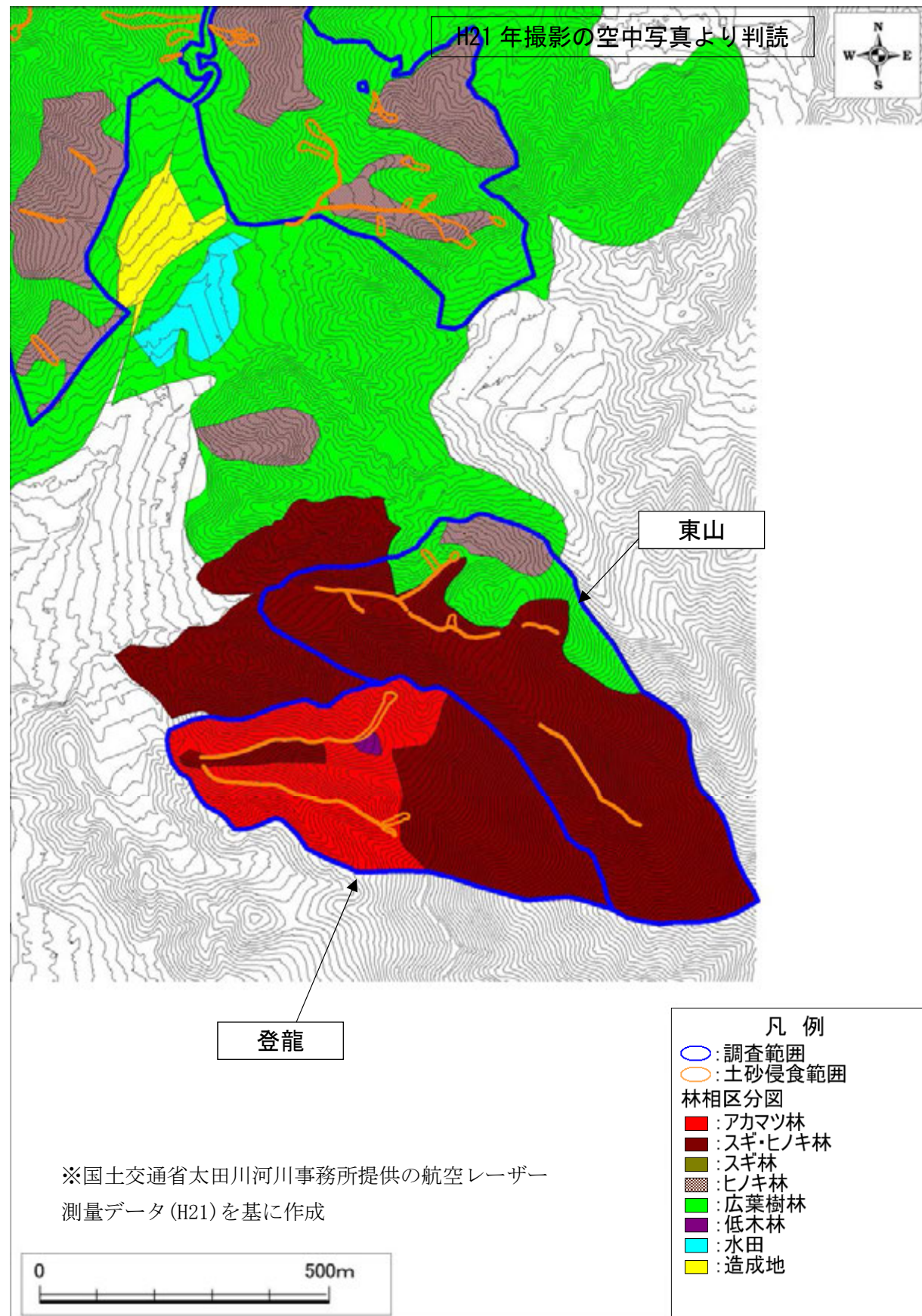


図 9.1.5 林相図 (登龍・東山)

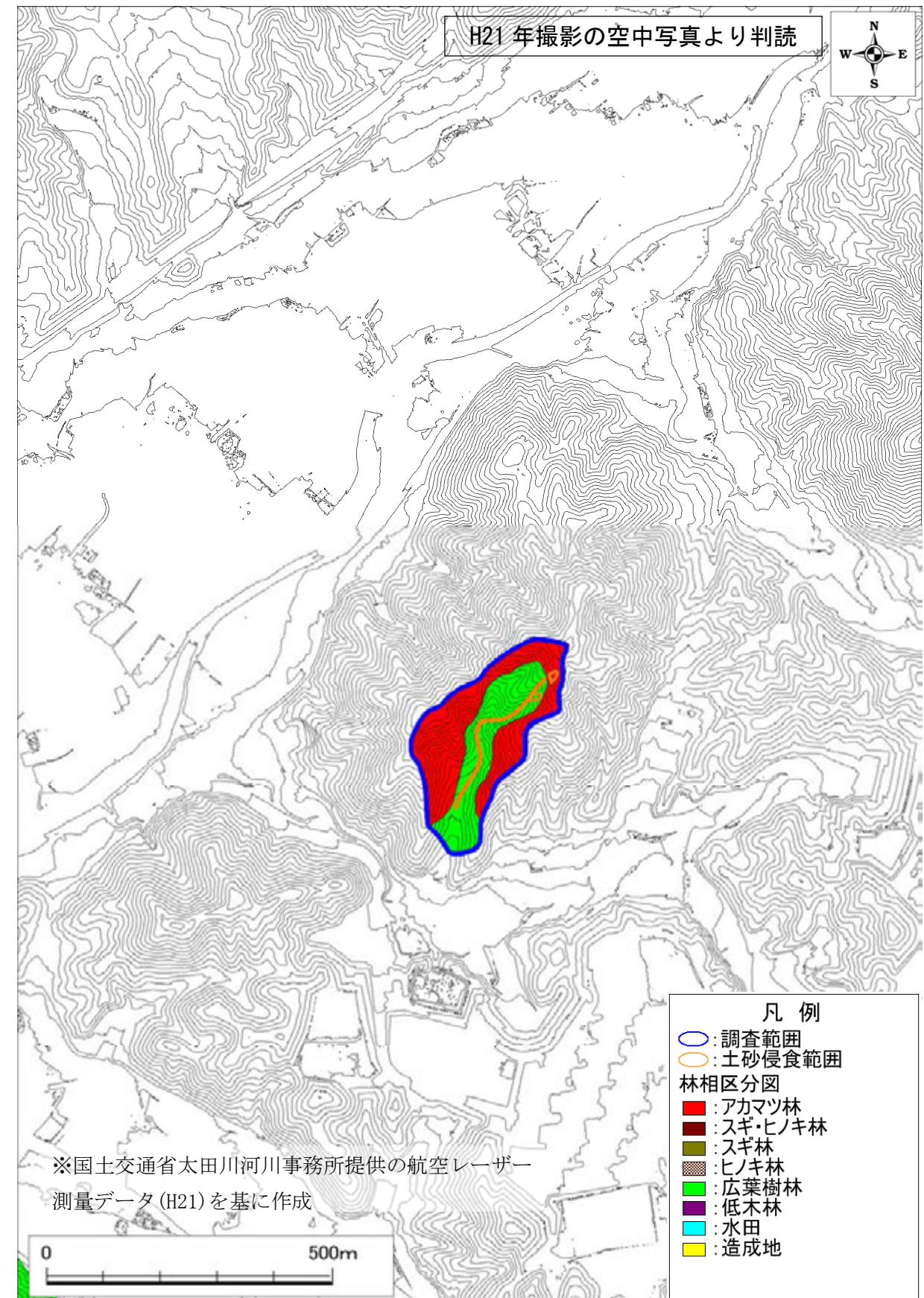


図 9.1.6 林相図 (寺側)

(2) 災害発生箇所の植生

林相図に土砂侵食範囲を重ねた図 9.1.1～9.1.6 を見るかぎり、広葉樹林やヒノキ林、アカマツ林、低木林で今回の災害が発生しており、災害発生箇所と植生について、明瞭な関係は認められなかった。

主な崩壊地箇所における災害前後の空中写真を整理したものを図 9.1.7～9 に示した。

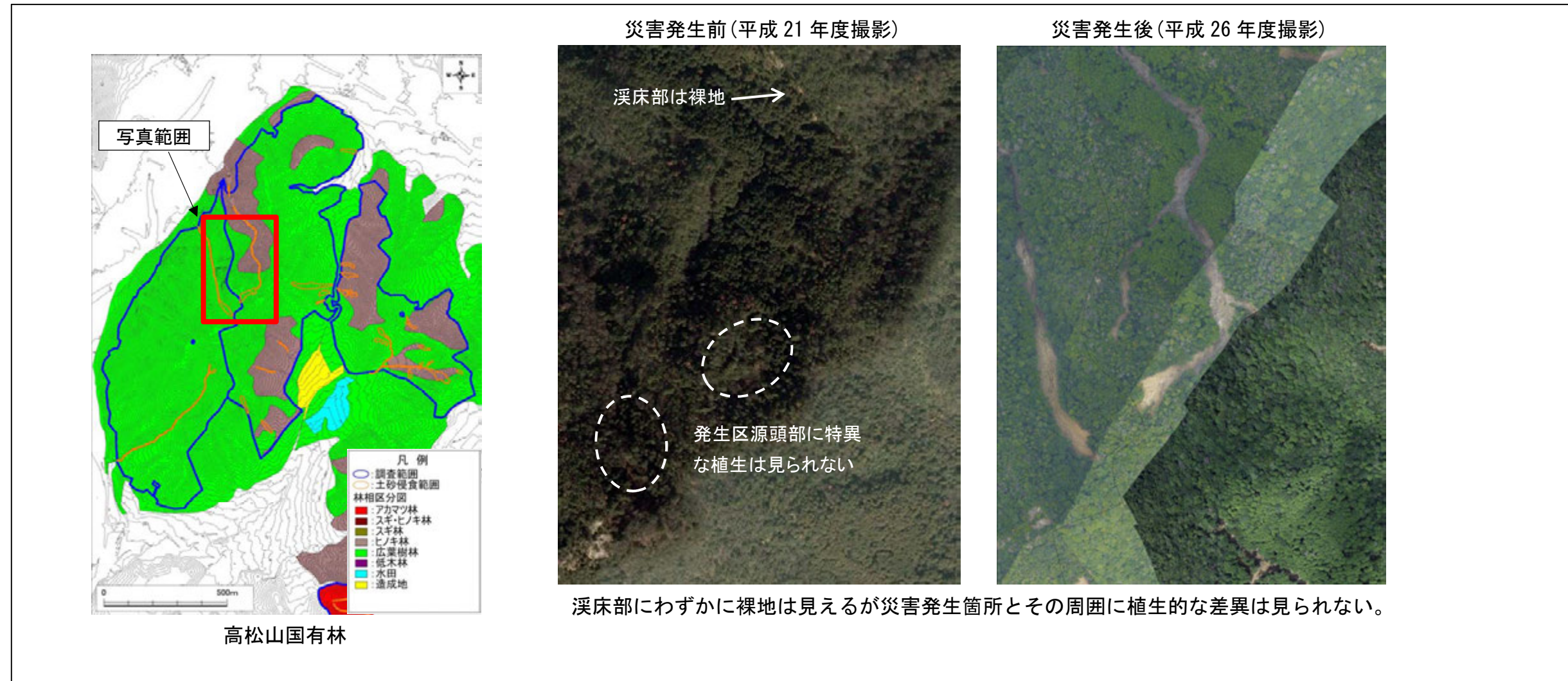


図 9.1.7 災害発生箇所の林相の比較（高松山）

災害発生前の空中写真の出典：国土地理院ホームページ  
(<http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do>)  
災害発生後の空中写真の出典：広島県からの提供データ

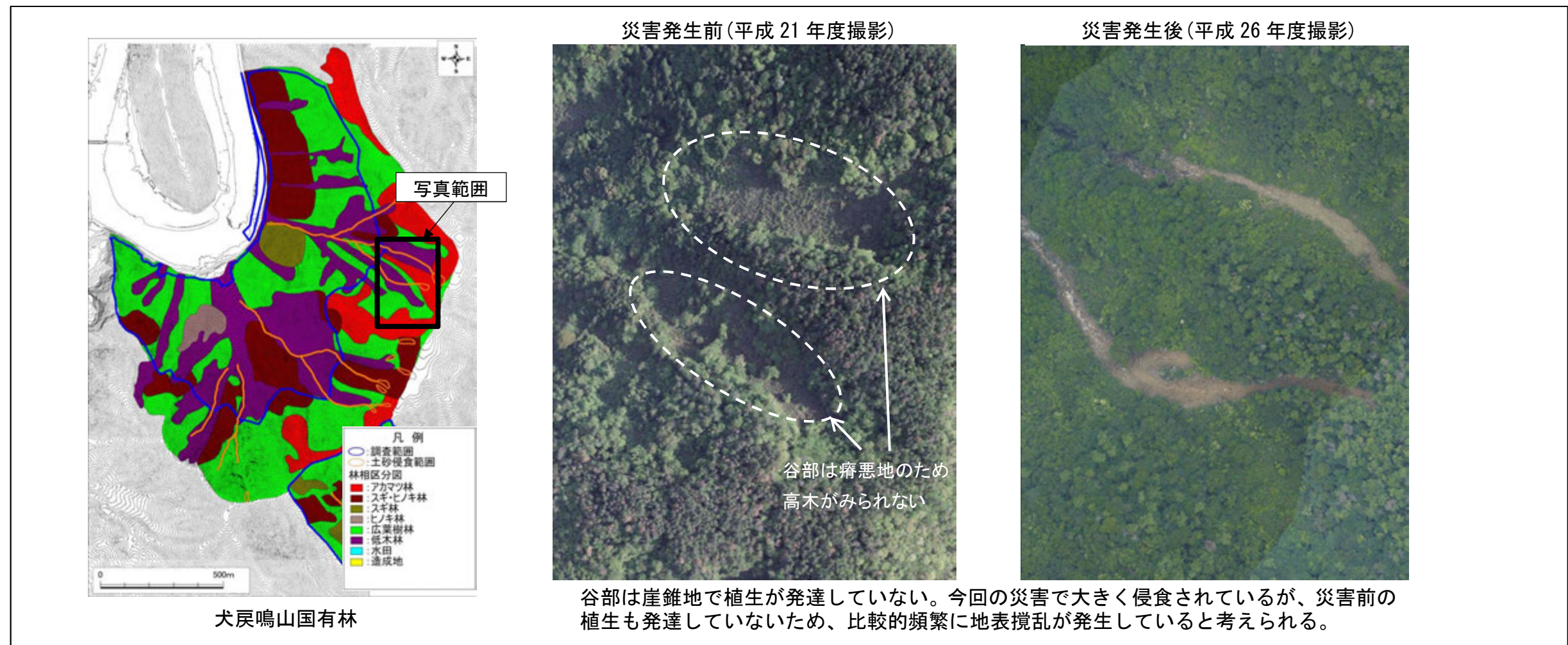


図 9.1.8 災害発生箇所の林相の比較(犬戻鳴山)

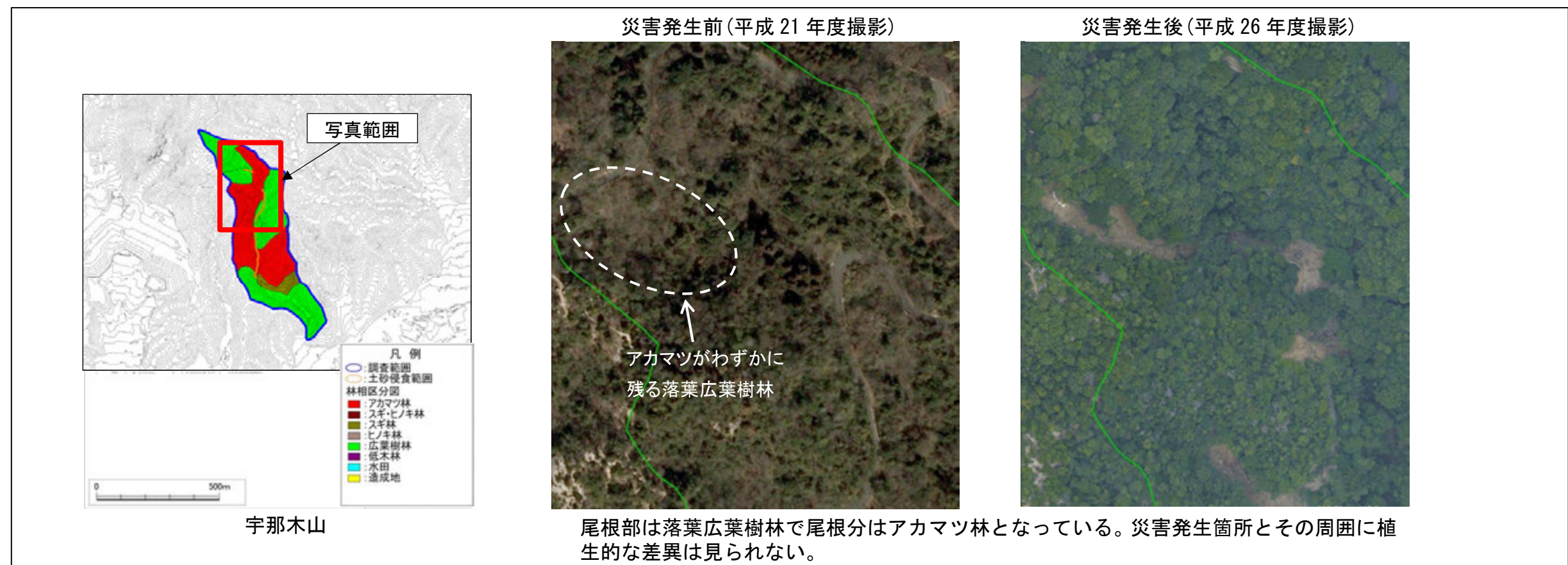


図 9.1.9 災害発生箇所の林相の比較(宇那木山)

災害発生前の各空中写真の出典：国土地理院ホームページ  
 (<http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.do>)  
 災害発生後の各空中写真の出典：広島県からの提供データ

## 9.2 荒廃地における樹木の根系分布

### (1) 調査対象木

今回の調査地において代表的な高木性樹種を、根系分布の調査対象木とした。また、土石流発生溪流の流心部において唯一、健全な状態で生育していたエドヒガンも根系の状態を把握した。調査対象木一覧を表 9.2.1 に、調査位置を図 9.2.1～3 に示す。

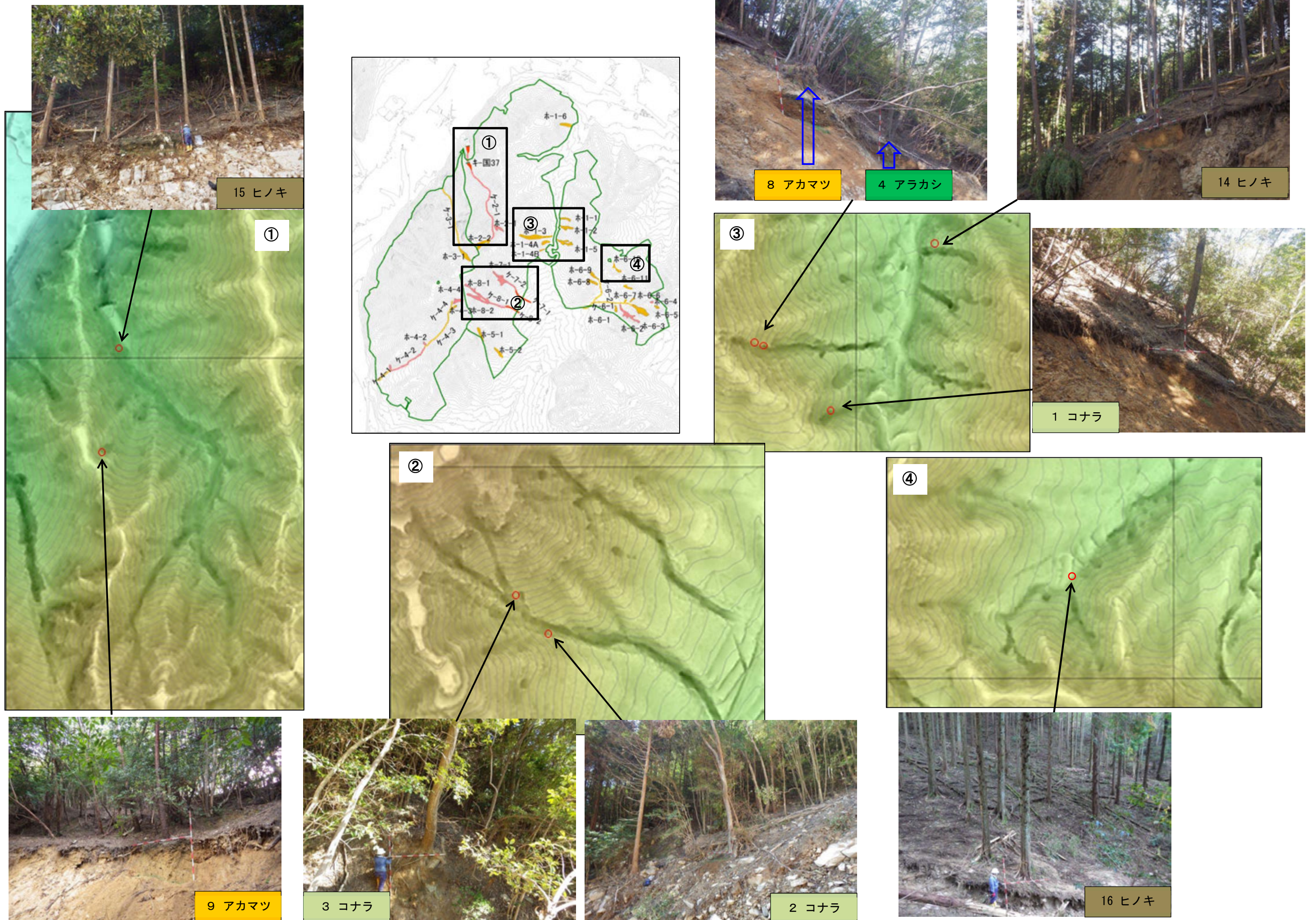
調査対象の各樹種について、根系等に関する文献情報を表 9.2.2～9.2.7 に整理した。

表 9.2.1 根系調査の対象木一覧

番号	樹種	生活型	調査位置・生育立地		
			地区	区間	傾斜
1	コナラ	落葉広葉樹	高松山国有林	発生～流下	26°
2			高松山国有林	流下	26°
3			高松山国有林	発生	33°
4	アラカシ	常緑広葉樹	高松山国有林	発生～流下	35°
5			宇那木山	流下	22°
6			宇那木山	流下	9°
7	エドヒガン	落葉広葉樹	犬戻鳴山	発生	37°
8	アカマツ	常緑針葉樹	高松山国有林	発生～流下	35°
9			高松山国有林	発生	31°
10			宇那木山	発生	27°
11	スギ	常緑針葉樹	美濃越	流下	15°
12			美濃越	流下	27°
13			宇那木山	流下	11°
14	ヒノキ	常緑針葉樹	高松山国有林	発生～流下	17°
15			高松山国有林	流下	18°
16			高松山国有林	流下	22°

注) 発生区間：滑落崖や崩壊地の最上部付近

流下区間：土石流や崩壊土砂の流下により溪岸部が大きく侵食されている区間



※国土交通省太田川河川事務所および朝日航洋株式会社提供の航空レーザー測量データ (H26) を基に作成

9-2-2

図 9.2.1 根系調査位置図 (高松山) 地上開度図重ね



※国土交通省太田川河川事務所および朝日航空株式会社提供の航空レーザー測量データ (H26) を基に作成

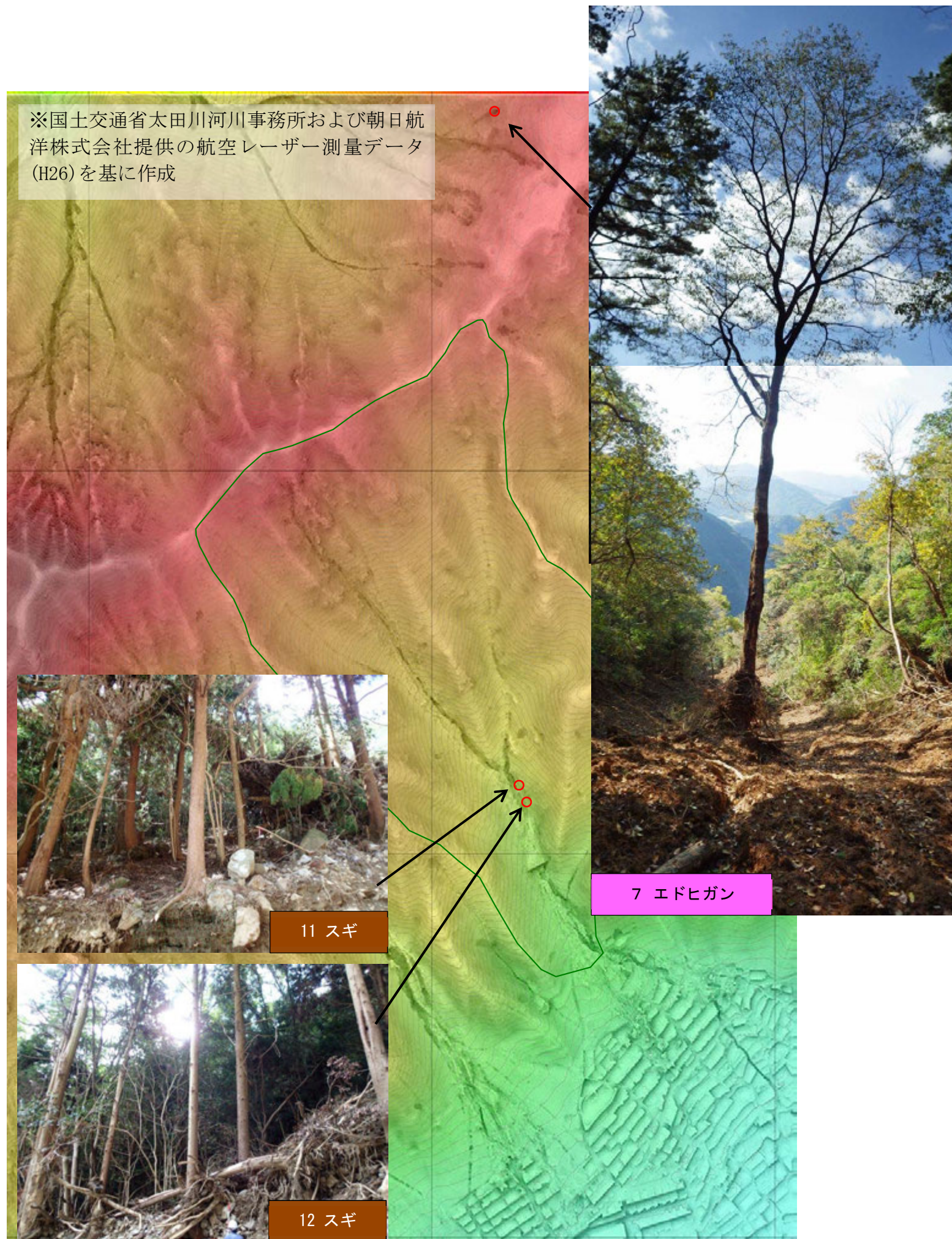


図 9.2.1 根系調査位置図 (美濃越) 地上開度図重ね

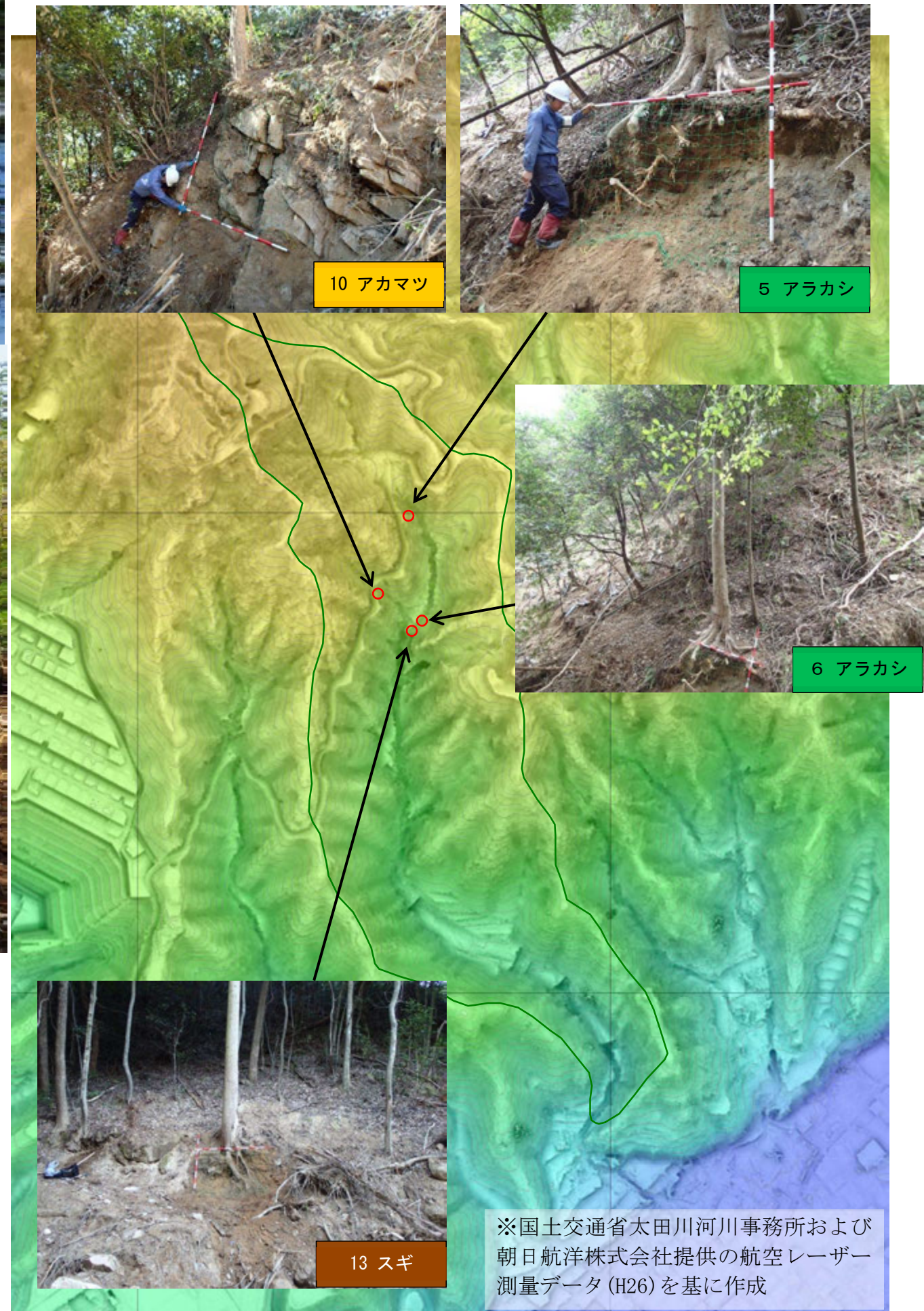


図 9.2.3 根系調査位置図 (宇那木山) 地上開度図重ね

表 9.2.2 調査対象樹種の根系等の文献情報

樹種	コナラ (ブナ科)	
生育型	高木性落葉広葉樹	
生育環境	日当たりのよい山野。広島県内では沿岸部、吉備高原面、中国山地に広く分布。	
根系の形態	中・大径の斜出根・垂下根型	
垂直分布	深根型	
水平分布	集中型	
根系の支持力	大	

表 9.2.3 調査対象樹種の根系等の文献情報

樹種	アラカシ (ブナ科)	
生育型	高木性常緑広葉樹	
生育環境	山野。広島県内では沿岸部から吉備高原面まで分布し、県内で最も普通の常緑のカシ。	
根系の形態	中・大径の斜出根・垂下根型	
垂直分布	中間型	
水平分布	集中型	
根系の支持力	大	

生育環境の参考文献：広島県植物誌(広島大学, 1997)、樹に咲く花(茂木透ほか, 2001, 山と溪谷社)  
 根系の形態・図の参考文献：樹木根系図説(荻住昇, 1987, 誠文堂新光社)

根系の形態		分布の特徴
垂直分布	浅根型	大部分の根系分布が表層土壌にあり、深い土壌深での発達は極めて悪い
	中間型	浅根型と深根型の中間の型で、根系分布が中庸の深さにおよぶ
	深根型	根系分布が堅密で、通気不良・貧栄養の心土にも多い
水平分布	集中型	根系分布が根株の周囲に集中するもの
	中間型	分散型と集中型の中間の型
	分散型	根系の水平分布が根株付近に集中せず、広い範囲にわたるもの

表 9.2.4 調査対象樹種の根系等の文献情報

樹種	エドヒガン (バラ科)	
生育型	高木性落葉広葉樹	
生育環境	山地。吉備高原面に自生が点在する。広島県内では石灰岩、流紋岩、安山岩などの岩場や岩海などに生育。	
根系の形態	中・大径の斜出根・水平根型	
垂直分布	中間型	
水平分布	中間型	
根系の支持力	中	

表 9.2.5 調査対象樹種の根系等の文献情報

樹種	アカマツ (マツ科)	
生育型	高木性常緑針葉樹	
生育環境	尾根筋や岩山など土壌のやせたところや乾燥地。広島県内では沿岸部から中国山地まで広く分布。	
根系の形態	大径の垂下根型	
垂直分布	深根型	
水平分布	分散型	
根系の支持力	大	

生育環境の参考文献：広島県植物誌(広島大学, 1997)、樹に咲く花(茂木透ほか, 2001, 山と溪谷社)  
 根系の形態・図の参考文献：樹木根系図説(荻住昇, 1987, 誠文堂新光社)

根系の形態		分布の特徴
垂直分布	浅根型	大部分の根系分布が表層土壌にあり、深い土壌深での発達は極めて悪い
	中間型	浅根型と深根型の中間の型で、根系分布が中庸の深さにおよぶ
	深根型	根系分布が堅密で、通気不良・貧栄養の心土にも多い
水平分布	集中型	根系分布が根株の周囲に集中するもの
	中間型	分散型と集中型の中間の型
	分散型	根系の水平分布が根株付近に集中せず、広い範囲にわたるもの

表 9.2.6 調査対象樹種の根系等の文献情報

樹種	スギ (スギ科)	
生育型	高木性常緑針葉樹	
生育環境	自生は山地の沢沿いで、岩上や湿原の周辺にも生育する。広島県内では中国山地のブナ林に自生が点在する。県内に広く植林される。	
根系の形態	中・大径の斜出根型	
垂直分布	深根型	
水平分布	中間型	
根系の支持力	大	

表 9.2.7 調査対象樹種の根系等の文献情報

樹種	ヒノキ (ヒノキ科)	
生育型	高木性常緑針葉樹	
生育環境	山地。広島県内では吉備高原面から中国山地にかけて溪谷や岩峰に自生があるが少ない。県内に広く植林される。	
根系の形態	小・中径の斜出根・水平根型	
垂直分布	浅根型	
水平分布	集中型	
根系の支持力	小	

生育環境の参考文献：広島県植物誌(広島大学, 1997)、樹に咲く花(茂木透ほか, 2001, 山と溪谷社)  
 根系の形態・図の参考文献：樹木根系図説(苅住昇, 1987, 誠文堂新光社)

根系の形態		分布の特徴
垂直分布	浅根型	大部分の根系分布が表層土壌にあり、深い土壌深での発達は極めて悪い
	中間型	浅根型と深根型の間型の型で、根系分布が中庸の深さにおよぶ
	深根型	根系分布が堅密で、通気不良・貧栄養の心土にも多い
水平分布	集中型	根系分布が根株の周囲に集中するもの
	中間型	分散型と集中型の間型の型
	分散型	根系の水平分布が根株付近に集中せず、広い範囲にわたるもの

(2) 根系調査結果

根系調査結果から、根系断面積の面的分布や鉛直方向の根系の本数・断面積合計を表 9.2.8～9.2.13 に整理した。通常は根系全体を掘り起こして判定を行う「根系の形態（垂直分布 水平分布）」についても断面の調査結果から推定を行った。

表 9.2.8 根系調査結果

樹種 (生活型)	コナラ (ブナ科 高木性落葉広葉樹)		
番号 (生育地)	1 (谷沿い山腹斜面: 発生～流下区間)	2 (谷沿い山腹斜面: 流下区間)	3 (滑落崖付近: 発生区間)
樹木の形状	胸高直径: 28cm 樹高: 15m 枝張り: 5m	胸高直径: 42cm 樹高: 13m 枝張り: 3.5m	胸高直径: 30cm 樹高: 14m 枝張り: 3.5m
土壌の状態	A層厚 25cm程度 B層厚 70cm以上 (基岩は見えず)	A層厚 15cm程度 B層厚 50cm程度 60cm以深は基岩	A層厚 10cm程度 B層厚 100cm以上 (径 40cm程度の礫混り)
根系写真			
根系分布 (断面)			
根系分布 (鉛直方向)			
根系の状況	幹から 1m 程度離れた断面のため根系の断面積合計は全体的に小さいが、深度が深くなっても断面積合計の減衰はみられない。さらに、深さ 90cm でも直径 1 cm 程度の中径根が見られていることから深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向は幹から離れた断面のため判定することが難しい。	深度 60cm まで断面積合計の減衰はみられず、直径 1cm 程度の中径根も分布することから深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。	深度 70cm まで断面積合計の減衰はみられず、100cm 以深まで直径 1cm 程度の中径根も分布することから深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。
調査結果による根系分布型の判定	垂直: <b>深根型</b> 水平: 判定不能	垂直: <b>中間型</b> 水平: <b>分散型</b>	垂直: <b>深根型</b> 水平: <b>分散型</b>

表 9.2.9 根系調査結果




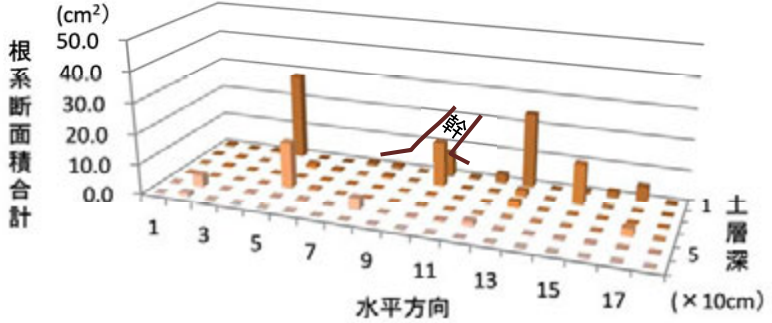
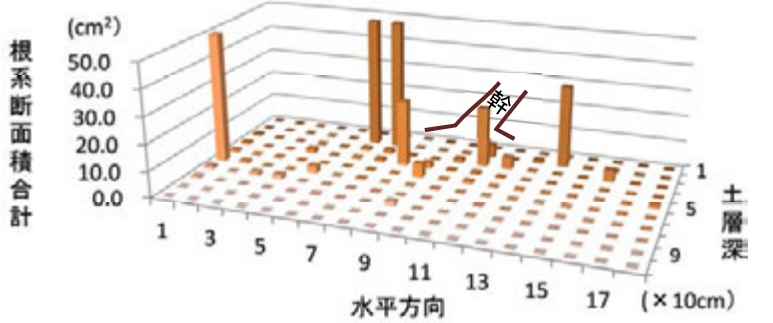
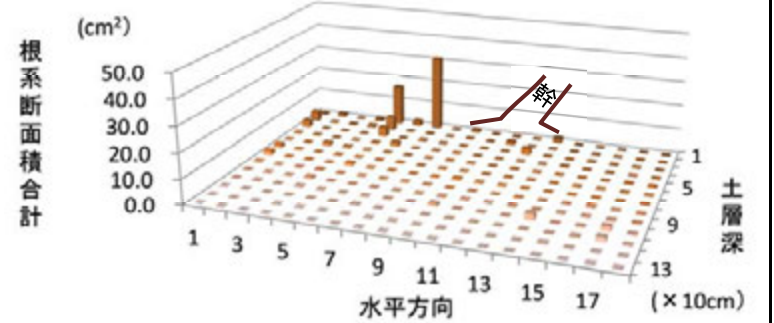
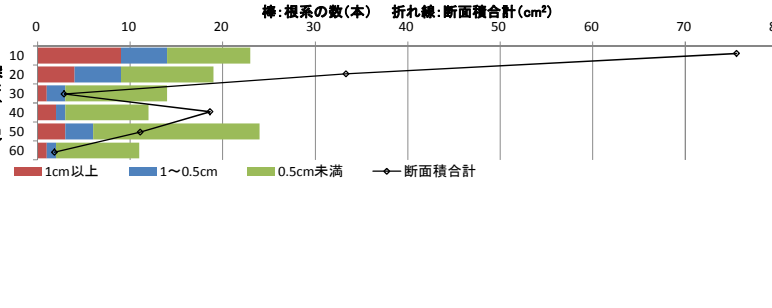
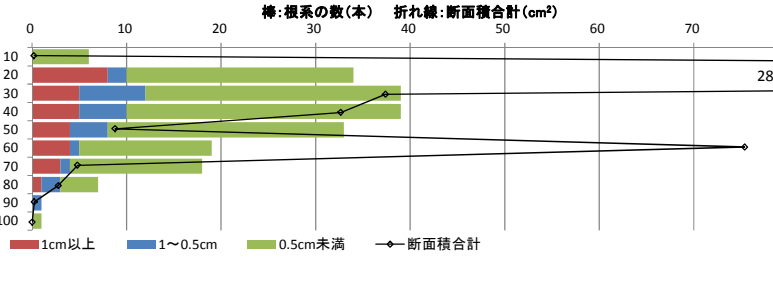
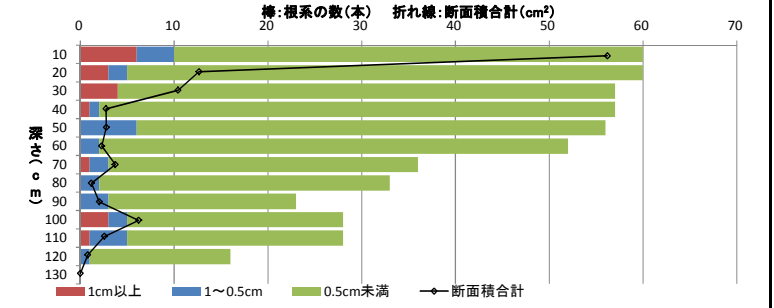
樹種 (生活型)	アラカシ (ブナ科 高木性常緑広葉樹)		
番号 (生育地)	4 (谷沿い山腹斜面: 発生~流下区間)	5 (谷沿い山腹斜面: 流下区間)	6 (谷沿い山腹斜面: 流下区間)
樹木の形状	胸高直径: 18cm 樹高: 13m 枝張り: 6m	胸高直径: 16cm 樹高: 13m 枝張り: 3m	胸高直径: 26cm 樹高: 13m 枝張り: 3.5m
土壌の状態	A層厚 25cm程度 B層厚 70cm以上 (基岩は見えず)	A層厚 15cm程度 B層厚 50cm程度 65cm以深は粘土層	A層厚 20cm程度 20cm以深は崖錐が堆積
根系写真			
根系分布 (断面)			
根系分布 (鉛直方向)			
根系の状況	直径 1cm 程度の中径根は最深部まで分布することから、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。	直径 1cm 程度の中径根は 80 cm の深さまでみられるが、表層付近で断面積合計が突出しており、最深部で極端に減少することから、垂直方向は中間型とした。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。	100 cm の深さでも断面積合計は減衰せず、直径 1cm 程度の中径根はみられるため、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向にはやや分布の偏りがみられるため中間型とした。
調査結果による根系分布型の判定	垂直: <b>深根型</b> 水平: <b>分散型</b>	垂直: <b>中間型</b> 水平: <b>分散型</b>	垂直: <b>深根型</b> 水平: <b>中間型</b>

表 9.2.10 根系調査結果


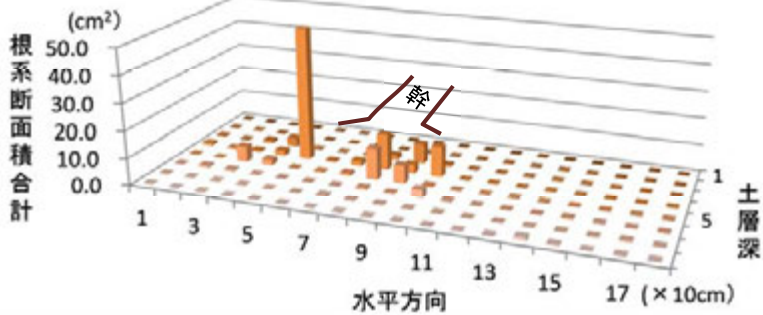
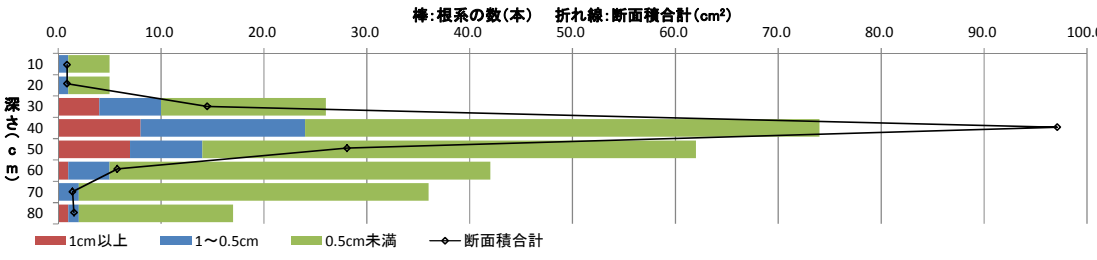
樹種 (生活型)	エドヒガン (バラ科 高木性落葉広葉樹)
番号 (生育地)	7 (谷部 : 発生区間)
樹木の形状	胸高直径 : 44cm 樹高 : 15m 枝張り : 8m
土壌の状態	A層なし B層厚 80cm 以上 (基岩は見えず)
根系写真	
根系分布 (断面)	
根系分布 (鉛直方向)	
根系の状況	直径 1cm 程度の中径根は 80 cm の深さまでみられるが、40~50 cm 中層付近に断面積や本数のピークがあることから、垂直方向は中間型とした。水平方向には分布の偏りがみられるため中間型とした。
調査結果による根系分布型の判定	垂直 : 中間型 水平 : 中間型

表 9.2.11 根系調査結果




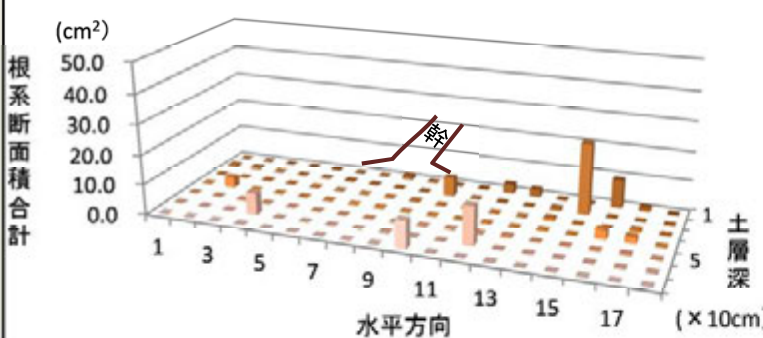
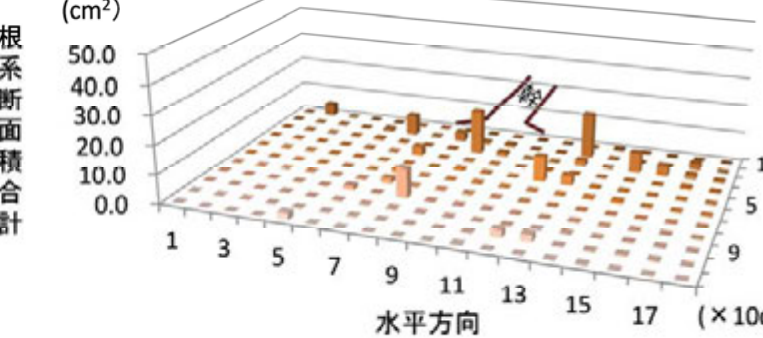
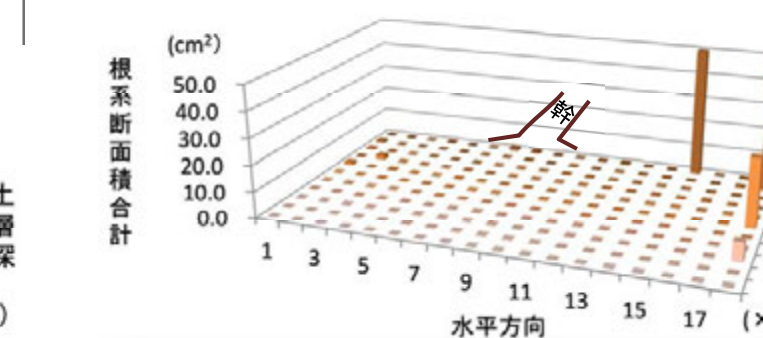
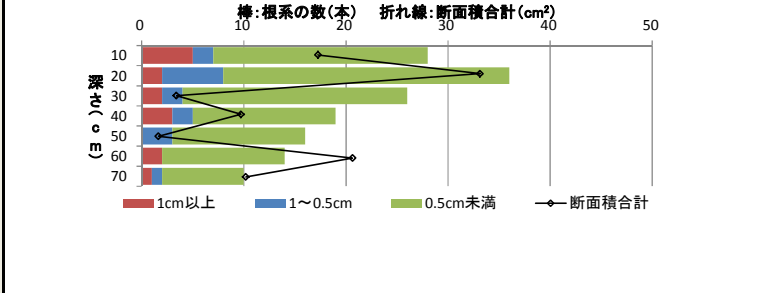
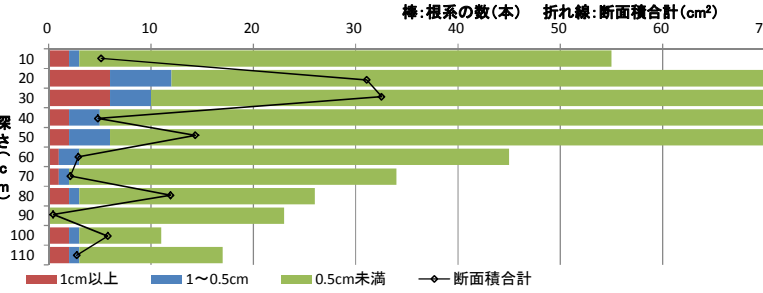
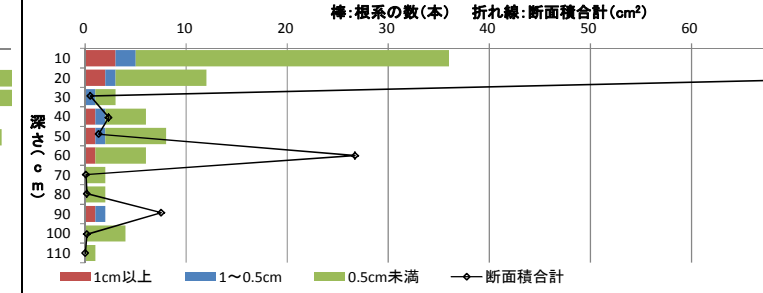
樹種 (生活型)	アカマツ (マツ科 高木性常緑針葉樹)		
番号 (生育地)	8 (谷沿い山腹斜面 : 発生~流下区間)	9 (滑落崖付近 : 発生区間)	10 (滑落崖付近 : 発生区間)
樹木の形状	胸高直径 : 17cm 樹高 : 14m 枝張り : 3.5m	胸高直径 : 19cm 樹高 : 10m 枝張り : 2m	胸高直径 : 23cm 樹高 : 8m 枝張り : 2m
土壌の状態	A層厚 15cm程度 B層厚 60cm以上 (基岩は見えず)	A層厚 15cm程度 B層厚 100cm以上 (基岩は見えず)	A層なし B層厚 20cm程度 20cm以深は基岩
根系写真			
根系分布 (断面)			
根系分布 (鉛直方向)			
根系の状況	直径 1cm 程度の中径根は最深部まで分布し、断面積合計も大きく減衰することがないため、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。	直径 1cm 程度の中径根は最深部まで分布し、断面積合計も大きく減衰することがないため、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。	90 cmの深さでも断面積合計は減衰せず、直径 1cm 程度の中径根はみられるため、深い層まで根系が分布していると考えられる。20 cm程度の深さから基岩となるため、根系の広がり判定することが難しい。
調査結果による根系分布型の判定	垂直 : <b>深根型</b> 水平 : <b>分散型</b>	垂直 : <b>深根型</b> 水平 : <b>分散型</b>	垂直 : <b>深根型</b> 水平 : 判定不能

表 9.2.12 根系調査結果




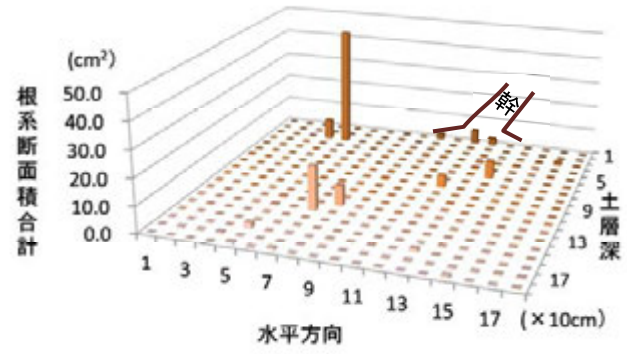
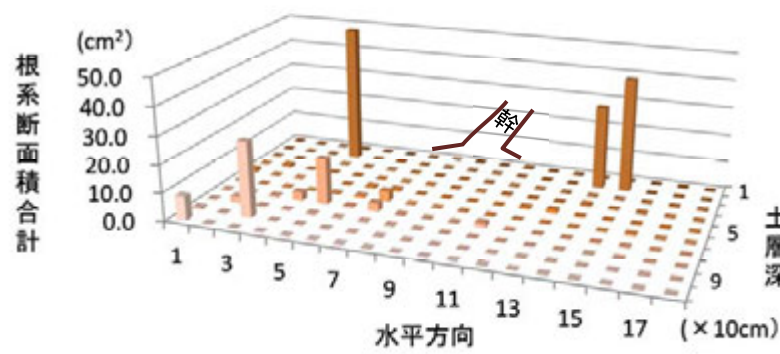
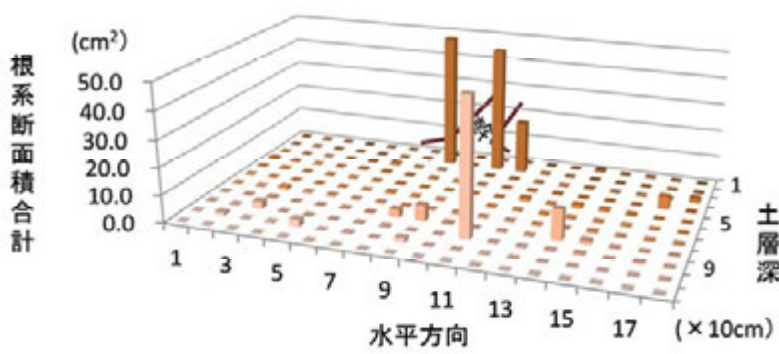
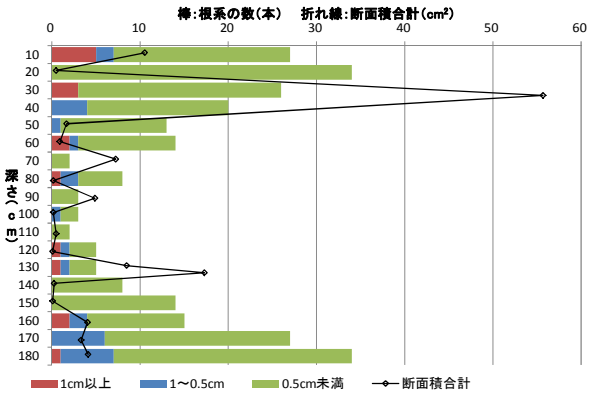
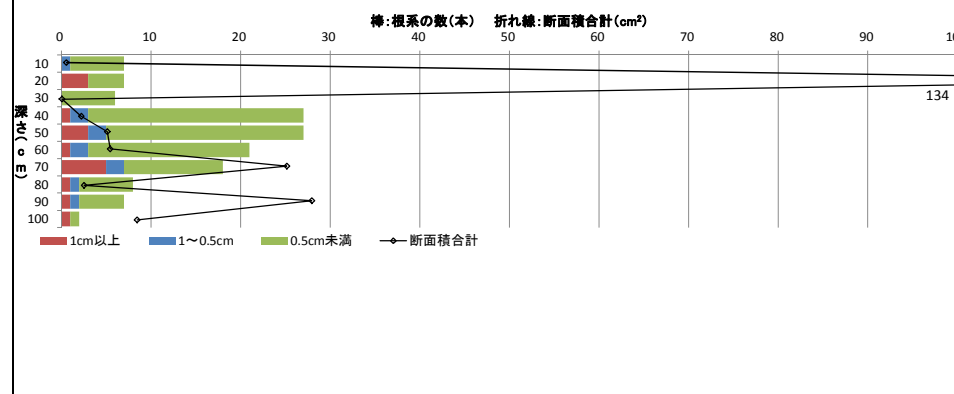
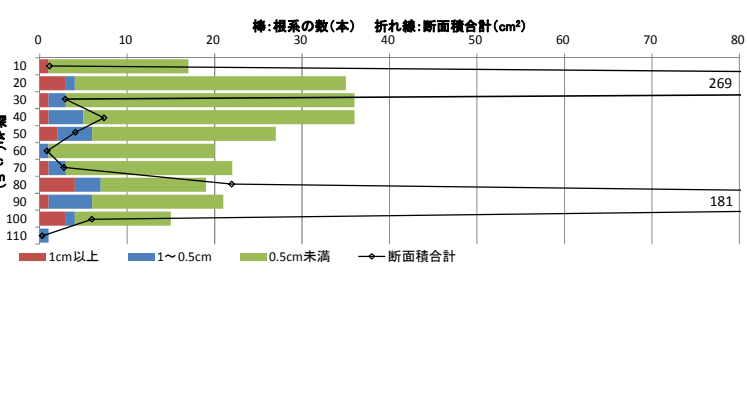



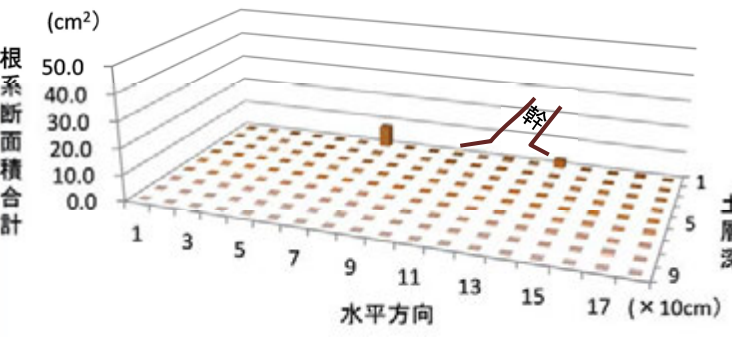
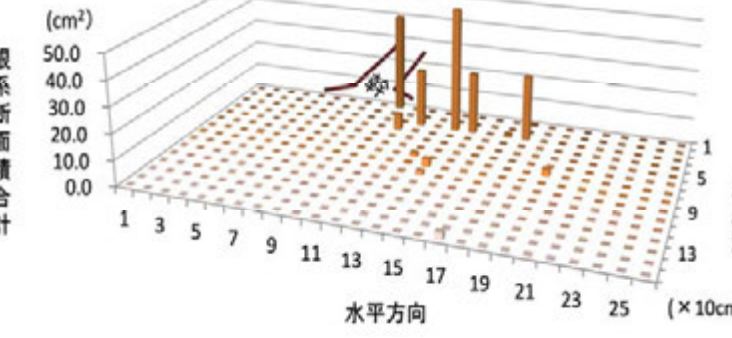
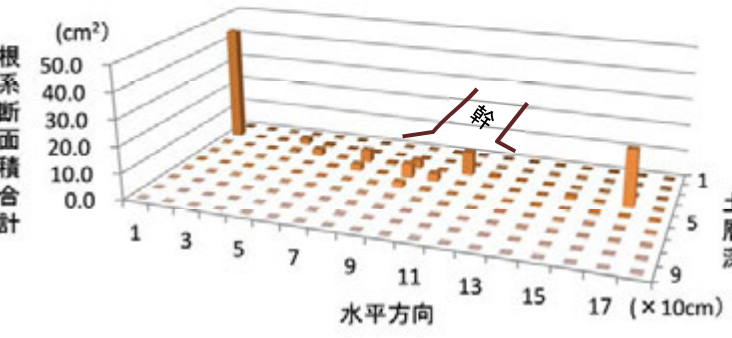
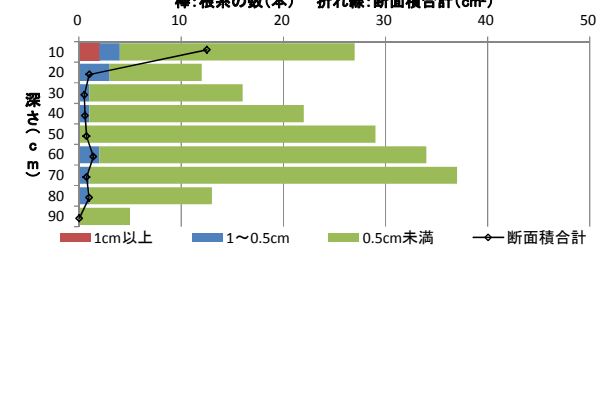
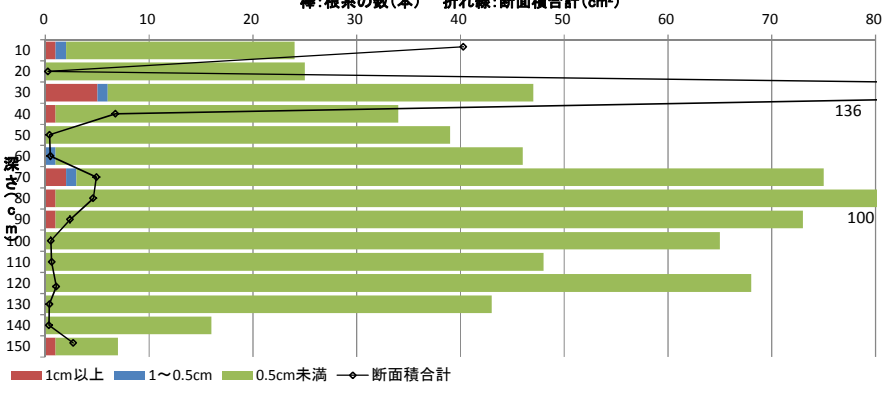
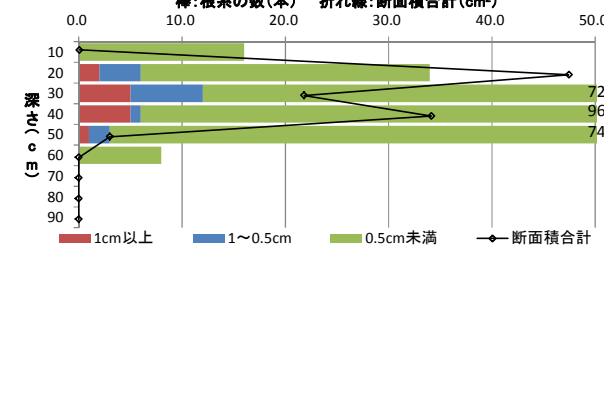
樹種 (生活型)	スギ (スギ科 高木性常緑針葉樹)		
番号 (生育地)	11 (谷沿い山腹斜面 : 流下区間)	12 (谷沿い山腹斜面 : 流下区間)	13 (谷沿い山腹斜面 : 流下区間)
樹木の形状	胸高直径 : 34cm 樹高 : 15m 枝張り : 3m	胸高直径 : 30cm 樹高 : 15m 枝張り : 4m	胸高直径 : 36cm 樹高 : 16m 枝張り : 4m
土壌の状態	A層厚 15cm程度 B層厚 120cm程度 130cm以深は基岩	A層厚 10cm程度 B層厚 60cm程度 70cm以深は基岩	A層厚 10cm程度 B層厚 100cm以上 (基岩は見えず)
根系写真			
根系分布 (断面)			
根系分布 (鉛直方向)			
根系の状況	直径 1cm 程度の中径根は最深部まで分布し、断面面積合計も大きく減衰することがないため、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで分布が見られなかったことから、中間型とした。	表層付近で断面面積合計が突出しているが、直径 1cm 程度の中径根は最深部までみられ、最深部でも断面面積合計が減少しないことから、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで根系の分布が見られた。	表層付近で断面面積合計が突出しているが、最深部付近でも太い根系が見られることから、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には両端部付近まで分布が見られなかったことから、中間型とした。
調査結果による根系分布型の判定	垂直 : <b>深根型</b> 水平 : <b>中間型</b>	垂直 : <b>深根型</b> 水平 : <b>分散型</b>	垂直 : <b>深根型</b> 水平 : <b>中間型</b>



表 9.2.13 根系調査結果

樹種 (生活型)	ヒノキ (ヒノキ科 高木性常緑針葉樹)		
番号 (生育地)	14 (谷沿い山腹斜面 : 発生~流下区間)	15 (谷沿い山腹斜面 : 発生~流下区間)	16 (谷沿い山腹斜面 : 流下区間)
樹木の形状	胸高直径 : 17cm 樹高 : 11m 枝張り : 3m	胸高直径 : 20cm 樹高 : 13m 枝張り : 2.3m	胸高直径 : 39cm 樹高 : 15m 枝張り : 5.5m
土壌の状態	A層厚 10cm程度 B層厚 80cm以上 (基岩は見えず)	A層厚 15cm程度 B層厚 50cm程度 60cm以深は基岩	A層厚 20cm程度 B層厚 70cm以上 (径 30cm程度の礫混り)
根系写真			
根系分布 (断面)			
根系分布 (鉛直方向)			
根系の状況	表層部のみが断面積合計が大きく、20cm以深には直径1cm程度の中径根は見られないことから、浅根型とした。水平方向には中央部にしか根系の分布が見られなかったことから集中型とした。	表層付近で断面積合計が突出しているが、最深部付近でも直径1cm程度の中径根が見られることから、深い層まで根系が分布していると考えられる。水平方向には幹の右側に根系が集中していたことから集中型とした。	50cmの深さまで直径1cm程度の中径根が見られるが、それ以深はほとんど根が分布しないことから、浅根型とした。両端付近に水平方向にひろがる主根的な5cm程度の根がみられたが、基本的に中央部に分布が集中している。
調査結果による根系分布型の判定	垂直 : 浅根型 水平 : 集中型	垂直 : 深根型 水平 : 集中型	垂直 : 浅根型 水平 : 集中型

(3)根系調査結果のまとめ

各樹種の調査地における根系分布型を表 9.2.14 に整理した。

コナラやアラカシ、スギ、ヒノキでは、根系分布に個体差は見られたが、文献に示された分類と概ね合致した。

また、根系が垂直方向に深く、水平方向に広いほど、表層土壌を保持する能力が高いと考えられる。その考えに基づき、樹種ごとの表層崩壊の抑止効果を図 9.2.4 に模式的に示した。

なお、ヒノキは垂直分布において、深根型と浅根型がともに見られ個体差が著しかった。これは、地下水位が高い箇所では樹木の根が地中深くに伸びない（今後における海岸防災林の再生について、2014 年 2 月、東日本大震災に係る海岸防災林の再生に関する検討会 など）性質を有するため、溪床近くに植林されたヒノキは根系が浅く、山腹に植林されたヒノキでは比較的鉛直方向に根系が伸長したことによる差と考えられる。

表 9.2.14 調査地における各樹種の根系分布型

樹種	生活型	垂直分布		水平分布	
		現地調査	根系図説	現地調査	根系図説
コナラ	落葉広葉樹	深根型～中間型	深根型	分散型	集中型
アラカシ	常緑広葉樹	深根型～中間型	中間型	分散型～中間型	集中型
エドヒガン	落葉広葉樹	中間型	中間型	中間型	中間型
アカマツ	常緑針葉樹	深根型	深根型	分散型	分散型
スギ	常緑針葉樹	深根型	深根型	分散型～中間型	中間型
ヒノキ	常緑針葉樹	深根型～浅根型	浅根型	集中型	集中型

根系による表層崩壊の抑止効果は、鉛直方向に深く、広い範囲で根系が広がるほど大きいと考えられる。この考えに基づき、表 9.2.14 の樹種別の根系分布型から、抑止効果の優劣を模式的にしたものを図 9.2.1 に示す。

その結果、アカマツ、スギ、コナラ、アラカシが根系による表層崩壊の抑止効果が高いと判断された。これら樹種を中心として、それぞれの生育適地と、整備地の環境条件（土壌厚や土湿など）を考慮して、積極的に整備していくことが望ましい。

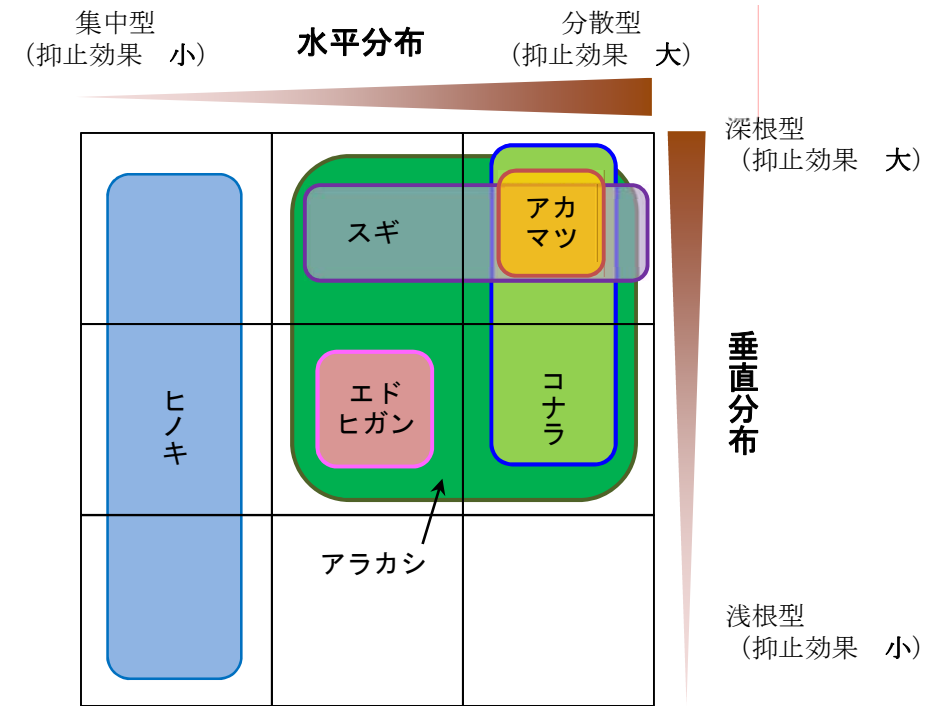


図 9.2.4 根系調査結果に基づく表層崩壊の抑止効果の評価

### 9.3 樹木による土石流等の抑止事例

#### (1) 現地調査で確認した樹木による防災・減災の事例

調査対象箇所において、森林や樹木による土石流抑止等の痕跡が確認されたため、それら事例を整理した。

表 9.3.1(1) 樹木による災害防止機能の発揮事例

確認地点	高松山国有林 (図 6.1.2 の 2 号、8 号など)
森林・樹木の形状	直径 20cm・樹高 12m 程度のヒノキ林。立木の間隔は 3~4m 程度で、林内は比較的明るい、下層の植被率は低く単純な階層となっている。下層植生が少ない理由としては、シカが好まない植物であるシキミやウラジロのみが生育したことから、シカによる食害と考えられる。
災害抑止の状況	降雨による地表侵食が発生した痕跡がある箇所では、ヒノキ立木が、ある程度の掃流土砂や倒木の流出を抑止したと考えられる。
確認写真・図面等	 <p>地表侵食や土石流が地表を流下した痕跡がある箇所。土砂や流木が捕捉されている。また、樹幹には 2m を超える場所まで土砂が付着しており、流下する土砂の減衰効果があったと考えられる。</p> <p>地表部は落葉落枝が残存しており、地表侵食は著しくないが、パイピング現象により地中が洗掘・侵食された箇所。深部がさらわれて地表部とそこに生育するヒノキが、そのまま落下した状態。この場合は、樹木や根系による減災効果は発揮されていないが、根系の周囲の土砂は保持しており、流出土砂量の減少には寄与していると考えられる。</p>

表 9.3.1(2) 樹木による災害防止機能の発揮事例

確認地点	犬戻鳴山国有林、美濃越、登龍
森林・樹木の形状	スギあるいはヒノキ林 (胸高直径 20cm 程度)。立木の間隔は 3~4m 程度で林内は比較的明るい、下層の植被率は低く単純な階層となっている。その理由は左表と同様にシカ食害によるものと考えられる。
災害抑止の状況	土石流により流下する石礫が立木により抑止されている。登龍の写真箇所の直下にある道路への石礫の流出はわずかであった。美濃越の写真箇所で大量の礫が捕捉されており、それよりも下流への石礫の流下は明らかに減少していた。犬戻鳴山では、スギの立木が隣地への石礫の流出を防止していた。
確認写真・図面等	 <p>谷部を流下した巨礫が、スギやその樹間に止まった流木等により捕捉されている。</p> <p>土石流が発生した溪流部からの石礫の拡散をスギの立木が防止している。</p>

表 9.3.1(3) 樹木による災害防止機能の発揮事例

確認地点	高松山国有林（(図 6.1.2 の 11 号)																																						
森林・樹木の形状	<p>胸高直径 70～100 cm 程度の大径のケヤキ及びクヌギが谷の出口付近に集中して生育（本数や生育位置は下図に示す）。被災前は谷出口付近に、モウソウチク林とケヤキ及びクヌギの大径木からなる樹林が存在し、樹林にはアラカシ、ヤブツバキ、クリ、ツブラシイの中小径木が生育する屋敷林を形成していた。</p> <p>高松山国有林内ではケヤキを確認していないことと、谷出口に集中して生育していることから、大径のケヤキは昔に植栽されたものと考えられる。</p> <p>谷出口に生育していたが今回の災害により損傷し伐採された中径ケヤキは 2 本あり、それぞれ胸高直径 29 cm・樹齢 88 年、胸高直径 41 cm・樹齢 63 年であった。この林齢と直径の関係やケヤキの径級等から、ケヤキの大径木の樹齢は 170～180 年前後と推測した。</p> <p>また、可部町史（昭和 51 年 9 月 13 日）において過去 100～300 年の間において当該地域での災害発生記録としては、1722 年、1739 年、1755 年、<b>1796 年</b>、<b>1829 年</b>、1850 年に河川氾濫や洪水災害の記載がある。このうち、山地土砂災害と思われる記載があるのは、218 年前の <b>1796 年</b>（寛政八年）6 月のもので、『豪雨・洪水のため、山崩れ・堤防決壊が相次ぎ、田畑・家屋・人命に甚大な被害を与えた』とある。また、今回高松山北西側溪流で家屋損壊を受けた方（82 歳）から、その方のお爺さん（昭和 20 年 80 歳で死亡）が、「この谷で昔、蛇（じゃ；土石流）が出たと話していた」と聞き取れた（年齢等から <b>1829 年</b>の災害と推察される）。</p> <p>ケヤキ大径木の樹齢（170～180 年前後）と、過去の土砂災害（185～218 年前）が同年代であることから、山地災害後、防災を目的に谷出口にケヤキが植栽されたと推察される。</p>																																						
災害抑止の状況	<p>ケヤキの植栽位置が谷の出口に集中しており、現在まで保存されていることから、土石流への対応を意識したものと考えられる。今回の災害では、ケヤキの樹幹 3.6m まで損傷痕が認められ、大径木の上流面での流木の堆積や、屋敷林が存在した範囲のすぐ下流部に流木が集積している状況も確認されていることから、流木の衝撃力や流下距離に対する減衰効果があったと考えられる。</p> <p>下流の家屋等への被害はあったものの、土石流の規模に対して被害が甚大ではなかったのは、大径木が透過型ダムのスリットと類似した効果を発揮した可能性がある。</p>																																						
確認写真・図面等	<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;">  <p>災害直後（8 月 20 日）の谷出口付近の状況。生育位置から土石流や流木が直撃したと考えられるが、ケヤキやクヌギの大径木は残存し、流木を捕捉していることを確認。</p> </div> <div style="width: 48%;">  </div> <div style="width: 48%;">  </div> <div style="width: 48%;">  <p>災害直後（8 月 20 日）の谷出口付近の土石等の流出状況。屋敷林からその下流側で流木が堆積し、さらに下流の家屋までは流木の大规模な流出・堆積はしていない。</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="width: 48%;">  <p>流木や土砂の撤去後（9 月 18 日）の谷出口付近の状況。樹幹に高さ 3.6m 程度まで損傷痕を確認。</p> </div> <div style="width: 48%;">  </div> <div style="width: 48%;">  </div> <div style="width: 48%;"> <table border="1" data-bbox="1923 1560 2323 1812"> <thead> <tr> <th>No.</th> <th>樹種</th> <th>胸高直径</th> <th>損傷痕跡高</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ケヤキ</td> <td>70,76cm (二又)</td> <td>2.2m</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ケヤキ</td> <td>89cm</td> <td>18.m</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>ケヤキ</td> <td>102cm</td> <td>3.6m</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>クヌギ</td> <td>73cm</td> <td>2.0m</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>ケヤキ</td> <td>86cm</td> <td>なし</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ケヤキ</td> <td>29cm</td> <td>損傷により伐倒</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>ケヤキ</td> <td>41cm</td> <td>損傷により伐倒</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>ヤブツバキ</td> <td>23cm</td> <td>折れ</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">屋敷林の災害後の立木等の計測データ</p> </div> </div>			No.	樹種	胸高直径	損傷痕跡高	1	ケヤキ	70,76cm (二又)	2.2m	2	ケヤキ	89cm	18.m	3	ケヤキ	102cm	3.6m	4	クヌギ	73cm	2.0m	5	ケヤキ	86cm	なし	6	ケヤキ	29cm	損傷により伐倒	7	ケヤキ	41cm	損傷により伐倒	8	ヤブツバキ	23cm	折れ
No.	樹種	胸高直径	損傷痕跡高																																				
1	ケヤキ	70,76cm (二又)	2.2m																																				
2	ケヤキ	89cm	18.m																																				
3	ケヤキ	102cm	3.6m																																				
4	クヌギ	73cm	2.0m																																				
5	ケヤキ	86cm	なし																																				
6	ケヤキ	29cm	損傷により伐倒																																				
7	ケヤキ	41cm	損傷により伐倒																																				
8	ヤブツバキ	23cm	折れ																																				

表 9.3.1(4) 樹木による災害防止機能の発揮事例



確認地点	高松山国有林 ((図 6.1.2 の 4 号) 根系調査樹木
森林・樹木の形状	広葉樹林内のコナラ (胸高直径 28cm, 樹高 15m, 枝張り 5m 程度)。斜面勾配は 25° 程度で崩壊地に接する山腹斜面。
災害抑止の状況	コナラの樹幹から 1m ほど離れた箇所において地表の亀裂がみられる (左写真) が、樹木根系の土壌補強作用により保持されることで、せん断が抑止され崩落しなかったと考えられる。同樹木の土壌断面は A 層 (腐植土) と B 層 (鉱質由来の土壌) の境界付近で剥離しかけている (右写真)。これも根系の土壌補強作用により、表層の剥離が抑止されたと考えられる。
確認写真・図面等	 <p>斜面傾斜 26°</p> <p>土石流発生溪流に面した山腹斜面。流下土砂の衝撃等により、斜面部の土砂がせん断されているが、樹木根系の土壌補強作用により保持されたと考えられる。</p> <p>左写真と同一箇所。表層土壌が A 層 (腐植土) と B 層 (鉱質由来の土壌) の境界付近で剥離しかけているが、土壌補強作用により、表層の剥離が抑止されたと考えられる。</p>

表 9.3.1(5) 樹木による災害防止機能の発揮事例

確認地点	高松山国有林 ((図 6.1.2 の 11 号)
森林・樹木の形状	ヒノキ林内に生育するツブラジイ。根が板根化 (水平根が上方向に発達して垂直に扁平となったもの) している。本地域の極相の樹種であるシイ類は、板根化することが知られている。
災害抑止の状況	板根が高さ 30cm 程度の天然の『筋工』となっており、その上部に土砂を捕捉していた。筋工と同様の機能を有していると考えられ、雨水の分散や表土流亡の防止により、山腹の地表侵食抑止の効果が期待できる。
確認写真・図面等	 <p>斜面傾斜 27°</p> <p>流下区間の山腹斜面に生育するツブラジイ。表土が浅い環境ではシイ類は板根化しやすいと言われており、天然の筋工としての効果があると考えられる。</p>

(2) 樹木による防災・減災効果のまとめ

現地調査で確認した樹木による防災・減災効果を表 9.3.2 にまとめた。

そのほか、今回の調査では確認できなかったが、「樹冠が雨滴の衝撃エネルギーを減衰し、表層土壌の浸食を抑制する効果」や「平常時での根系の支持力による斜面安定度の向上」といった山地防災に寄与する基礎的な効果も、健全な樹林では発揮されていると考えられる。

表 9.3.2 樹木による災害防止機能のまとめ

樹木部位	樹木による土石流抑止事例
根系	<p>【平常時】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>根系や根元部が『筋工』的な機能を発揮し、雨水の分散や表土流亡の防止により、山腹の地表侵食を抑止</li> </ul> <p>【土石流等発生時】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>樹木根系の土壌補強作用により、表層土壌のせん断や剥離等を抑止</li> </ul>
樹幹	<p>【土石流等発生時】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>土石流等の発生区間において、立木が地表侵食により発生する掃流土砂や倒木の流出を抑止</li> <li>土石流等の発生区間において、立木が石礫を捕捉して拡散・流下を抑止</li> <li>土石流等の流下～堆積区間において、流木の衝撃力や流下距離を減衰 (衝撃に耐える大径木が有効)</li> </ul>