

(6) 芦北町小田浦切通

災害概要

熊本県葦北郡芦北町大字小田浦において、東側斜面の渓流から発生した土砂・土石・流木が農道に流入し、合わせてトンネル坑口を閉塞させたことにより、農道が通行止めとなる被害となった。災害箇所は崩壊土砂流出危険地区に指定されており、谷出口には治山ダムが1基、崩壊地源頭部付近には植生マット工等の山腹工が施工されている。また、崩壊地源頭部上部斜面には、源頭部を取り囲むように連続する亀裂が確認されている。その段差は最大0.6m、開口幅は0.3mであった。



既設谷止工の効果



崩壊地源頭部

災害形態

谷出口から荒廃渓流源頭部までは、最大長さ（水平距離）約410m、比高差約100mである。源頭部の崩壊は最大長さ約90m、深度約3～5m、幅は最大約40mである。

地形・地質

発生源の地質は砂岩であり、凹地形を呈している。現地調査では源頭部付近の一部が粘土化しており、非常にぜい弱であることが確認されている。

森林・植生

災害箇所周辺の植生は、ヒノキの人工林である。根系深さは、荒廃渓流地縁の根系調査から、最大1m程度と推定される。

災害原因

荒廃渓流の源頭部は凹地形を呈しており表面水を集めやすい地形であった。破碎等で非常に風化が進んでおり、ここに、記録的な集中豪雨（24時間雨量425.5mm（令和2年7月3日9時～令和2年7月4日8時まで）、時間雨量72.5mm（令和2年7月4日6時）、アメダス田浦観測所）により地下水位が上昇し土層が著しく飽和して崩壊発生源となったと推定される。一方、左側の崩壊は地表水が集中することで侵食が進み、崩壊に至ったと推定される。

なお、谷出口には既設治山ダム1基が整備されており、土砂流出に伴う施設の損傷も認められなかったことや、治山ダム上流での土砂・流木の堆積状況などから、想定した溪床勾配の緩和や、土石流の流下能力の減衰、規模拡大の抑制といった効果は発揮していたものと考えられる。

4.1.3 災害の特徴と今後の対策等

災害の特徴

- ① 今回の調査で確認した崩壊地は、深層崩壊よりも浅く、表層崩壊（1～2m）よりも深い崩壊深（5m以上）であり、規模としては中規模な崩壊であったと考えられる。
- ② これは地形・地質・植生・降雨の影響によるものと思われ、崩壊地には、破碎帯の存在・風化の進行・崖錐堆積物の存在・地下水や湧水の存在・凹地形などの共通点が見られた。
- ③ また、崩壊地近傍のアメダス観測所で観測された降水量は、3時間降水量（芦北町田浦）、24時間降水量（水俣市水俣）で観測史上1位を記録するなど、被災地域の降水量としては極めて多かったことも災害の要因の一つと考えられる。
- ④ この降雨により、調査対象の崩壊地では、1) 地下水位が上昇し土層が著しく飽和して崩壊発生源となったこと、2) 地表水が集中することで侵食が進み、崩壊に至ったことなどの崩壊機構が推定される。
- ⑤ 調査箇所の多くは中規模崩壊であり、表層崩壊は確認できなかった。このことは、森林根系が表層崩壊防止機能を発揮した結果であることが示唆される。
- ⑥ 中規模崩壊の場合は、表層崩壊に比べ土砂量が多くなり、流木の割合が小さくなる。
- ⑦ 平成29年九州北部豪雨による山地災害と今回の災害を比べると、特に崩壊が局部的（崩壊面積率の小さい）な中規模崩壊の場合には、多量の土砂に流木が混在すること、発生場所によっては流域下流まで流木を運搬するために必要な流量が得られないこと、また、花崗岩の風化物に比べ付加体堆積岩の風化物は流れにくいといった地質による流れやすさの違いなどの相違点があげられる。
- ⑧ これらの違いが、今回の災害において流木災害が顕著ではない要因ではないかと考えられる。

4.1.4 今後の対応等

- ① 中規模以上の崩壊地対策としては流木対策も必要であるが、土砂対策がさらに重要である。
- ② 対策に当たっては、崩壊地ごとに発生原因を明らかにした上で、対策工を決定することが重要である。

- ③ 表面浸食防止や表面水の排除、土留工・治山ダムといった工法に加え、ソフト対策の併用も考慮する。
- ④ また、深層からの崩壊や背後地の拡大崩壊等が懸念される場合には、必要な調査を実施し想定される現象を明らかにした上で、不安定土塊の除去や抑止、地下水排除といった工法を組み合わせた対策工を検討することが必要である。
- ⑤ また、コアストーンや巨石による衝撃に耐えうるよう、構造物の天端幅を通常よりも厚くするなど対策を検討し、再度災害を防止することも重要である。
- ⑥ 未だ、災害の全体像の把握には至っていない。このため、航空機や UAV 等を利用したリモートセンシング技術による基礎データ（高精度図面）の作成や崩壊等荒廃状況把握を早急に実施し、全体像を把握することが重要である。

4.2 風倒被害森林における令和 2 年 7 月豪雨による山腹崩壊

4.2.1 調査概要

平成 30 年台風第 21 号により風倒被害を受けた大阪府及び京都府の森林において、令和 2 年 7 月豪雨により山腹崩壊が発生した。風倒被害森林は崩壊リスクが高いと考えられたため、今後、風倒被害地の崩壊による被害を防止する観点から風倒被害地の状況と崩壊の発生しやすさを検証するために行うもの。

4.2.2 被害概要

林野庁では、8 月 25 日～27 日、大阪府、京都府と合同で学識経験者等による緊急調査を実施した。調査概要は以下のとおりである。

風倒被害森林における令和 2 年 7 月豪雨による山腹崩壊

【学識経験者】

鈴木寛（森林総合研究所 森林災害・被害研究拠点長）

多田泰之（森林総合研究所関西支所 主任研究員）

4.2.3 調査結果概要

(1) 中畑①

被害概要

6 月 18 日、大阪府高槻市大字中畑の市道榎田 2 号線沿いの、風倒被害森林において隣り合う 2 つの斜面で崩壊が発生し、平成 30 年台風第 21 号による風倒被害木を巻き込む形で市道に土砂が流入・堆積した。これにより市道が一時的通行止めとなるなどの被害が発生した。

被害規模・形態

崩壊源頭部から斜面長 59m、最大幅は 30m であり、凹型斜面（一部平衡・凸型）における山腹崩壊であった。

地形・地質

対象斜面は、崩壊地源頭部付近に遷急線を持つ（本調査においては、遷急線から 5m の範囲内に崩壊源頭部を有する場合を遷急線付近と定義）最急勾配 43 度、平均勾配 41 度の急勾配を呈する凹型斜面（一部平衡・凸型）であった。地質は、ジュラ紀の頁岩および層状頁岩である。

表層土の状態

崩壊地に隣接する山腹の表層土の厚さは 40cm 程度であり、部分的に含水の高い箇所も見られた。また、表層土を含む法面には湧水痕（パイプ）が見られた。

樹種・施業履歴等

崩壊地の植生は、その周辺の林分や風倒被害木などから、スギ・ヒノキ等の人工林であったと推定される。

風倒被害木の状態や処理状況等

大阪府からの聞き取りによると、風倒による被害率は 8 割を超えるものであった。残存する被害木の状態から、崩壊の発生した森林の風倒被害木の状態は、主として強風により、樹木が根こそぎひっくり返ったもの（以下「根返り」という。）であったと推定される。

被害木は、風倒木処理のために設置された作業路（以下「作業路」という。）を利用して処理されていた。崩壊地上部付近に残存していた被害木（単木）の根鉢の大きさは $1.6 \times 2.0 \times 1.0\text{m}$ （長辺×短辺×深さ）であった。

災害原因

崩壊箇所は、根返りにより土壌がほぐされたことで、降雨が容易に浸透しやすい状態となっていたと考えられる。ここに、6月18日から19日にかけて最大24時間雨量70mm（6月18日12時から19日12時）、最大時間雨量14mm（6月19日3時）の降雨（大阪府中畑観測所）があり、降雨時の湧水に加え、作業路において横断排水溝の設置が行われていなかったことで、作業路面で地表水が集水し斜面に流れ込んだことにより、表層土と同程度の深さで崩壊が発生したと推定される。なお、根の深さは表層の厚さの40cmより深かったものの根返りによる倒伏が多く発生したことで、崩壊発生時には根系による土壌緊縛力は崩壊を抑えるほど十分ではなかったと推定される。



崩壊地全景



崩壊地上部の作業道



風倒被害木の根鉢



土層深 40cm

(2) 中畑②

被害概要

6月18日、大阪府高槻市大字中畑の市道榎田2号線沿いの、風倒被害森林において崩壊が発生し、平成30年台風第21号による風倒被害木を巻き込む形で市道に土砂が流入・堆積した。これにより市道が一時通行止めとなるなどの被害が発生した。

被害規模・形態

崩壊源頭部から斜面長37m、最大幅は58mであり、平衡・凸型斜面における山腹崩壊であった。

地形・地質

対象斜面は、崩壊地源頭部付近に遷急線を持つ最急勾配50度、平均勾配46度の急勾配を呈する平衡・凸型斜面で

あった。地質は、ジュラ紀の砂岩及び砂岩頁岩互層、一部頁岩層状頁岩からなる。

表層土の状態

崩壊地に隣接する山腹の表層土の厚さは 50cm 程度であり、部分的に含水の高い箇所も見られた。また、表層土含む法面に湧水痕（パイプ）が見られた。

樹種・施業履歴等

崩壊地の植生は、その周辺の林分や風倒被害木などから、スギ・ヒノキ等の人工林であったと推定される。

風倒被害木の状態や処理状況等

残存する被害木の状態から、崩壊の発生した森林の風倒被害木の状態は、主として根返りだったと推定される。被害木は、作業路を利用して処理されていた。

災害原因

対象箇所は、根返りにより土壌がほぐされたことで、降雨が容易に浸透しやすい状態となっていたと考えられる。ここに、6 月 18 日から 19 日にかけて最大 24 時間雨量 70mm（6 月 18 日 12 時から 19 日 12 時）、最大時間雨量 14mm（6 月 19 日 3 時）の降雨（大阪府中畑観測所）があり、降雨時の湧水に加え、作業路において横断排水溝の設置が行われていなかったことで、作業路面で地表水が集水し斜面に流れ込んだことにより、表層土と同程度の深さで崩壊が発生したと推定される。



崩壊地全景



表層土付近に見られる含水（変色箇所）



表層土と風下層の境界付近に見られる湧水痕跡（パイプ）

(3) 中畑④

被害概要

7月8日、大阪府高槻市大字中畑の山間の河川沿いの、風倒被害森林において崩壊が発生し、平成30年台風第21号による被害木を巻き込む形で河川に土砂が流入・堆積した。これにより河川が一時閉塞するなどの被害が発生した。

被害規模・形態

崩壊源頭部から斜面長55m、最大幅は65mであり、凹型・平衡斜面における山腹崩壊であった。

地形・地質

崩壊前の山腹は最急勾配55度、平均勾配47度の急勾配を呈する凹型・平衡斜面である。地質は、ジュラ紀の砂岩および砂岩頁岩互層からなる。

表層土の状態

表層土の厚さは20cm程度であった。崩壊地周辺は、根返りにより表層土がほぐされていた。

樹種・施業履歴等

崩壊地の植生は、その周辺の林分や風倒被害木などから、スギ・ヒノキ等の人工林であったと推定される。

風倒被害木の状態や処理状況等

崩壊斜面下方に堆積している風倒被害木の状態から、当調査地における風倒木はほとんどが根返りであったと推定される。崩落したと思われる河川沿いの風倒被害木（単木）の根鉢の大きさは $2.0 \times 1.8 \times 1.0\text{m}$ （長辺×短辺×深さ）であった。

災害原因

対象箇所は、根返りにより土壌がほぐされたことで、降雨が容易に浸透しやすい状態となっていたと考えられる。ここに、7月7日から8日にかけて最大24時間雨量91mm（7月7日8時から8日8時）、最大時間雨量47mm（7月8日の5時）の降雨（大阪府中畑観測所）があり、表層土と同程度の深さで崩壊が発生したと推定される。なお、根の深さは表層の厚さの2cmより深かったものの根返りによる倒伏が多く発生したことで、崩壊発生時には根系による土壌緊縛力は崩壊を抑えるほど十分ではなかったと推定される。



崩壊地末端の流木と根鉢



崩壊地全景

(4) 鞍馬二ノ瀬町

被害概要

7月初旬、京都市左京区鞍馬二ノ瀬町の叡山電鉄の沿線において崩壊が発生し、平成30年台風第21号による被害木を巻き込む形で流下し、叡山電鉄の線路に流入したことで同線は不通となり、本調査実施時点においても復旧作業中であった。

被害規模・形態

崩壊源頭部から斜面長136m、最大幅は52mで、平衡・凸型斜面（一部凹型）における山腹崩壊であった。

地形・地質

対象斜面は、崩壊地源頭部付近に遷急線を持つ最急勾配48度、平均勾配42度の急勾配を呈する平衡・凸型斜面であり、崩壊地頭部の残存斜面には部分的に平衡・凸型斜面（一部凹型）が確認される。地質は、ジュラ紀前期 - 中期の厚層理砂岩及び砂岩頁岩互層からなる。

表層土の状態

表層土の厚さは60cm程度であった。崩壊地の周辺は、根返りにより表層土がほぐされていた。

樹種・施業履歴等

崩壊地上部はアカマツ林であった。また、崩壊地の植生は、その周辺の林分や風倒被害木などから、スギ・ヒノキ等の人工林であったと推定される。

風倒被害木の状態や処理状況等

崩壊地の斜面上部に崩落せずに残存していた風倒木は根返りが主であり、崩壊源頭部付近の風倒木の多くが根返りであったと推定される。崩壊地中腹の南側外縁に崩落せずに残存していた被害木（単木）の根鉢の大きさは $3.2 \times 1.7 \times 0.7\text{m}$ （長辺×短辺×深さ）程度であった。

災害原因

対象箇所は、根返りにより土壌がほぐされたことで、降雨が容易に浸透しやすい状態となっていたと考えられる。ここに、7月5日から8日にかけて最大24時間雨量109mm（7月6日3時から7日3時）、最大時間雨量49mm（7月8日5時）の降雨（京都市左京区鞍馬出張所）があり、崩壊地頭部の残存斜面にある凹地形に沿って斜面に地表水が流入したこと等により、表層土と同程度の深さで崩壊が発生したと推定される。なお、根の深さは表層の厚さの60cmより深かったものの根返りによる倒伏が多く発生したことで、崩壊発生時には根系による土壌緊縛力は崩壊を抑えるほど十分ではなかったと推定される。

崩壊地南側に隣接する風倒被害森林の状況

崩壊地の南側に隣接する未崩壊の斜面は尾根部付近に位置し、崩壊地に比べ傾斜が緩やかで風害により幹が折損した樹木（以下「幹折れ」という。）が主体であったが、根返りにより倒伏している木が点在しており、土壌がほぐされた状態がみられた。また、崩壊地との地形的な境は不明瞭であり、崩壊地の拡大が懸念される。



崩壊地上部の状況



崩壊地 残存斜面の風倒被害状況



崩壊地上部残存斜面に見られる根張り木の根鉢



(5) 鞍馬本町 837

被害概要

7月初旬、京都市左京区鞍馬本町の府道38号沿線に山腹崩壊とそれに伴う土石流が発生し、平成30年台風第21号による被害木を巻き込む形で沢筋を流下し、府道に流入したことで一時的に府道が通行止めとなる被害が発生した。

被害規模・形態

崩壊源頭部から斜面長127m、最大幅は55mであり、平衡斜面・凸型（沢筋は凹型）における山腹崩壊であった。

地形・地質

崩壊前の山腹は最急勾配49度、平均勾配41度の急勾配を呈する平衡斜面・凸型（沢筋は凹型）であった。地質は、ジュラ紀前期 - 中期の玄武岩質枕状溶岩・塊状溶岩・火砕岩類・混在岩からなる。

表層土の状態

表層土の厚さは40～50cm程度であった。崩壊地周辺は、根張りにより表層土がほぐされていた。

樹種・施業履歴等

崩壊地の植生は、その周辺の林分や風倒被害木などから、スギ・ヒノキ等の人工林であったと推定される。崩壊地北側に隣接する斜面には伐採跡地がみられた。

風倒被害木の状態や処理状況等

崩壊地上部に崩落せずに残存していた風倒木は根返りが主であり、崩壊源頭部付近の風倒木の多くが根返りであったと推定される。崩壊地南側に隣接する未崩壊の斜面では幹折れが多くみられた。

災害原因

対象箇所では、7月8日の4時30分頃に崩壊が発生したことが分かっており（京都府京都林務事務所による）、この時刻を含む時間雨量は47mmを記録した（京都府左京区鞍馬貴船町観測所）。また、7月5日から8日にかけて最大24時間雨量135mm（7月6日3時から7日3時）の降雨があった。根返りにより土壌がほぐされたことで、降雨が容易に浸透しやすい状態となっていたと考えられる斜面に、これら雨水が浸透し崩壊が発生したと推定される。崩壊地北側に隣接した伐採跡地については、崩壊の発生に直接的に寄与した形跡は見られなかった。



崩壊地上部と残存斜面に見られる風倒木



土層深 50cm

(6) 鞍馬本町（その2）

被害概要

7月初旬、京都市左京区鞍馬本町の鞍馬寺に隣接する山腹において崩壊が発生し平成30年台風第21号による被害木を巻き込む形で崩壊が発生した。この土砂および流木は、民家上流部で停止し民家への直接の被害はなかった。

被害規模・形態

崩壊源頭部から斜面長140m、最大幅は33mであり、凹型斜面における山腹崩壊であった。

地形・地質

崩壊前の山腹は最急勾配46度、平均勾配37度の急勾配を呈する凹型斜面であった。地質は、ジュラ紀前期 - 中期の玄武岩質枕状溶岩・塊状溶岩・火砕岩類・混在岩からなる。

表層土の状態

崩壊地に隣接する山腹の表層土の厚さは100～120cm程度であった。崩壊地周辺は、根返りにより表層土がほぐされていた。

樹種・施業履歴等

崩壊地の植生は、その周辺の林分や風倒被害木などから、スギ・ヒノキ等の人工林であったと推定される。

風倒被害木の状態や処理状況等

崩壊地の起点は、南側斜面上部と凹地形の直上の二俣に分岐した形となっており、現地の状態からは、どちらから先に崩壊したかは定かではないが、いずれの源頭部についても周辺に残存する風倒木の状態から根返りが主であったと推定される。また、南側崩壊起点の下方（崩壊地南側に隣接する斜面）では幹折れが多く、崩壊地北側では根返りが多く見られた。崩壊地中腹部に残存していた被害木（単木）の根鉢の大きさは $2.2 \times 1.4 \times 1.2\text{m}$ （長辺×短辺×深さ）であった。

災害原因

対象箇所は、凹型地形であり崩壊地下部斜面には常水としての湧水が確認され地下水の賦存が推定される。これに加え、根返りにより土壌がほぐされたことで、降雨が容易に浸透しやすい状態となっていた。ここに、7月5日から8日にかけて最大24時間雨量135mm（7月6日3時から7日3時）、最大時間雨量47mm（7月8日の5時）の降雨（京都府左京区鞍馬貴船町観測所データ）があり、崩壊が発生したと推定される。なお、根の深さは表層の厚さとはほぼ同じ深さであったが、根返りによる倒伏が多く発生したことで崩壊時には根系による土壌緊縛力は崩壊を抑えるほど十分ではなかったと推定される。



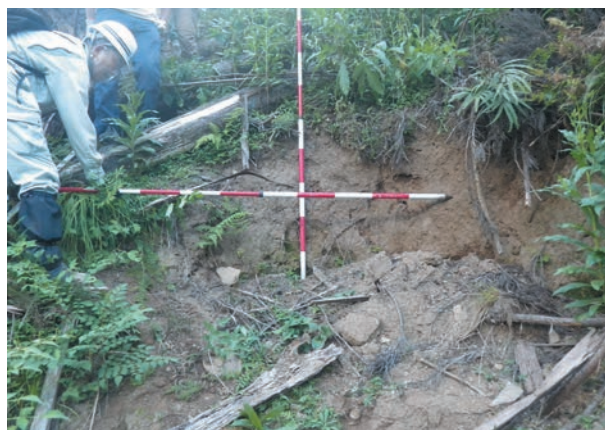
崩壊地下部斜面に見られる湧水



崩壊地上部と風倒木の状況



崩壊地南残存斜面に見られる風倒木（根返り）



土層深 120cm

4.2.4 現地調査を踏まえた被害の特徴と今後想定される現象

(1) 被害の特徴

- ①表層の厚さは、一調査地を除き概ね 50cm 程度と浅い傾向が見られた。
- ②崩壊地の傾斜は、一部を除き 35 度以上の急傾斜であった。
- ③崩壊源頭部における風倒被害木の状態は、根返りが主体であった。
- ④遷急線付近の風倒被害森林を源頭部として崩壊しているケースが多かった。
- ⑤凹型地形だけでなく、平衡・凸型でも崩壊が発生していた。

なお、調査地は頁岩、砂岩、溶岩、火砕岩類など様々な地質であった。全般的に風化が進んでいたものの程度には差が見られ、地質と風倒被害由来の崩壊に関して特筆すべき事項は確認されなかった。

(2) 今後想定される現象

- ・(1)①～④に該当する風倒被害森林では、最大 24 時間雨量 80mm を下回る降雨量で崩壊している事例もあり、同様の条件の風倒被害森林では、今後の降雨で崩壊が発生する可能性が高いと想定される。
- ・幹折れが多い斜面では、根が腐朽し、根系の土壌緊縛力が低下する 5～10 年後に崩壊するリスクが高まると想定される。

4.2.5 調査結果を踏まえた今後の対策等

(1) 4.2.4 被害の特徴①～④に該当する風倒被害森林に関し緊急を要する対策について

- ①崩壊が発生した場合に人家等の保全対象や重要インフラに被害を与えかねない箇所については、関係自治体等にその状況と崩壊するリスクの高いことを速やかに周知すること。
- ②一般的に山腹崩壊が発生する降雨量よりも少ない雨量で崩壊する可能性があることを考慮し、優先的に復旧策の検討等に取り組むこと。
- ③崩壊が発生した場合に人家等の保全対象や重要インフラへの被害が懸念される箇所において作業路搬出による風倒木除去を予定している関係自治体や事業主体に対しては、作業路作設による崩壊の

リスクが高いと推定されることから、路網による搬出に代わる搬出方法を選択できないか改めて検討する必要がある旨を周知すること。また、既設作業路の点検、維持補修や応急処置について、周知・指導すること。

(2) 風倒被害森林の復旧に関する留意点・対応について

- ①復旧計画等の策定に当たっては、4.2.4 被害の特徴①～④に該当するかを確認し、対象地と保全対象との位置関係や保全対象の重要度を考慮した優先順位を検討すること。
- ②最大 24 時間雨量が 80mm を下回る降雨量での崩壊事例もあることから、保全対象が近接する箇所では、崩壊発生基準雨量の見直しの可能性についても検討することが望ましい。
- ③ 4.2.4 被害の特徴①～④に該当する場合には林地が極めて不安定であるため、風倒被害木を搬出する際には、架線やモノレール、ヘリコプターの活用も視野に入れ検討すること。
- ④③の検討を経て作業路により風倒木を搬出する場合には、作業路作設の際にバックホウ等による十分な転圧により堅固に締め固めを行うとともに、丸太組工やふとんかご等の構造物の設置による路体安定確保についても検討すること。また、雨水の集中を防止するための横断排水施設をきめ細かに設置して分散排水を行い、表（路）面水処理を十分に実施することとし、排水位置は地盤の堅固な尾根、常水のある谷を基本とし、崩壊しやすい風倒木地への排水は控えること。特に根返り地には排水しないこと。
- ⑤風倒被害木処理後は、速やかに植栽を実施することとし、特に、崩壊が発生した場合に人家等の保全対象や重要インフラに被害を与えかねない風倒被害森林については、早期に確実な復旧を図るため、植生の導入に際し必要に応じて植生の生育環境を整える柵工、伏工等を合わせて行うことを検討すること。
- ⑥崩壊地周辺の幹折れの風倒被害森林についても、風で上木が揺すられたことにより土壌がほぐされており崩壊リスクが高く、また根系の腐朽が進み 5～10 年のうちに土壌緊縛力が低下する。このことを踏まえ、特に、崩壊が発生した場合に人家等

の保全対象や重要インフラに被害を与えかねない風倒被害森林については、関係自治体等にその危険性を周知するとともに、土壌緊縛力の発揮には植栽後 20 年程度要することから、可能な限り早期に植栽を進めること。

- ⑦ 今回の調査対象となった地域は、過去にも台風による風倒被害を受けていることから、今後の台風等により風倒被害が拡大する可能性があることを踏まえ、適切な時期・手法の間伐を進めるなど立木密度の管理を行うことにより耐風性を高める林分の育成に努めるとともに、新たに植栽する際には例えば過度な密植を避ける、多様な樹種を植栽するなど風倒に強い森林づくりを念頭に置いた復旧計画を検討することが望ましい。