



平成 30 年台風 21 号等被害に係る 森林再生全体計画(貴船・鞍馬)



令和 2 年 3 月
近畿中国森林管理局

目次

1. 貴船山及び鞍馬山国有林の概要	1
2. 貴船・鞍馬国有林の被害状況及び立地的特徴	2
2.1. 平成30年台風21号の概要	2
2.2. 風倒木被害の概要	3
2.3. 風倒木被害の特徴	4
2.4. 土砂災害が発生しなかった要因	12
2.5. 地質・地形の特徴	13
2.6. 風倒木被害が発生しやすい立地条件	15
2.7. 配慮すべき社会的特性	17
3. 今回の被害に起因して考えられる経年的な留意事項	19
3.1. 風倒木の形態と斜面崩壊への影響	19
3.2. 風倒木被害地における今後の斜面崩壊の可能性	20
4. 森林再生に向けた考え方	21
4.1. 基本的考え方	21
4.2. ゾーニングの考え方	21
5. 被害箇所における属地的な風倒木の処理方法等	24
5.1. 優先度の判定	24
5.2. 風倒被害木搬出方法の考え方	29
5.3. 風倒木を林内で処理する場合の方法等	30
5.4. 森林再生に向けた林地保全のための措置	31
5.5. 属地的な森林再生の方向性を整理した箇所別の計画	31
6. 被害地での森林再生(広葉樹林化等)に向けた施業のあり方	36
6.1. 地域特性を踏まえた指標とする森林	36
6.2. 広葉樹林化・針広混交林化への誘導方法	38
6.3. 家屋に近接する森林の取扱い	39
6.4. 広葉樹苗木の調達方法等	41

1. 貴船山及び鞍馬山国有林の概要

貴船山及び鞍馬山国有林の面積は 229ha で、そのうち人工林は 218ha(95%)、天然林は 11ha(5%)となっている。人工林の齢級構成(H31.3.31 現在)では、14 齢級以上が 135ha(62%)となっており、高齢級の人工林が多いのが特徴である(図 1.1 参照)。

当該国有林は、森林法、その他法令等の制限区域があり、全域が保安林(土砂流出防備保安林 168ha、土砂崩壊防備保安林 52ha、風致保安林 10ha(土砂崩壊防備保安林と兼種))となっているほか、都市計画風致地区 220ha、歴史的風土特別保存地区 220ha 等に指定されている。

これらを踏まえた上で、当地域の住民の安心した暮らしを支え、山地災害の防止、観光等の経済活動や景観への配慮等、森林の多様な公益的機能を発揮させるべく、過去 20 年間に於いて間伐を約 100ha 実施、治山事業として、これまで治山ダム 57 基、山腹工 56 箇所、落石対策工 10 箇所、護岸工 5 箇所を実施している。

なお、当該区域のスギ、ヒノキ等の人工林については、将来的に針広混交林化や広葉樹林化を行うこととしており、当面、平成 30 年 4 月 1 日からの 5 年間の地域管理経営計画等において、18.97ha(分収造林¹を除く)の間伐を計画している。

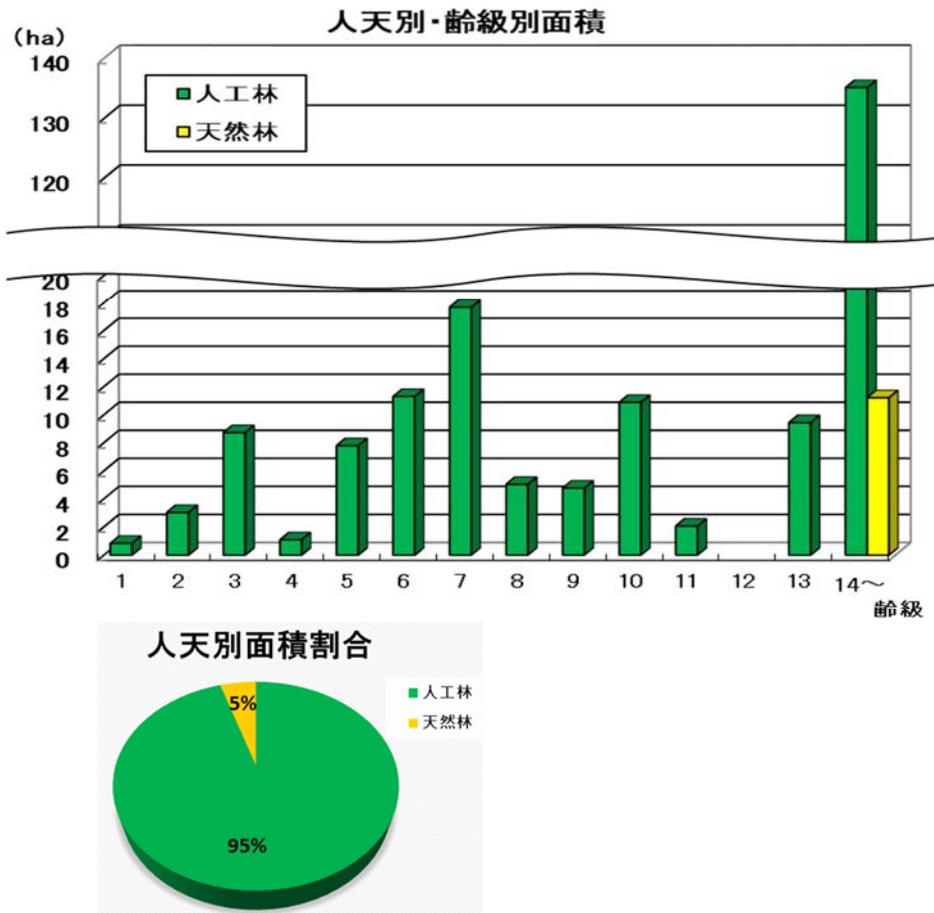


図 1.1 貴船山及び鞍馬山国有林の概要

¹ 造林者(国以外の者)が、契約により国有林に木を植えて一定期間育て、成林後に立木を販売し、その収益(販売代金)を国と造林者とで予め契約した一定の割合で分収することを目的として設定した森林。

2. 貴船・鞍馬国有林の被害状況及び立地的特徴

2.1. 平成 30 年台風 21 号の概要

平成 30 年は、平年より多い 29 個(平年値 25.6 個)の台風が発生し、そのうち、京都市とその周辺を通過した台風は 3 個(第 20 号、第 21 号、第 24 号)、いずれも猛烈な強さ(最大風速 54m/s 以上)まで発達した台風である。

この中でも特に被害をもたらした台風 21 号は、平成 30 年 8 月 28 日 9 時に南鳥島近海で発生し、急速に発達しながら日本の南海上を西～北西に進み、30 日 15 時には「非常に強い」勢力となり、31 日 9 時にはマリアナ諸島付近で「猛烈な」勢力に発達した。その後、高知県を暴風域に巻き込みながら北上し「非常に強い」勢力を保ったまま 9 月 4 日 12 時頃に徳島県南部に上陸、その後も北に進み、14 時頃に兵庫県神戸市付近に上陸し、15 時に日本海へ抜けた(図 2.1 参照)²。

この台風により、京都府では 4 日昼過ぎから暴風となり、京都市中京区で日最大瞬間風速 39.4m、日最大風速 21.8m を観測した。また、京田辺市では日最大瞬間風速 34.4m、日最大風速 19.2m を観測し、従来の記録を更新したほか、南丹市の 2 地点で日最大瞬間風速、日最大風速の記録を更新した(表 2.1 参照)³。

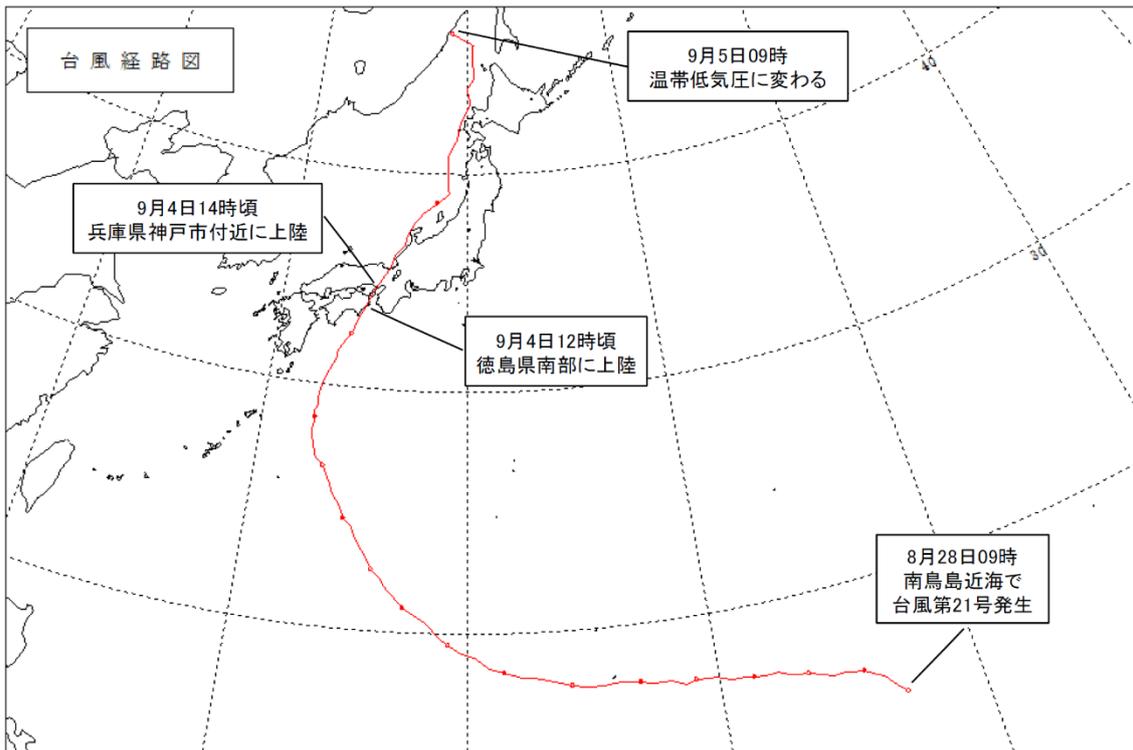


図 2.1 平成 30 年台風 21 号の進路

² 気象庁資料(台風 21 号による暴風・高潮等)

³ 京都府の気象速報(平成 30 年 9 月 4 日の台風 21 号による暴風について)

表 2.1 平成 30 年台風 21 号の観測記録

○期間最大風速(9月4日00時~24時、強い方から)					○期間降水量(9月4日11時~9月5日04時、多い方から)				
市町村名	地点名	値(m/s)	風向	起時	市町村名	地点名	9月4日	9月5日	期間合計
京都市中京区	京都(キョウト)	21.8	南	9月4日 14時38分	南丹市	園部(ソノハ)	83.5	6.0	89.5
京田辺市	京田辺(キョウタナヘ)	19.2	南南東	9月4日 14時13分	京都市中京区	京都(キョウト)	84.0	0.0	84.0
京丹後市	間人(マイザ)	17.0	東北東	9月4日 14時19分	南丹市	美山(ミヤマ)	59.0	14.0	73.0
南丹市	園部(ソノハ)	13.4	東	9月4日 14時29分	京丹後市	間人(マイザ)	64.0	0.0	64.0
南丹市	美山(ミヤマ)	12.6	東北東	9月4日 14時37分	船井郡京丹波町	須知(シュウチ)	56.0	7.0	63.0
舞鶴市	舞鶴(マイヅル)	12.2	南西	9月4日 16時18分	京都市右京区	京北(ケイトク)	61.0	1.5	62.5
宮津市	宮津(ミヤヅ)	8.3	北東	9月4日 14時27分	福知山市	坂浦(サカウラ)	56.0	0.5	56.5
福知山市	福知山(フチヤマ)	7.0	西南西	9月4日 15時06分	船井郡京丹波町	本庄(ホンジョウ)	52.5	1.0	53.5
○期間最大瞬間風速(9月4日00時~24時、強い方から)					○期間日最大1時間降水量(9月4日11時~9月5日04時、多い方から)				
市町村名	地点名	値(m/s)	風向	起時	市町村名	地点名	値(mm)	起時	
京都市中京区	京都(キョウト)	39.4	南	9月4日 14時34分	南丹市	園部(ソノハ)	64.5	9月4日 14時30分	
京田辺市	京田辺(キョウタナヘ)	34.4	南南西	9月4日 14時54分	京都市右京区	京北(ケイトク)	43.0	9月4日 14時36分	
南丹市	美山(ミヤマ)	28.1	北東	9月4日 14時33分	京都市中京区	京都(キョウト)	41.5	9月4日 21時27分	
南丹市	園部(ソノハ)	27.1	東南東	9月4日 14時20分	南丹市	美山(ミヤマ)	35.0	9月4日 14時42分	
京丹後市	間人(マイザ)	25.9	東	9月4日 14時17分	船井郡京丹波町	須知(シュウチ)	34.0	9月4日 14時40分	
舞鶴市	舞鶴(マイヅル)	18.1	南西	9月4日 16時13分	長岡京市	長岡京(ナガオカキョウ)	23.5	9月4日 14時32分	
宮津市	宮津(ミヤヅ)	17.7	東北東	9月4日 14時09分	船井郡京丹波町	本庄(ホンジョウ)	21.5	9月4日 14時42分	
福知山市	福知山(フチヤマ)	14.0	西	9月4日 14時58分	京丹後市	間人(マイザ)	20.0	9月4日 18時44分	
					綾部市	睦寄(ムツヨリ)	18.5	9月4日 15時00分	
					福知山市	三和(ミワ)	18.5	9月4日 14時32分	
					京田辺市	京田辺(キョウタナヘ)	18.5	9月5日 02時54分	
					福知山市	福知山(フチヤマ)	16.5	9月4日 14時57分	
					福知山市	坂浦(サカウラ)	15.5	9月4日 14時35分	
					綾部市	綾部(アヤハ)	13.0	9月4日 14時37分	
					京丹後市	美山(ミヤマ)	12.5	9月4日 18時49分	
					宮津市	宮津(ミヤヅ)	12.0	9月4日 17時12分	
					舞鶴市	舞鶴(マイヅル)	8.0	9月4日 17時31分	

2.2. 風倒木被害の概要

台風 21 号による暴風の影響により、京都府内では負傷者 28 名、住家の一部損壊 392 棟のほか、鉄道の運転見合わせ、道路の通行規制、停電等の被害が発生した⁴。大阪湾沿岸では、高潮や強風により、関西国際空港の浸水やタンカー座礁による連絡橋の破損など、公共インフラにも多大な被害をもたらした。

森林被害については、1 で記述したように、森林の多様な公益的機能を発揮させるべく、森林施業を行ってきたところであるが、平成 30 年台風 21 号到来による暴風の影響により、貴船山及び鞍馬山国有林において、スギ、ヒノキを中心に 53 箇所 12.93ha の風倒木被害が発生するとともに、周辺の民有林では 543 箇所 252ha の甚大な被害が発生したものである。地元住民からの聞き取り調査では、南風を主風向とする強風が短期間に吹き、それにより立木が一斉に同じ方向に倒れたとのことであった。

4 京都府災害対策本部調べ。H30.9.5 10 時現在。

2.3. 風倒木被害の特徴

風倒木の被害量の把握に当たっては、現地調査に加え、高解像度衛星画像やドローンによる撮影データのオルソ画像(図 2.2 参照)を用い解析等を行った。

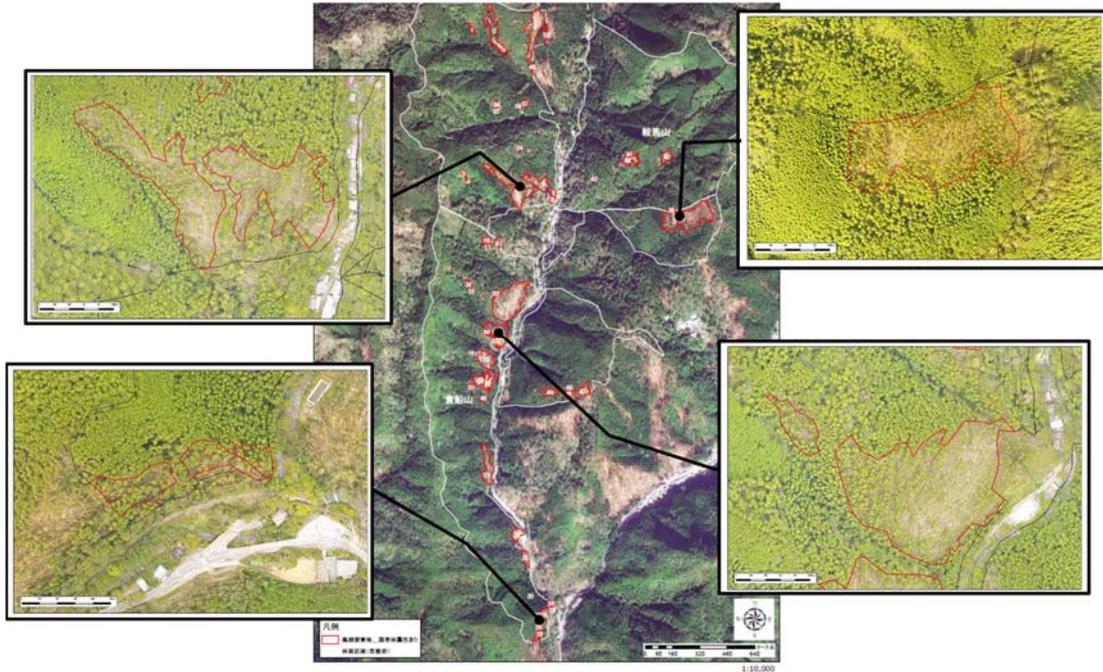


図 2.2 高解像度衛星データ⁵とドローン撮影によるオルソデータ⁶

本調査の結果、当初面積 12.93ha の風倒木被害地に加え、その周辺において被害対策の必要な隣接の被害地 8.03ha、計 20.96ha を被害対策対象林分として整理した。また、被害対策対象林分を約 0.04ha 当たりの正常木率（被害を受けていない樹木の面積比率）により、大小合わせ 132 箇所⁷に区分して整理した。その詳細は別添 1 「被害形態別整理表」⁷に示した。

正常木率別の面積は図 2.3 のとおりである。正常木率の内訳をみると、15%未満の壊滅的な被害を受けている林分が 6.98ha と最も多く、15%以上 30%未満が 3.90ha、30%以上 45%未満が 4.10ha、60%以上 75%未満が 4.50ha、75%以上 90%未満が 1.39ha、90%以上が 0.10ha となっている。

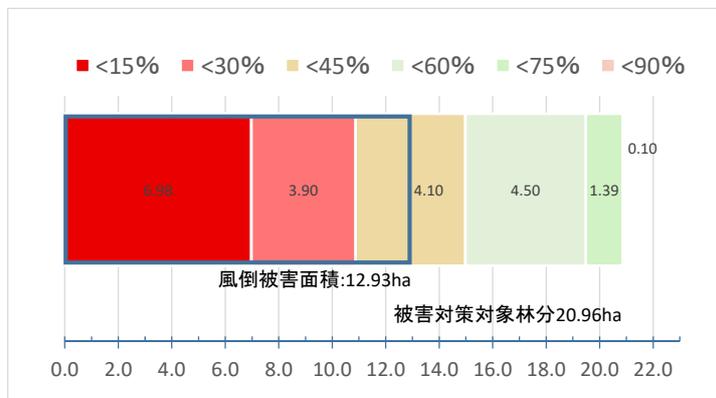


図 2.3 被害対策対象林分の正常木率

5 JSI データ

6 島根大学米康充准教授の撮影データ及びオルソ化データの提供による

7 正常木率の区分だけでなく、小班界や後述する被害形態別等の区分を含め細分している。

当初面積の 12.93ha は、明らかな風倒木被害林分を計上したものと考えるが、現地調査により風倒木処理や植栽等による森林再生の必要箇所を精査した結果、正常木率 40%以上の林分も含め、被害対策対象林分は 20.96ha（当該国有林の約 1 割）となった。

被害対策対象林分 132 箇所について、森林再生に係る整備計画を検討するため、図 2.4 に示す 37 箇所の風倒木被害地エリアに区分した。

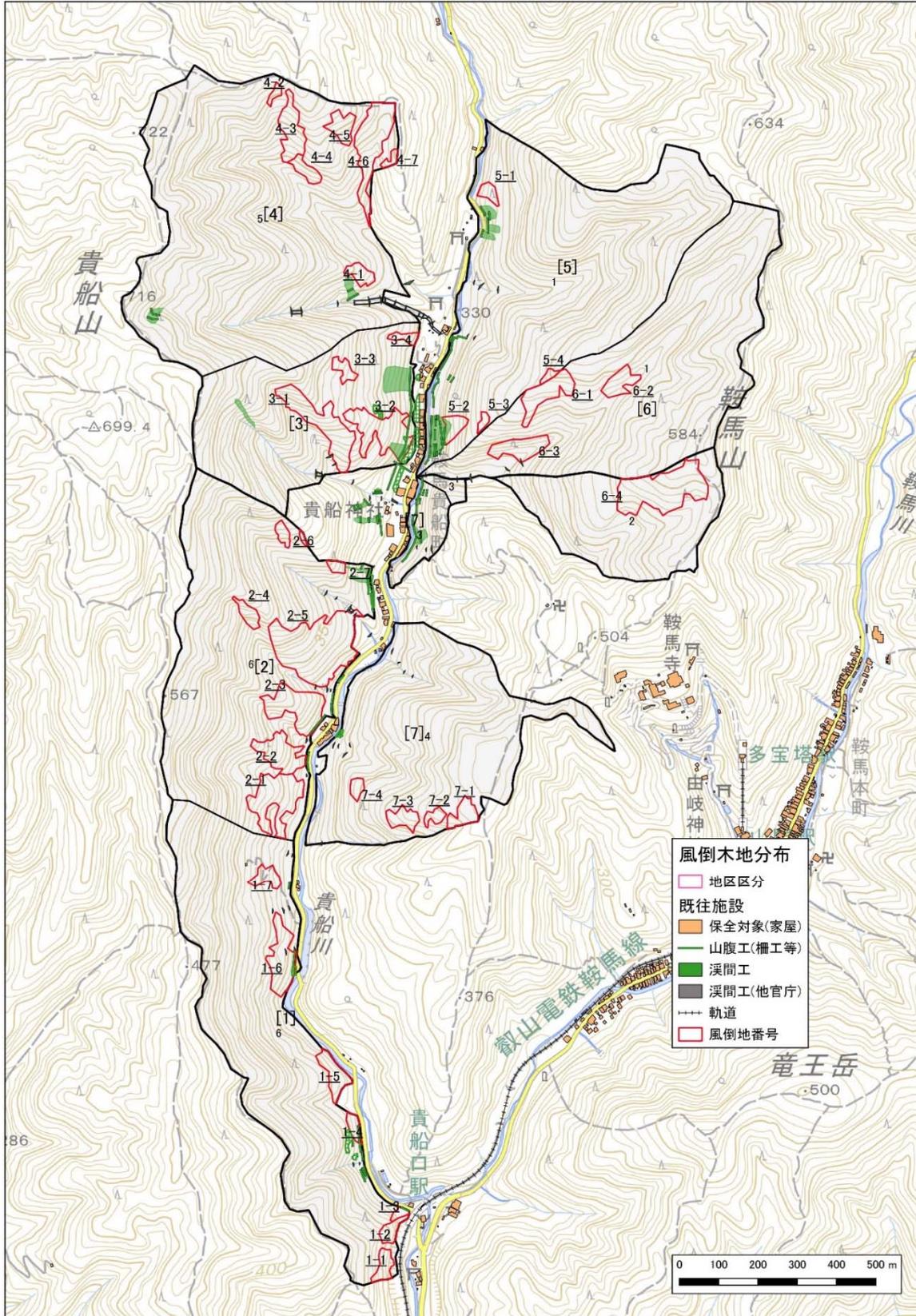


図 2.4 風倒被害木エリア

顕著な風倒木被害を発生させている箇所は、貴船川本流沿いの右岸であり、ほぼ全て北側に向かって倒伏、南北方向にスリット状、共倒れ状の被害を受けていた(写真 2.1 参照)。北向き斜面ではその倒伏角度が大きく、根株が浮き上がり斜面表層がかく乱されている(写真 2.2 参照)。



写真 2.1 全木倒伏(左)とスリット状に残存する倒伏(右)



写真 2.2 谷側に倒伏したスギ

叡山電鉄沿いの林分では、大径木のスギが山側に倒伏し、緊急対応として叡山電鉄によってワイヤー等により固定されている(写真 2.3 左参照)。また叡山電鉄の貴船口駅方向の斜面では、面的に風倒木被害が発生し、景観上の問題を生んでいる(写真 2.3 右参照)。



写真 2.3 叡山電鉄に近接する林分の状況

被害箇所の人工林の一部で行った調査では、収量比数は 0.7~0.9、形状比は 0.8 程度の箇所が見られたことから、強風被害を受ける 1 つの要因となったと考えられる。この度の風倒被害ではスギ、ヒノキの針葉樹が目立つが、これらの発生箇所であっても、根系が発達した林縁部等については被害が軽微な箇所が見られたほか、広葉樹については写真 2.4 に示すとおりケヤキやムクノキ等の根返りも見受けられた。



写真 2.4 広葉樹の倒伏(左:ムクノキ、右:ケヤキ)

調査結果から、風倒木の形態は大きく分類して「倒伏被害木」、「幹曲がり被害木」、「折損被害木」の3区分に分類し(表 2.2 参照)、前述した 132 箇所の林分別に比率を別添 1 「被害形態別整理表」に示した。

表 2.2 風倒木の形態

倒伏被害木		根が地面から一部または完全に浮き上がり、根元から倒伏しているもの。
幹曲がり被害木		根は浮き上がっていないものの、幹が根際から湾曲、または傾斜しているもの。
折損被害木		せん断、裂断、ねじれ等で、幹の途中または先端部が折れているもの。

風倒被害木の材積と面積の概数を算定するに当たり、現地踏査の際、被害地上空でドローンを飛行旋回させ、近景の斜め写真を連続的に撮影することにより、被害木の形態や直径、樹高、成林時の密度を把握した(写真 2.5～写真 2.8 参照)。それらの結果により平均的な樹高と胸高直径ならびに被害前の成立密度を決定して算出した被害推定量は、本数約 10,000 本、材積 9,000 m³である。

風倒地番号	撮影写真	備考
1-1		<p>叡電上部</p> <p>樹種：ヒノキ 傾斜：42° 土層：浅い</p> <p>該当林小班：7林班お小班、に小班 林齢：112、116 森林調査簿材積 (m³/ha)：214、327 ドローン推定材積 (m³/ha)：500~800、600</p>
1-2		<p>叡電上部</p> <p>樹種：ヒノキ 傾斜：34° ~41° 土層：岩がちで浅い</p> <p>該当林小班：7林班お小班、に小班 林齢：112、116 森林調査簿材積 (m³/ha)：214、327 ドローン推定材積 (m³/ha)：500~800、600</p>
1-3		<p>叡電上部</p> <p>樹種：ヒノキ 傾斜：36° 土層：深い</p> <p>該当林小班：7林班の小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：322 ドローン推定材積 (m³/ha)：650~700</p>
1-4 1-5		<p>梅の宮駐車場</p> <p>樹種：スギ 傾斜：32° ~40° 土層：深い</p> <p>該当林小班：7林班な小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：322 ドローン推定材積 (m³/ha)：650~700</p>
1-6		<p>蛇谷橋</p> <p>樹種：スギ 傾斜：40° 土層：深い</p> <p>該当林小班：7林班な小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：322 ドローン推定材積 (m³/ha)：650~700</p>

※ドローン推定材積は、近景の斜め写真と現地踏査をもとに直径、樹高、成林時の密度を把握し、それらの平均的な樹高と胸高直径ならびに被害前の成林密度をもとに算出した推定値

写真 2.5 風倒被害木の本数及び材積推定のためのドローン撮影

風倒地番号	撮影写真	備考
2-1 2-2		白石社右岸 樹種：スギ 傾斜：38°～48° 土層：深い 該当林小班：7林班な小班、わ小班 林齢：64、45 森林調査簿材積(m ³ /ha)：322、301 ドローン推定材積(m ³ /ha)：600、600
2-3		烏帽子右岸 樹種：スギ 傾斜：40°～45° 土層：岩がちで浅い～深い 該当林小班：7林班そ小班、る小班、へ小班 林齢：64、44、64 森林調査簿材積(m ³ /ha)：360、308、292 ドローン推定材積(m ³ /ha)：600、600、600
2-5		一の谷バス停前 樹種：スギ 傾斜：38°～42° 土層：岩がちで浅い～深い 該当林小班：7林班そ小班、へ小班 林齢：64、64 森林調査簿材積(m ³ /ha)：360、292 ドローン推定材積(m ³ /ha)：600、600
3-1		鈴鹿川上流 樹種：スギ 傾斜：29°～45° 土層：岩がちで浅い～深い 該当林小班：6林班に1小班 林齢：60 森林調査簿材積(m ³ /ha)：206 ドローン推定材積(m ³ /ha)：600
3-2		本宮北 樹種：スギ、ヒノキ、広葉樹 傾斜：35°～40° 土層：岩がちで浅い～深い 該当林小班：6林班へ小班 林齢：104 森林調査簿材積(m ³ /ha)：313 ドローン推定材積(m ³ /ha)：700

※ドローン推定材積は、近景の斜め写真と現地踏査をもとに直径、樹高、成林時の密度を把握し、それらの平均的な樹高と胸高直径ならびに被害前の成立密度をもとに算出した推定値

写真 2.6 風倒被害木の本数及び材積推定のためのドローン撮影

風倒地番号	撮影写真	備考
3-4		<p>結社上部</p> <p>樹種：スギ 傾斜：37° 土層：岩がちで浅い</p> <p>該当林小班：6林班と小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：313 ドローン推定材積 (m³/ha)：700</p>
4-2		<p>雨乞谷・ザラ谷川</p> <p>樹種：スギ 傾斜：37° 土層：深い</p> <p>該当林小班：6林班ろ小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：263 ドローン推定材積 (m³/ha)：650</p>
4-3		<p>雨乞谷・ザラ谷川</p> <p>樹種：スギ 傾斜：31° ~35° 土層：深い</p> <p>該当林小班：6林班ろ小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：263 ドローン推定材積 (m³/ha)：650</p>
4-4		<p>雨乞谷・ザラ谷川</p> <p>樹種：スギ、ヒノキ 傾斜：40° 土層：岩がちで浅い</p> <p>該当林小班：6林班ろ小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：263 ドローン推定材積 (m³/ha)：650</p>
4-5		<p>雨乞谷・ザラ谷川</p> <p>樹種：スギ 傾斜：36° 土層：深い</p> <p>該当林小班：6林班ろ小班 林齢：64 森林調査簿材積 (m³/ha)：263 ドローン推定材積 (m³/ha)：650</p>

※ドローン推定材積は、近景の斜め写真と現地踏査をもとに直径、樹高、成林時の密度を把握し、それらの平均的な樹高と胸高直径ならびに被害前の成立密度をもとに算出した推定値

写真 2.7 風倒被害木の本数及び材積推定のためのドローン撮影

風倒地番号	撮影写真	備考
4-6		<p>雨乞谷・ザラ谷川</p> <p>樹種：スギ 傾斜：22° ~41° 土層：深い</p> <p>該当林小班：6林班ろ小班 林齢：64 森林調査簿材積(m³/ha)：263 ドローン推定材積(m³/ha)：650</p>
6-4		<p>鞍馬北</p> <p>樹種：スギ 傾斜：26° ~34° 土層：深い</p> <p>該当林小班：5林班ろ小班 林齢：62 森林調査簿材積(m³/ha)：335 ドローン推定材積(m³/ha)：650</p>
7-1		<p>鞍馬南</p> <p>樹種：スギ 傾斜：33° ~34° 土層：深い</p> <p>該当林小班：5林班ち小班 林齢：65 森林調査簿材積(m³/ha)：330 ドローン推定材積(m³/ha)：650</p>

※ドローン推定材積は、近景の斜め写真と現地踏査をもとに直径、樹高、成林時の密度を把握し、それらの平均的な樹高と胸高直径ならびに被害前の成立密度をもとに算出した推定値

写真 2.8 風倒被害木の本数及び材積推定のためのドローン撮影

2.4. 土砂災害が発生しなかった要因

平成 30 年台風 21 号によって、貴船川流域では多くの風倒木被害が発生した一方で、顕著な土石流や斜面崩壊は発生していない。

台風は大きく分類すると、①雨台風、②風台風と③両者とも強いものの、3種類がある。風倒木被害は、②風台風と③両者が強いもので発生するが、③は風倒木被害と同時に崩壊も発生する。図 2.5 は平成 30 年台風 21 号による全国の瞬間最大風速の分布、図 2.6 は近畿・中国・四国地方の総雨量の分布を示している⁸。平成 30 年台風 21 号は、強風が観測されているものの雨量は少なく、②の風台風であった。京都地方気象台によると総雨量は 41 mm であり、この雨量は斜面崩壊を発生させるには少なく、その結果として貴船川流域では、風倒木被害は生じたが、斜面崩壊による土砂災害は生じなかったものと考えられる。

なお、上記のように土砂災害は発生していないが、風倒木被害の影響により表土が著しくかく乱を受けた箇所もあるため、そのような箇所では一般的に、斜面崩壊が発生する降雨量よりも少ない量で崩壊が発生するおそれがあるため注意が必要である。

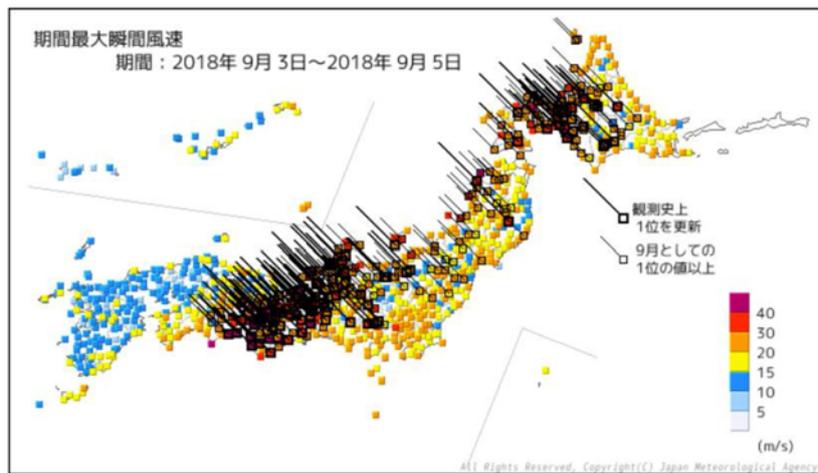


図 2.5 台風 21 号で観測された最大瞬間風速

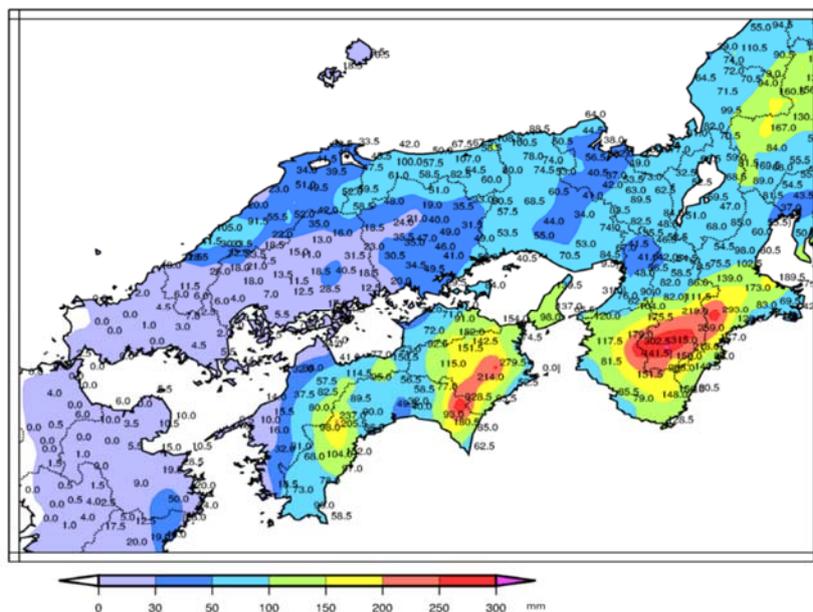


図 2.6 台風 21 号で観測された積算降水量

8 気象庁資料(台風 21 号による暴風・高潮等)

2.5. 地質・地形の特徴

2.5.1. 地質

風倒木を処理する際に作業路と重機を活用できるかどうか、また、表土の崩壊防止に治山施設が必要かどうか等の検討には表層地質が関係するため、当地域の表層地質について取りまとめた。

(1) 基岩について

貴船・鞍馬国有林が位置する貴船川流域は、ジュラ紀の丹波帯南部に位置し、基岩は丹波帯Ⅱ型層群の灰屋コンプレックスのうち混在岩層、緑色岩層、層状チャートにより構成されている(図 2.7 参照)。混在岩相は主として破碎を受けた黒色頁岩からなり、風化した粘土分の多い礫混じり粘土を形成している。層状チャートは比較的硬質であり、混在岩相と同様に礫分の多い礫混じり粘土を形成している。緑色岩層は主に玄武岩からなり、風化すると褐色から赤褐色の粘土を形成している⁹。

(2) 断層について

貴船川上流域には、三峠断層系の東端に位置する北西から南東に向け芹生峠断層がある。左横ずれの断層であり、屈曲量は 75m から 160m に達している¹⁰。芹生峠断層付近の緑色岩層は、粘土化(風化)が顕著に進んでいる。また、混在岩相も粘土分の多い礫混じり粘土となっており、場所によって小規模な地すべり地形や地すべりへ移行途中の地形が見られる。

丹波帯Ⅱ型地層群 灰屋コンプレックス

Hg:緑色岩相
(ペルム紀前期～ジュラ紀前期)
玄武岩質枕状溶岩

Hm:混在岩相
(ジュラ紀前期～中期)
黒色頁岩基質に砂岩緑色岩、層状
チャート、珪質頁岩の小岩塊を含む

Hc:層状チャート
(ペルム紀～三畳紀前期)
珪質頁岩を伴う

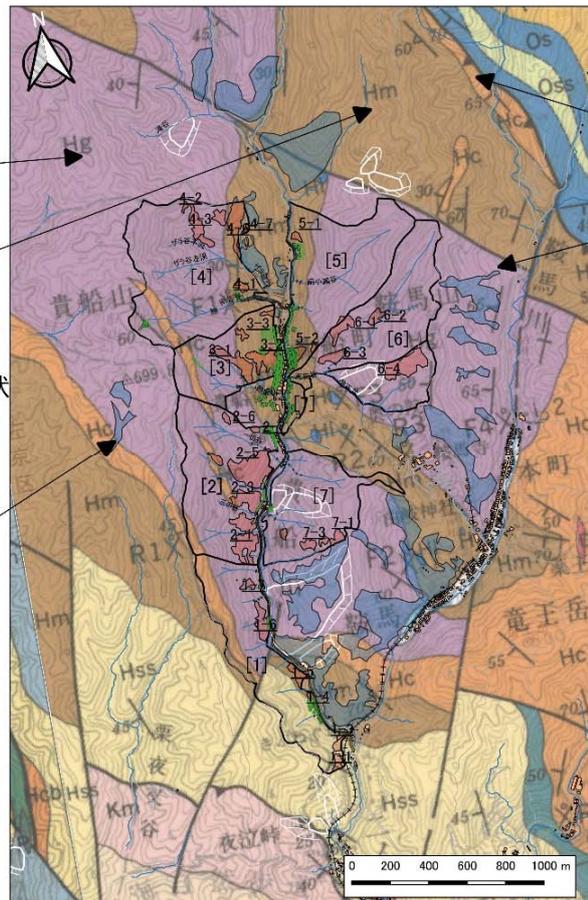


図 2.7 表層地質

9 木村克己ほか(1998),地域地質研究報告,京都東北部地域の地質,地質調査所

10 植村善博(1988),丹波高地西南部,三峠断層系の断層変位地形,地理学評論 61-6,453-468

2.5.2. 地形

表層地質と同様、地形についても今後の復旧作業の作業種の選択や治山施設の必要性を検討する際に必要な要素であることから、当地域の地形について取りまとめた。

貴船川上流部は前述した芹生峠断層の影響により脆弱な地盤が分布し、断層沿いには地すべり地形が認められる(前述図 2.7 参照)¹¹。また、地すべり地形としては認定されていないが、地すべり地へ移行途中の馬蹄型の地形が各所に見られる。加えて谷部は断層地形であり、尾根が断層運動により切られた三角状地形¹²が多く見られる。谷部では開析・侵食が進み、傾斜 35° を超える急傾斜地が多く、過去の崩壊跡地、侵食地、匍行斜面等が多く見られる。

当該国有林における傾斜分布と斜面方位分布を図 2.8 及び図 2.9 に示す。被害箇所は平均傾斜は $35\sim 45^\circ$ となっており、 $38\sim 42^\circ$ がもっとも頻度が高い。倒木発生地も同傾斜区間での発生が高くなっている。方位は、当該国有林全体では東向き斜面が多いが、風倒被害地の多くは、南～南東～東向き斜面で発生している。台風の猛烈な暴風、進行経路や風向き、斜面や傾斜などの地形条件が、風倒木の被害発生に大きく影響したと考えられる。

貴船川流域において、風倒木被害の多くは、地盤が脆弱な断層地形の急傾斜地で発生している。風倒木処理には作業道開設が有効であるが、傾斜 35° 以上の場所で発生している上、地すべり状の地形や過去の崩壊地、侵食地、匍行斜面等が分布し、地質・地形的に脆弱な状況にある。そのため、作業道開設による風倒木処理を回避すべき箇所が多くある。

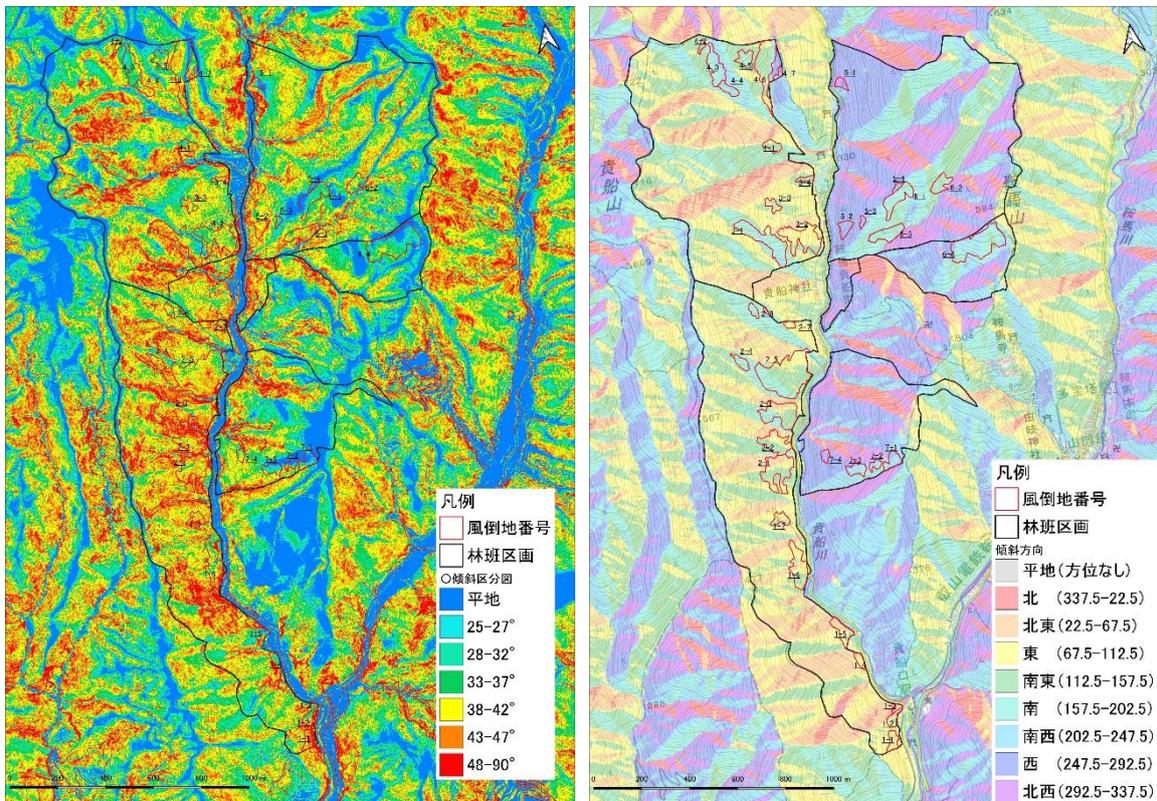


図 2.8 傾斜分布と方位分布

11 防災科学技術研究所(J-SHIS),地すべり地形分布図データベース

12 顕著な場合三角末端面と呼ばれる。牧野道幸(2013)図説森林土木と地形地質 P76 参照

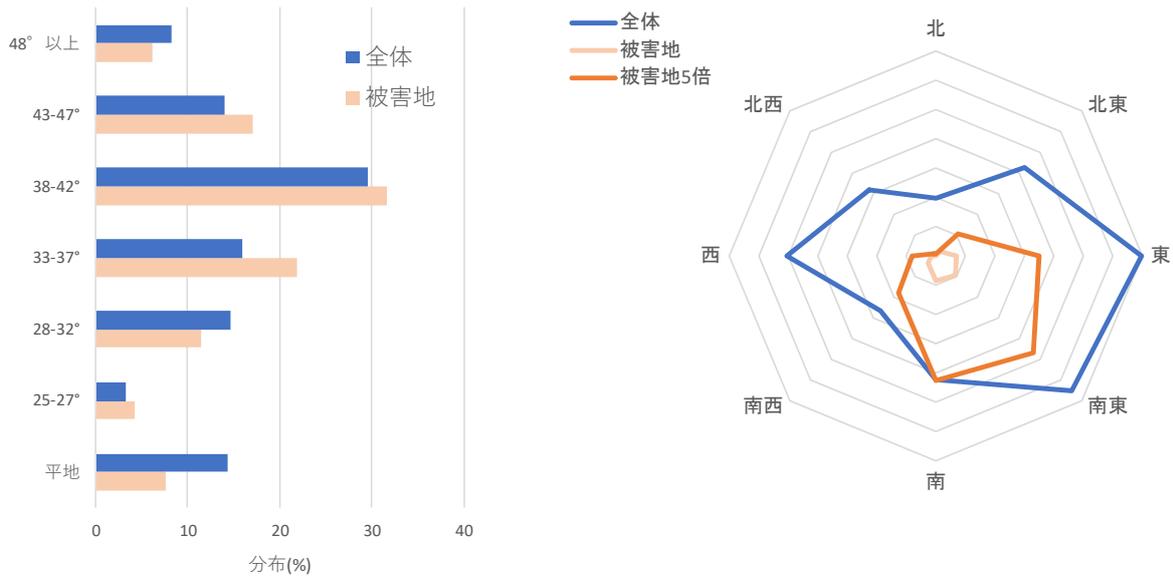


図 2.9 傾斜分布グラフと方位分布グラフ

2.6. 風倒木被害が発生しやすい立地条件

大きな風倒木被害は過去に京都市の安祥寺国有林や高台寺国有林等でも発生している。このことから、京都市の立地条件がどのように影響しているのかについて取りまとめた。

一般的に、台風進路の東側は強風域となるが、台風 21 号の経路は淡路島から若狭湾を抜けたため、大阪平野や京都盆地は強風域に位置することとなった(図 2.10 左図参照)。

京都盆地や大阪平野は、その周囲を山地に囲まれるが、その多くは断層崖が開析・侵食された山地であるため、傾斜 35° を超える急峻な山地が多く、平野から壁状に標高が高くなる特徴がある。加えて、大阪平野から京都盆地へ向け徐々に平野の幅は狭くなり、風を京都盆地へ集めるような地形となっている。

貴船・鞍馬地域は京都盆地の最北奥地であり、標高上昇も他域に比べ緩慢なため、京都盆地へ集まった風が抜けやすい立地となったと考えられる(図 2.10 右図参照)。

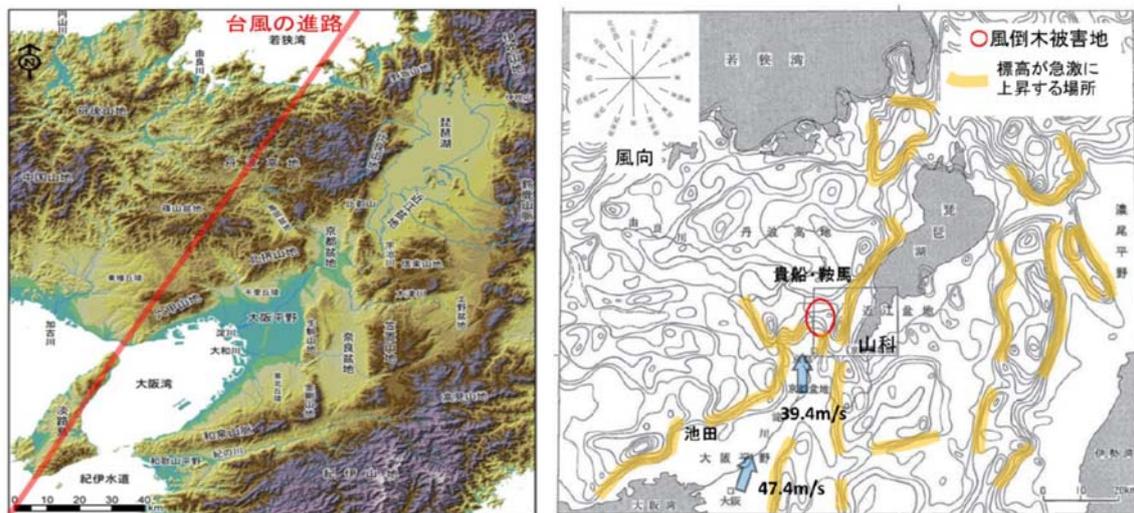


図 2.10 台風 21 号の進路(左)と標高上昇地形の配置(右)

平成 30 年 9 月 4 日、京都市中京区では最大瞬間風速 39.4m の南風が観測されている。前述のとおり、地形によって風は収束し加速するため、貴船川流域では最大瞬間風速 40m/s 以上の南風を記録した可能性がある。このように、「非常に強い」勢力をもつ台風が台風 21 号と同様の経路を通過すると、大阪平野や京都盆地へ南風が流入し、今後も風倒木被害を繰り返す可能性がある。1932 年の室戸台風は、台風 21 号とほぼ同じ経路を通過し、高台寺国有林や安祥寺国有林において大規模な風倒木被害が発生させ、一部は台風 21 号によって再度被害を受けている(図 2.11 参照)。

同じ立地で風倒木被害を繰り返す再度災害の事例は多く、浅間連峰南麓域(1959 年台風 7 号と 1982 年台風 10 号)や、出羽三山(1959 年台風 15 号、1961 年台風 18 号及び 1991 年台風 19 号)等の記録がある。

このため、当地域の森林再生に当たっては、今回と同程度の強風が発生しても風倒被害の発生を防止できるよう、森林の施業のあり方や植栽樹種を検討していくことが望ましい。

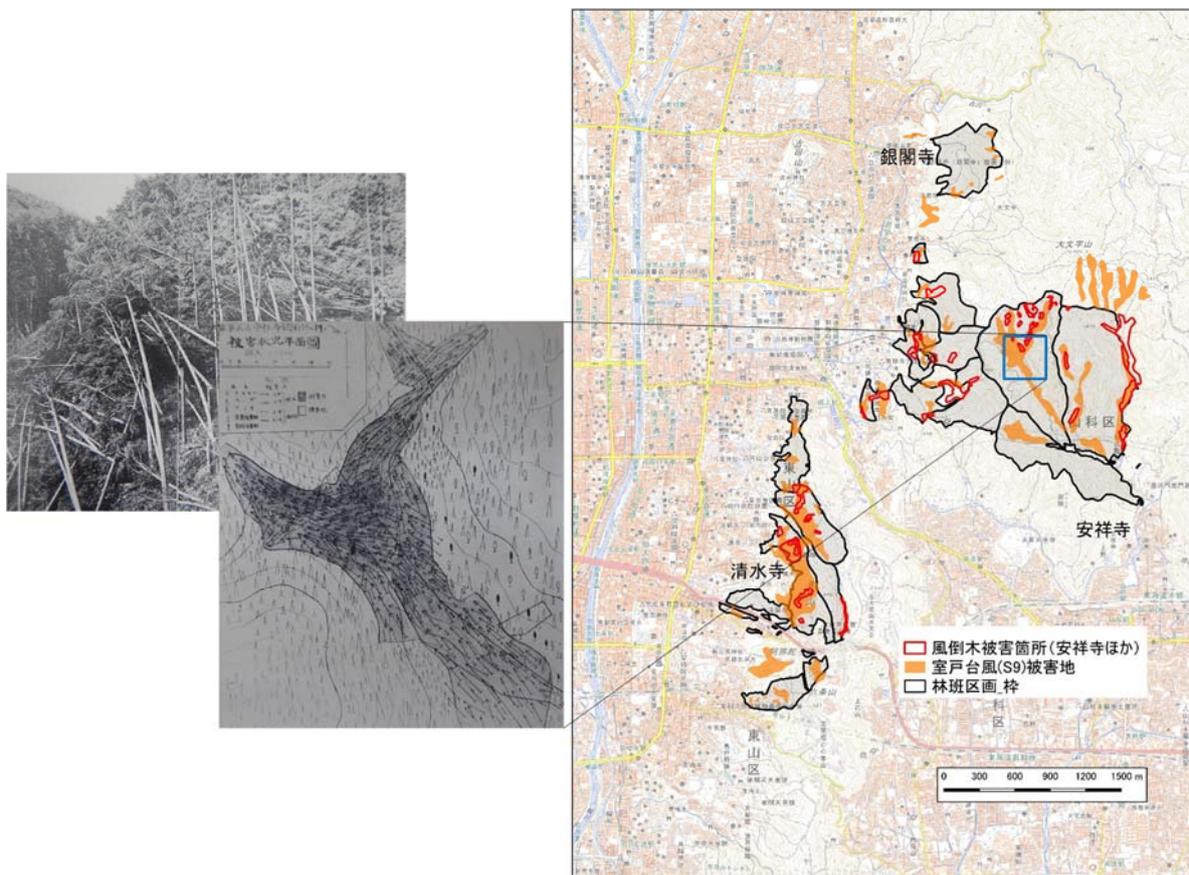


図 2.11 京都市東部の国有林(高台寺、安祥寺、阿弥陀ヶ峰)における再度災害

2.7. 配慮すべき社会的特性

当地域は、京都駅から約 15 km、40 分程度と京都市街に近い場所に位置し、国有林の麓には、日本有数の観光スポットである貴船神社や鞍馬寺等がある。また、料理旅館が建ち並び、夏季には貴船川沿いに川床が設置され、「京の奥座敷」と称される等、風光明媚で情緒あふれる観光地として観光客が増加している(写真 2.9 参照)。

平成 30 年度の貴船口駅の乗降客数は 58 万 8 千人で 10 年前の約 2 倍(図 2.12 左参照)であり、月別には 7～8 月の夏季と 11 月の秋季が顕著(図 2.12 右参照)であるが、年間を通じ来客数は途切れない状況にある¹³。叡山電鉄は、貴船口駅を大幅リニューアル中(令和 2 年春完成予定)であり、今後も当地域では観光客が増加することが予想される。

このように、当地域の保全対象は、年間途切れることのない観光客、この谷間の狭い箇所に軒を連ねるように建ち並ぶ料理旅館、民家と数多くあり、都市近郊かつ観光地という特徴を十分考慮し、併せてそうした特徴にふさわしい景観を作る必要もあることを踏まえた復旧事業の遂行や森林再生が求められている。

また、貴船川本流沿いに位置する府道 361 号線は、北部の京北町へ抜ける重要な道路であるとともに、災害発生時には避難経路として重要な役割を担っている。(図 2.13 参照)



写真 2.9 観光利用状況

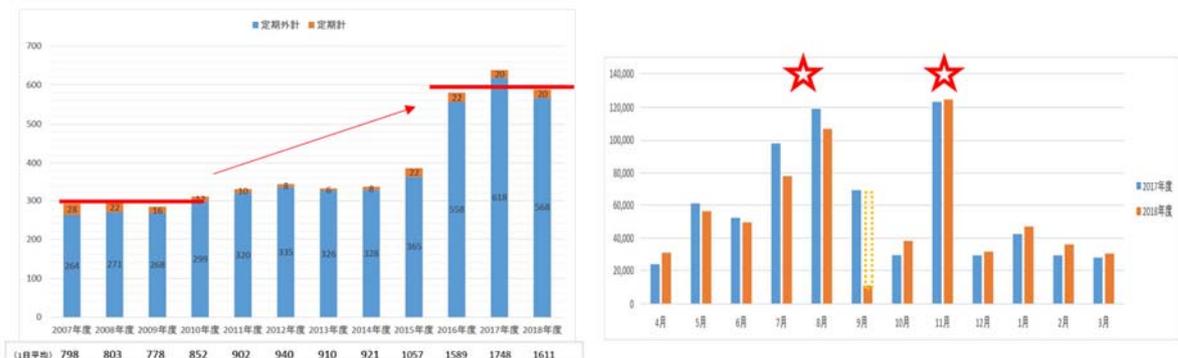


図 2.12 貴船口駅の年間利用者数(左)と月別利用者数(右、2017年と2018年)

13 叡山電鉄株式会社様提供資料

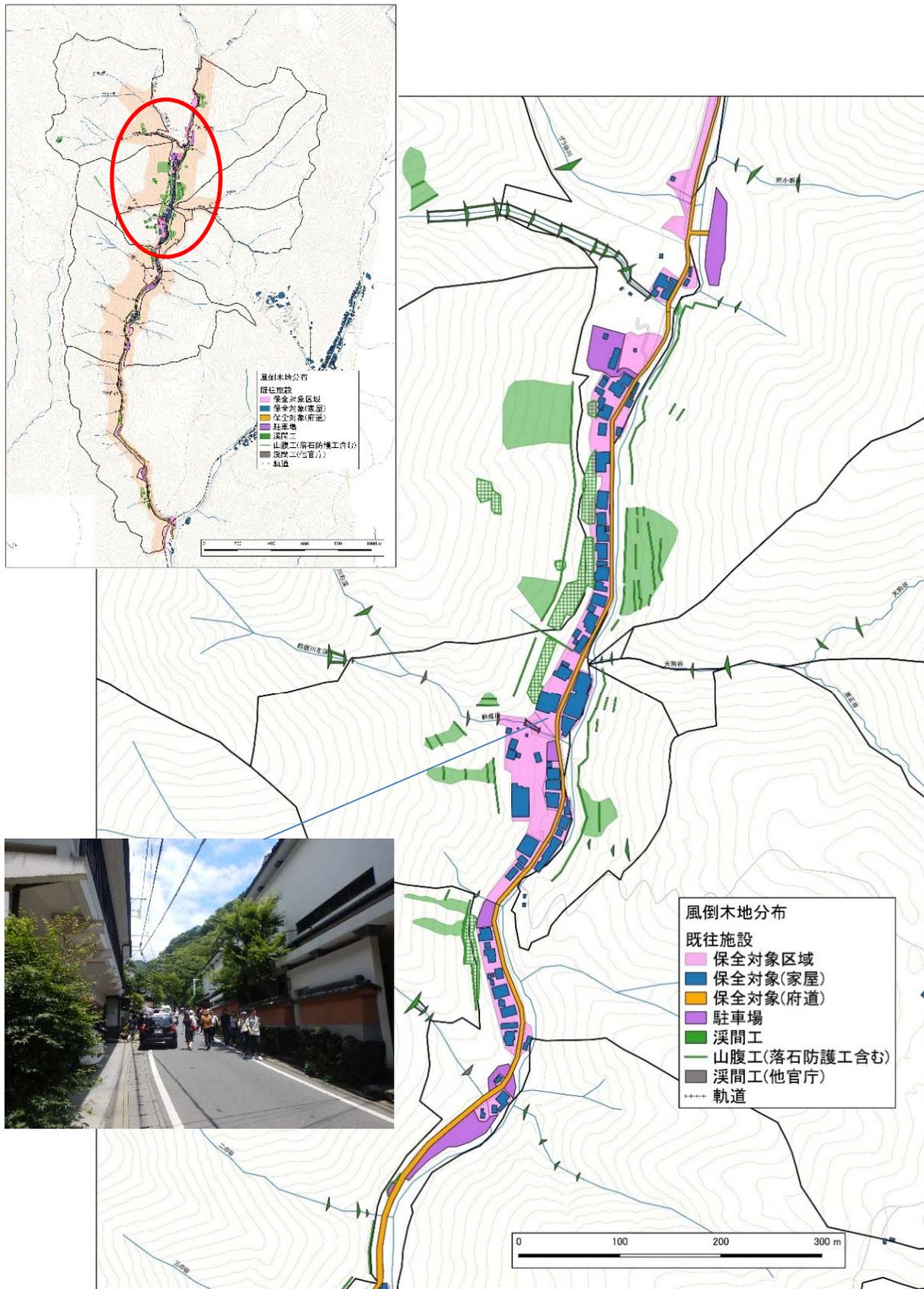


図 2.13 保全施設と保全対象

3. 今回の被害に起因して考えられる経年的な留意事項

今回の被災地では風倒被害が数多く発生しており、風倒木が有していた根系による斜面崩壊の防止機能が弱まっていること、風倒木の処理後は一時的に裸地化すること等から、経年的に斜面崩壊が起りやすくなることが考えられる。ここでは、その可能性について取りまとめた。

3.1. 風倒木の形態と斜面崩壊への影響

斜面崩壊が起りやすい状態は、風倒木の状態(①倒伏、②幹曲がり、③折損)により違いがあり、③から①に向かうほど斜面崩壊への影響が大きい。具体的に斜面への影響を以下に示す。

3.1.1. 倒伏

倒伏は、立木の根返りにより表層土中の根系が消失するため、根系による斜面崩壊防止機能、すなわち根系の支持力は完全かつすぐに消失する。加えて表土がかく乱されているため崩れやすい。現状として斜面崩壊していなくても、根鉢の形成により、雨水が被害発生前よりも不均質に浸透するため、大雨の際に崩壊する可能性が高い。また、表土が露出しているため、表面侵食により濁水等を発生させやすい。



3.1.2. 幹曲がり

幹曲がりとは倒伏と同様、表層土中の根系に悪影響を与えている可能性が高く、根系による支持力が徐々に消失する。加えて、表土がほぐされるため崩れやすい。また、表土が露出するため、表面侵食により濁水等を発生させやすい。



3.1.3. 折損

樹木を伐採した場合と同様で、枯死あるいは衰弱により根系は段階的に腐朽し、根系の支持力は徐々に消失する。3年で根系の強度は半分以下、5年で強度はほぼなくなる¹⁴。



14 多田検討委員指導資料より

このように、地質・地形だけでなく、風倒木の発生形態により、斜面崩壊への影響には違いがある。土壌は、樹木が倒伏するとかく乱され、飽和状態となり流れ出やすくなる。また、幹曲がりや折損した樹木を除去すると、地表面が雨水などの影響を受けやすくなり、残った根株により保たれていた根系の支持力も根の腐朽が進み、5 年後以降の豪雨で斜面崩壊が始まる。このことから、風倒被害が生じた箇所においては、治山技術の活用による保全対策や植栽による早期の森林再生が必要である。

3.2. 風倒木被害地における今後の斜面崩壊の可能性

風倒木被害地は、立木の根返りや倒伏により表土をかく乱するため、地盤の強度が低下する。それにより、風倒木被害後の豪雨によって、斜面崩壊が生じやすくなることが知られている。過去の風倒木災害の事例を見ると、古くは長野営林局南木曾営林署管内において、1959 年の伊勢湾台風時に風倒木被害で崩壊が生じたが、崩壊しなかった林地でも、その後の豪雨によって崩壊発生を招いた報告がある¹⁵。

風倒木被害地斜面の雨水浸透は、かく乱された層とその下部では、雨水に対する浸透能が異なると推定され、その境界で帯水面を作りやすいと考えられる。特に、表土が薄く(根系深と同程度かそれ以下)、下層が岩盤の場合、風倒木によって表土と下部の岩盤表面との間に剥離が生じ、浸透した雨水が帯水面を形成し易くなっている。この境界層を境に斜面崩壊が生じると考えられる。

また、風倒木地と非風倒木地の表土貫入試験によると、風倒木地の表土は $N_c=2$ 以下¹⁶と大きく緩んでいることが報告されている¹⁷。風倒木被害による地盤の緩みが継続する期間については、詳しく解明されていないが、兵庫県の例では風倒木発生 5 年後の豪雨で崩壊が発生している¹⁸。前述の長野営林局南木曾営林署管内の風倒木被害の例では、約 10 年後の被害地で崩壊発生しやすくなっていたと報告されている。

以上のように、地盤の緩みにより現在斜面崩壊が発生していない場合であっても、今後の豪雨で生じるおそれがあり、その影響は 10 年程度は続くものと考えられる。

15 林野庁治山課 1993

16 N_c 値:簡易貫入試験による打撃回数のこと。一般的に 10 以下の場合には特に緩い表層土とされている。

簡易貫入試験は、先端の尖ったステンレス製の棒を 5 kg のハンマーで地面に叩き込み 10 cm 貫入させるために必要としたハンマーの打撃回数を地層毎に計測して比較し、地層内部の状況を調査するもの。

17 稲垣秀輝(1999)植生の違いによる風倒木の発生と斜面崩壊

18 (社)兵庫県治山林道協会(2008)平成 16 年台風による風倒木の被害と再度災害防止対策

4. 森林再生に向けた考え方

4.1. 基本的考え方

2 で取りまとめた貴船・鞍馬国有林の被害状況及び立地的特徴、3 で取りまとめた経年的留意事項を踏まえ、次の 2 項目について整理した。

- ① 当地域全体について、地質・地形、保全対象との位置等を考慮し、様々なリスク要因からの危険度を踏まえ、森林づくりの方針をゾーニングして整理
- ② 被害箇所の地質・地形等の特徴から、対策を行う優先度を整理し、被害木の搬出方法と森林再生方法(治山対策、再造林の方法等)等を属地的に整理

なお、属地的に整理した内容については、「5. 被害箇所における属地的な風倒木の処理方法等」として記載している。

4.2. ゾーニングの考え方

4.2.1. 整備方針

災害に強い森林づくりとして、

- ① 治山施設(溪間工、山腹工)が適切に配置された森林の整備
- ② 適切に密度管理された人工林の整備
(現時点で人工林である森林を③に誘導する移行段階での適切な管理)
- ③ 針広混交林への誘導又は広葉樹林への樹種転換

を行うこととし、併せて貴船神社及びその周辺域にふさわしい森林として、風致景観を重視した森林(針広混交林・広葉樹林)づくりを行うこととする。

4.2.2. ゾーニング

地質・地形、保全対象の位置等を考慮しながら、それぞれの状況に応じて適切な森林づくりの方針を全体像として示すため、災害リスクや治山施設の必要性等を踏まえ、3 区分のゾーニングを行った(図 4.1 及び図 4.2 参照)。その考え方は次のとおりである。

○保全ゾーン

保全対象に面し、又は山地災害のリスク要因が重複し土砂等の顕著な移動があり、特に被災リスクが高い箇所で、積極的に治山技術も活用して森林再生・整備を行い、森林の保全・維持を行うエリア。

○森林育成ゾーン

尾根から中腹で、森林の公益的機能の維持向上を図るための間伐や択伐を行い伐期の長期化等、適切な人工林管理を図りつつ、最終的に針広混交林へ誘導するエリア。

○複合ゾーン^{※1,2}

「保全ゾーン」と「森林育成ゾーン」の中間や沢沿い等に位置し、保全対象への影響範囲や斜面の危険度を踏まえ、それぞれの林況に応じ森林整備や治山技術を活用するエリア。

※ 1 複合ゾーンについては、将来の森林づくりに必要な事業内容の検討に資するよう、山地災害のリスク要因から、大量の降水量が生じた場合、

- ① 山腹崩壊や溪流荒廃により土砂の発生や流出が懸念される箇所(旧崩壊地、溪流域)と、
 - ② それらの周辺部においてクリープ等の発生が懸念される箇所
- の 2 つに区分する。

※ 2 森林育成ゾーンにおいても、部分的に「複合ゾーン」のように注意すべき箇所もある。

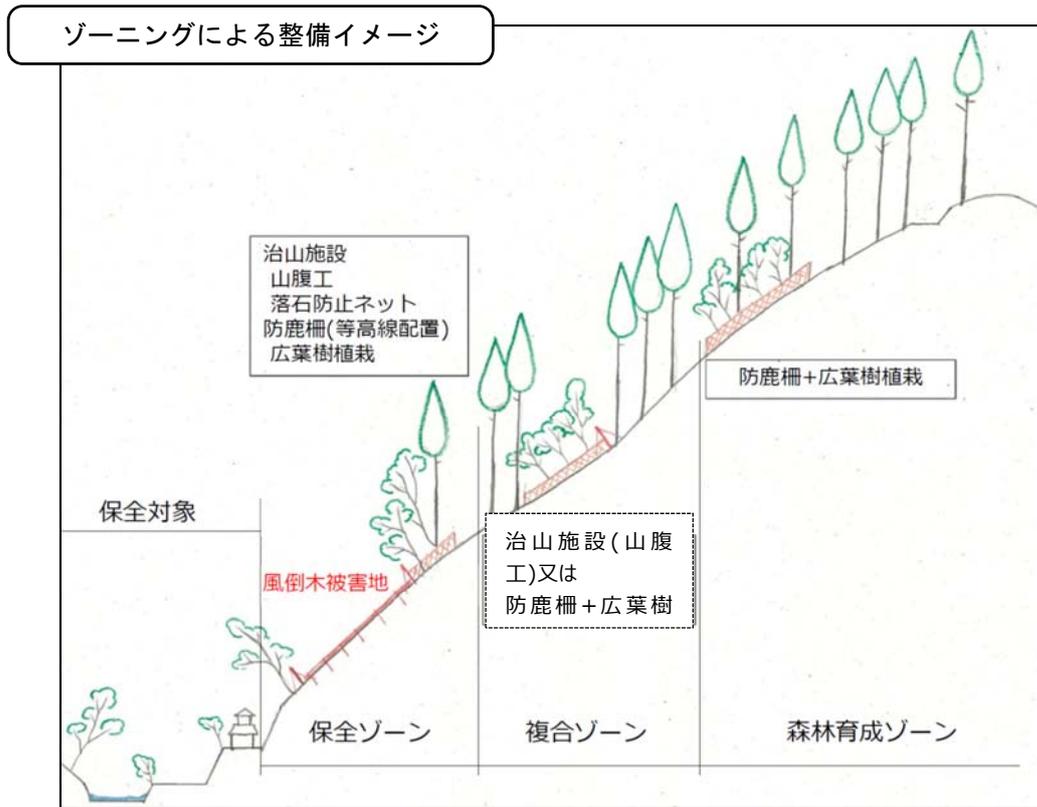
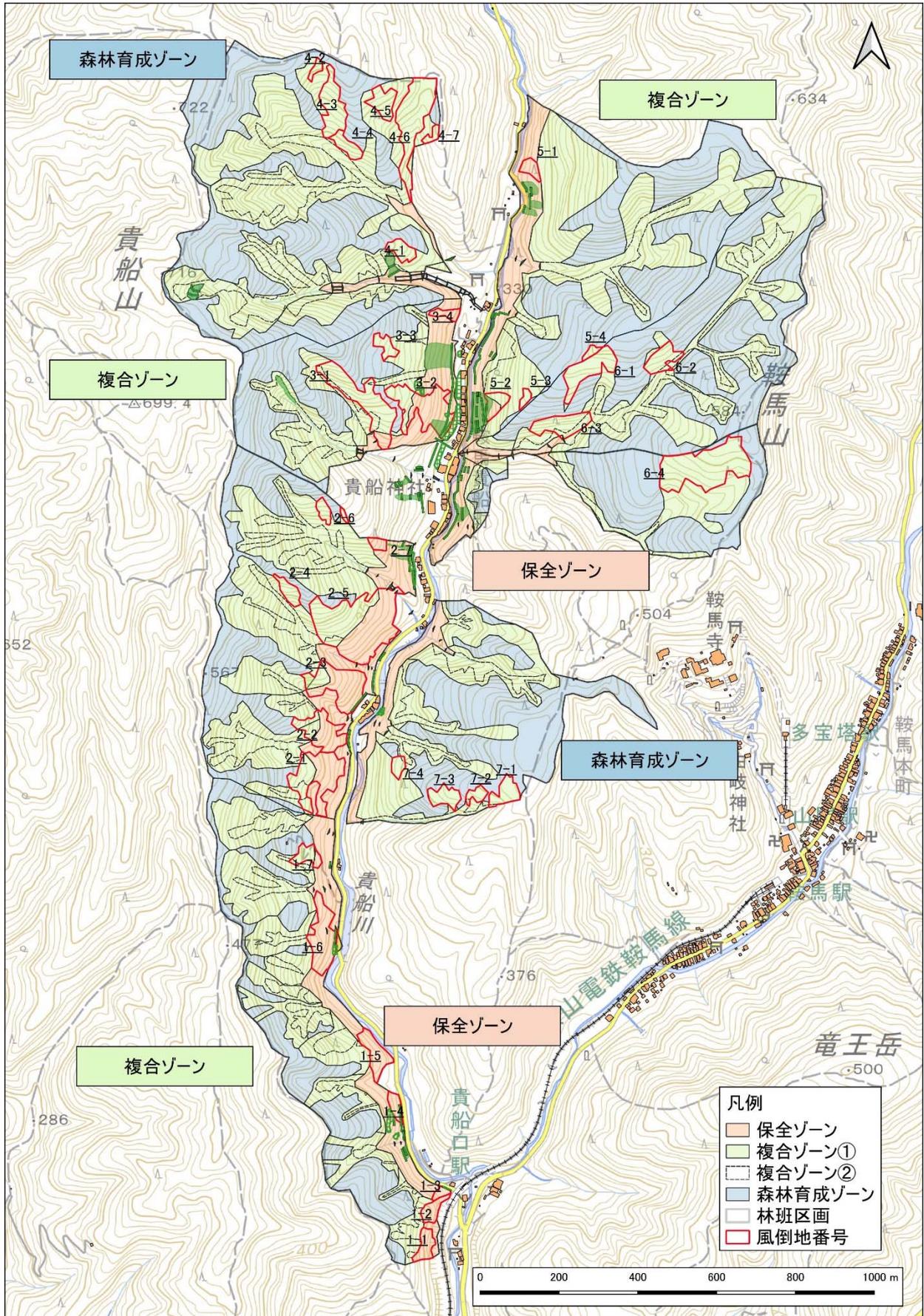


図 4.1 ゾーニング方針



※4.1①のゾーニングに当たって、様々なリスク要因からの危険箇所の確認については、別に作成した「貴船山国有林及び鞍馬山国有林治山全体計画」(P31 注記参照)におけるリスクマップを基に行った。

図 4.2 ゾーニング