

ISBN 4-902606-19-4

森林被害対策シリーズNo.5

「森林総合研究所 第I期中期計画成果 12」

風害・森林火災軽減対策



平成18年3月

独立行政法人 森林総合研究所

1. 風害軽減対策

森林の風害は我が国の林業経営と天然林の更新において最も影響力のある気象害です。写真－1と2は1991年に九州、北陸、秋田、山形で大被害の発生した19号台風の大分県内の根返り被害と幹折れ被害の状況です。このように風害は破壊力が大きいため林木は壊滅的な被害を被ることが多く、ヒノキは根返りに、スギは幹折れになりやすいです。一般的に広葉樹が針葉樹よりも耐風力が高いです。



写真－1 1991年19号台風被害(根返り:大分)

写真－2 1991年19号台風被害(幹折れ:大分)

我が国の森林風害は台風の上陸回数の多少に関係しており、台風が過去に大被害をもたらしたものと同一コースで進行してくると、過去の被害地で再度風害が発生することが多いことが分かっています。近年では、1954年の洞爺丸台風の被害地が1991年の台風19号、2004年の台風18号で同じ場所が被害を受けています。このような傾向は静岡県富士山麓でも確認されています。

風害はどの程度の強風で発生するのか？

我が国の森林風害は主に台風に伴う強風（最大風速20m/s以上の風速）で発生します。樹冠に当たる風圧の中心部（風心高）は、枝下高から上部の樹冠長（梢端から葉の着いている枝の1番下の位置までの高さ方向の距離）のおよそ1/3の位置にあります。樹冠長 L 、風心高 Z_0 （樹体の重心位置）、胸高直径 D とすると、 $L \times Z_0 / D$ の値が大きいと耐風力が小さいという傾向が指摘されています。すなわち、幹が太くて樹冠長の小さく、風圧を受ける受圧面積の小さい樹形は耐風力が大きいと言えます。

強風の種類

森林にダメージを与える強風としては、台風・竜巻・ダウンバースト（上空の空気塊が一気に吹き降りる現象）などがあります。

どんな森林が風害を受けにくいのか？

1920年代～1990年代までの風害研究報告の中から風害にかかりにくい森林をまとめると、人工林では択伐施業の行われている複層林が風害に対して強いという結果であることがわかった。



写真－3（高知県魚梁瀬スギの天然林）

魚梁瀬は台風の上陸の多い高知県にありますが、択伐施業で数百年生のスギが現存しています。

択伐林の高齢木や神社の神木等の胸高直径が1 m以上の太いものであると幹折れ被害はほとんどありません。

風害の被害地では林縁木のみ風倒被害を免れている事例が多く見られます。これまで、何故、林縁木の風倒被害が少ないのか不明であったのですが、本研究でその原因の一端が明かとなりました。

本研究の成果として開発した樹幹動揺計（特許取得）の観測により、林縁木に多く形成されている片枝樹形の幹の揺れ回数は枝打ちしたものより少ないことが明らかになりました。さらに、枝打ちしていない孤立木の幹もほとんど揺れていないことがわかりました。



写真－4 被害地のヒノキ林縁木（富士山）

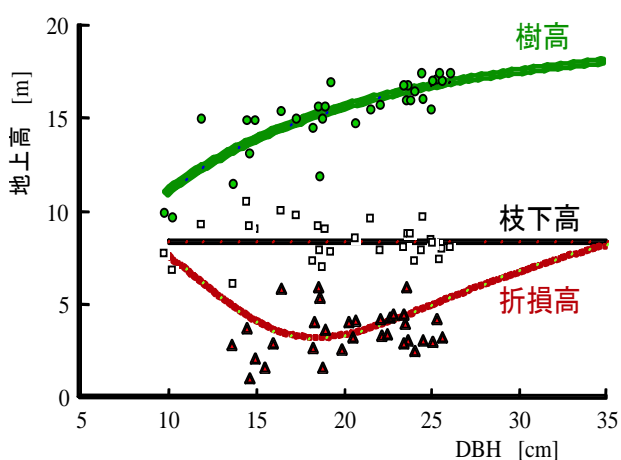
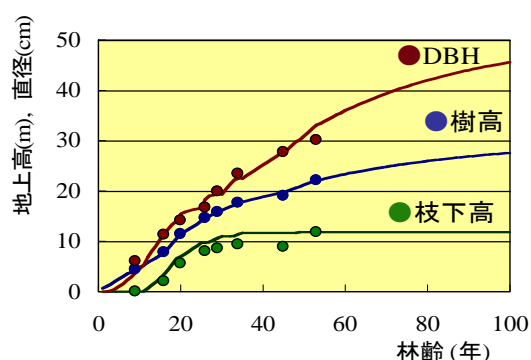
以上の成果からスギ・ヒノキ人工林の風害対策として、片枝の林縁木は枝打ちしないで林套を残しておくことが林内に強風が吹き込むことを防止する上で有効であることが明らかになりました。

風害の起きやすい林木の状態

- 腐朽菌感染木（根腐れ、根元腐朽木、幹に空洞のある樹木）幹にサルノコシカケがある樹木は危険です。
- 穿孔性害虫の被害木（幹に虫孔のある樹木）は加害された位置で折れることがあります。
- 地下水が高い場所（泥炭地、沢浴いなど）に植えた樹木で根腐れしている樹木や土壌深度の浅い所に植えられて根が浅い位置に広がっている林木は危険です。
- 除伐、間伐が行われなくて、幹の細い林木で構成されている人工林は将棋倒しのような風倒被害になる危険性が高いです。

風害の起きやすい林木を推定する方法

間伐直後に風害が発生することは全国的に知られています。そこで、間伐による林分構造の動態モデルによって風害に関係している樹冠長や幹形が分かるモデル式を作りました。このモデルで植栽密度や間伐施業の情報から各林齢における樹形を推定することが出来て、右図のように胸高直径、枝下高の変化が予測できるようになりました。



左図は折損被害シミュレーションの結果です。風圧力が加わる樹冠重心を決め、樹幹形を与えることにより、幹が折損する高さを推定できます。図に示すように、風害による折損高は推定値とおおむね合うことが再現できました。

以上の結果を踏まえて、間伐等の施業による樹幹形状の違いが耐風性や被害形態に及ぼす影響を評価することが可能になりました。

林木サイズを考慮した折損位置の推定

スギ林の個体サイズ（樹高と枝下高）から、折損高が推定される（点線）。▲実測値

気象条件と風害の被害形態

- 大雨を伴う強風の際は土壌の緊縛力が低下するため根返り被害が起きやすいです。
- 北海道の積雪の少ない地域では土壌が凍結している時の強風で幹折れが発生します。
- 降雨を伴わない風台風の強風では、しばしば潮害（塩害）が発生します。
潮害は一過性で植栽後1~2年生のものは枯れることが多いですが壮齢木では回復することもあります。葉の変色は風上側の葉に顕著に出現しますので潮風の方向がわかります。
- モメと呼ばれている被害材の樹皮表面に出現する横皺は、材の繊維の切れた箇所です。そのため、幹の強度が低下して弱点となり、製材しても構造材として使えません。モメは主に辺材に形成されます。計算上は風速21.2m/secでモメが生じます。

風害危険度の高い斜面方位と地形

南東向き斜面

鞍部や南～南東向きの斜面中腹～尾根まで、及び尾根に連なる高台

表-1 樹種と耐風性

(風害に強い樹種)	
クロマツ・アカマツ・クスノキ・エノキ・ムク・ラクウショウ・イチヨウ・クロガネモチ ・アラカシ・ケヤキ・トウカエデ・アオギリ・ダケカンバ・カラマツ・ミヤマハンノキ ・クヌギ	
(風害に弱い樹種)	
ヒノキ、サワラの天然林・スギ人工林・コウヤマキ・モミ・カラマツの古木・ストロームマツ ・バンクスマツ・ハンノキ・ナラ・ホオノキ・ヤナギ 類・アサダ・サクラ・アオダモ・サワシバ ・コシアブラ・イタヤ・アズキナシ・エゾマツ・シナノキ・キハダ・カロリナポプラ・プラタナス ・シナサワグルミ・ユリノキ・ポプラ・ヒマラヤシーダー・ニセアカシア・カイズカイブキ・クス ノキ・スラッシュパイン・モミ・コメツガ・シラベ・アオモリトドマツ (スギ品種) ヤブクグリ・アヤスギ・クマント・アオスギ(根返り)・ウラセバル・ヒノデ・イワオ・クモトオシ ・ヤイチ(折損)・キナバ・オオブチ・ヤマグチ・ワカツ・アカバ・ホンスギ	

表-2 防風林に適した樹種(低木を含む)

気候帯	樹種
亜熱帯	モクマオウ(早),リュウキュウマツ,テリハボク,フクギ,アダン,ソウシジュ オオハマボウ(湿),ハスノハギリ(湿),サワフジ(湿)
暖温帯	クロマツ(早),イヌマキ,イブキ,コウヨウザン,オオバヤシャブシ(早),マダケ モウソウチク,アラカシ,シラカシ,ウラジログシ,イチイガシ,アカガシ,ウバメガシ,シイノキ, タブノキ,ヤブニッケイ,ヒメユズリハ,ヤブツバキ,サンゴジュ,マサキ,ヒサカキ,トベラ モミ,ツガ,アカマツ,コウヤマキ,アスナロ,イチヨウ,ケヤキ,ムクノキ,コナラ,クヌギ, ハンノキ(湿)
中間温帯	スギ,ヒノキ,サワラ,ウラジロモミ,ヒノキアスナロ,ポプラ(早),ドロノキ(早),
冷温帯	カシワ,ミズナラ,ヤマハンノキ(湿),ハルニレ(湿),ヤチダモ(湿),ネグンドカエデ(早), ギンドロ(早)
亜寒帯	エゾマツ,トドマツ,ヨーロッパウヒ,カラマツ,ダケカンバ

早:早生樹。湿:湿った土地で生育可能。

只木ほか(1982)ヒトと森林より引用。

地域別造林対象樹種

- (北海道) アカエゾマツ・トドマツ・カラマツ・スギ (道南地方)
- (東北) カラマツ・スギ・ヒノキ
- (関東・中部) カラマツ・スギ・ヒノキ
- (近畿・北陸) アカマツ・スギ・ヒバ・ヒノキ
- (四国・九州) スギ・ヒノキ

耐風性向上のための造林技術

過去に風害が発生した場所における注意点

1. 択伐による複層林施業（樹下植栽で異齡複層林へ誘導）複層林施業の成立には林内相対照度を10～15%以上。（下草が生える明るさが目安）
2. 小面積伐採の実施（強風の吹き込み抑制効果）
3. 疎植（単木の肥大成長を促進し折れにくくする。下枝がある樹木は幹が揺れ難い。）
4. 天然林の防風帯の残置、林分外周に沿って広葉樹林帯を残します。
5. 人工林の皆伐では伐採区域の外周木を数列残して防風林帯とします。
6. 針広混交林に誘導し、弱度の除間伐（本数率30%以下）を繰り返して本数調整、林分密度調整を行います。
7. 林齢25年生以上：間伐（弱度に回数多く行う）・形状比（樹高cm/胸高直径cm）を70～80で維持します。
8. 針葉樹の林縁木は枝打ちと伐採をしないで林套を作ります。広葉樹による林套形成も有効です。
9. 土壌深度が浅いと根倒れがあります。（土壌が浅い急斜面での長伐期施業は危険）
10. 列状間伐では伐採列幅を広く採らないようにします。伐採列はその場所の強風の吹く風向と直角にすることが望ましいです。
11. 一時に強度の枝打ちをすると危険です。
12. スギ人工林では耐風性の高い品種を植林します。（九州地方：リュノヒゲ、シャカイン、ハアラ系が有望。）
13. 有用な後継稚幼樹の更新良好地は天然林に復元させることも必要です。
14. 林齢25年生以下の林分では下刈り・つる切り・枝打ち・除伐・間伐（弱度に回数多く行う）等の保育作業が必要です。
15. 樹冠長比（樹冠の縦の長さ/樹高）の大きいもの（枝下高の低いもの）程被害が少ない傾向があります。
16. 風害の起きやすい場所では、有用広葉樹（クヌギ、コナラ、ケヤキ等）の導入を図ります。

(担当：吉武 孝、岡野通明、千葉幸弘)

2. 森林火災軽減対策

10ha以上の延焼があった森林火災は、最近5年間の平均では約2,700件/年の発生である。

現在、各都道府県で1機以上の防災ヘリコプターが配備されて、火災の初期消火がおこなわれることで、10ha以上延焼した森林火災件数は昭和40年代の1/3程度に減少しています。しかし、森林での余暇活動を行う人口の増加に伴い、不用意な火の取扱で発生する火災は今後増加する危険があります。



写真-5 札幌市の火災

山火事の起きやすい気象条件

無降雨期間が連続（7日以上）して湿度が50%以下で風が強い場合。

本研究の成果「樹木の葉の含水率が高い樹種（100%以上：燃えにくい葉）」

落葉広葉樹：リョウブ、タカノツメ、ミヤマカマスミ、アカカシワ、ムラサキシキブ、アオハダ、コハノミツバツツジ、クロモジ、ヤブムラサキ、モチツツジ、イソノキ、カマツカ、エノキ、オオハヤシヤブシ、ウミスザクラ、カキノキ、ヤマコウバシ、カスミザクラ、ニセアカシア、ネジキ、クリ、ヒメヤシヤブシ

常緑広葉樹：ヤブツバキ、クロバイ、シャシャンボ、ネズミモチ、ツブラジイ、アセビ、ソヨゴ、ヒサカキ、ヒイラギ
アオハダ、イソノキ、カキノキ、リョウブは200%以上

*：従来から防火性（火を止める性質）が高いと言われている樹種は下線を、耐火性（火に耐えて生き続ける性質）が高い樹種は下線を引いた。

（従来の防火樹）

防火性（大）：コウヨウザン、シラカシ、アカガシ、タブノキ、サザンカ、ヤツデ、ユズリハ、マサキ、クロガネモチ、ネズミモチ、サンゴジュ、アスナロ、ソヨゴ、カラタチ、イヌマキ、ヤブツバキ、アオキ、サカキ、ヒイラギ、イチヨウ、ケヤキ、ドロノキ、カシワ、サワラ

火災の発生し易い森林とはどのような森林なのか？

1. 松食い虫被害林で枯れたマツが放置されていて、林床植生（ススキ、シダ等）の繁茂している森林。
2. 植栽直後から林冠が閉鎖するまでの人工林で、下刈り、除伐が行われていないススキやシダの繁茂している場所。
3. 以前薪炭林であった陽当たりの良い南西向き斜面の落葉広葉樹林が現在放置されたままで、灌木や草本植物等の林床可燃物量が増加している森林。

外国の森林火災と日本の森林火災の共通点・相違点

共通点：森林の手入れ不足による林床に燃えやすいものが堆積したときに起こりやすい。

相違点：火災の原因に落雷がある。日本では落雷は大雨の時に多いので落雷による森林火災は希にしか起きない。

延焼拡大する気象・林道条件

気象条件：異常乾燥、強風が特に問題。延焼速度の増加、強風下の防災ヘリによる空中消火の困難性の増大増大をもたらしています。

林道条件：林道、歩道の整備不足は消防車の侵入や消防団員等の防御態勢配置を困難にしますので、整備が必要です。特に、高密路網の林道は消防自動車の消火活動の際に有効です。

燃える速度

本研究では可燃物の燃焼特性を基礎に延焼速度式で計算して、日本で実際に発生した林野火災の延焼速度を推定しました。その結果、1991年3月に茨城県日立市で発生した林野火災（アカマツ林）では、80～200m/h、岡山県玉野市の林野火災では70～130m/h（アカマツ林）、5600～6600m/h（コシダ草地）と推定されました。これらの値は、火災延焼時に現地で観測された延焼速度の値に近く、森林よりもコシダやウラジロの密生した草地で延焼速度が極めて大きな値になり、林床の管理が大切であることがわかりました。

空中消火の効果

消防自動車の進入が困難な森林での初期消火において、早期に防災ヘリコプターの空中消火を行うことは極めて有効であることが実証されています。本研究でも、岐阜市・各務原市・関市の火災に関する延焼拡大のシミュレーションの結果、被災地付近では東西南北のどちらから出火しても火災発生から5時間以内は飛火が少なく延焼面積も30ha程度になると予測され、5～10時間後は急激に延焼拡大することが示唆されました。このことから、火災発生初期におけるヘリコプターによる空中消火は効果が高いと言えます。（平成18年2月現在、佐賀県を除く46都道府県に配備）



写真－6 長野県松本市の森林火災

強風で飛び火が発生して延焼したが、防災ヘリコプター、自衛隊の大型ヘリコプターによる空中消火で鎮火しました。火災現場に近い所に農業用水のため池があったので空中消火用の給水が迅速に行われました。

都市近郊林・里山の現状

都市近郊林や農村域に残る里山では、ゴミの不法投棄の場所があり、火災が発生した場合に消火しにくい状況になっています。また、枝打ちや除伐、間伐等の森林管理が行われていない森林が増加しており、林床が藪状となって、火災が起きると樹冠まで燃え広がる危険性の高い森林となっている場所があります。

また、上図のように、森林と住宅地が接近して、森林火災が住宅地に延焼する危険性が高まっているところが増加しています。

燃えにくい里山は作れるか？

スギ、ヒノキの価格低迷→林業経営意欲の喪失→里山の荒廃→火災の危険度増加という悪循環に陥っている里山の林業経営復活をどうするか？

低資金で防火管理を行い、健全な森林経営を目指し、良質材生産を目指す方法。

(一石三鳥の妙案：廃鶏の林内放し飼い法)

必要な物資：漁網、寒冷紗（廃棄物でよい）、電気柵、小屋用木材（廃材の活用）、塩化ビニル製波板、給水容器など。（林内に漁網や寒冷紗で高さ2m程度、50m×50mぐらいの広さの柵を設置します。その柵の中に、鶏のねぐらとなる小屋を造ります。小屋にはワラや籾殻を置き産卵場所を作ります。飲み水は屋根の雨水をためることの出来る容器を置き、中に木炭を入れて浄化します。小屋の寝床周りが糞で悪臭がある場合は、木酢液の散布で消臭が可能です。野犬、狐対策として電気柵を張ります。）



写真－7 日だまりでくつろぐ鶏

(期待される効果)

- 1) 卵生産（放し飼いで元気になった廃鶏が産卵するようになります。）
- 2) 自然の餌（草や虫）を食べた廃鶏の卵は安全な自然卵として付加価値が出ます。
- 3) 運動量の多い廃鶏の肉質は地鶏としての価値が出ます。
- 4) 林床植生が廃鶏に食べられるため藪が無くなり、地表の腐植層も鶏が爪でかき回すために有機物が泥まみれとなり林内が難燃化して燃えにくい森ができます。
- 5) 廃鶏の糞が肥料となり植栽木への施肥効果が期待できます。



写真－8 試験前

廃鶏の通年放し飼いを行わないで、5月から11月の期間に放し飼いをすると、左図のような植生が火災危険期には右図のようになり、防火機能が高まる。翌春、再度左図のような植生回復があるので、防火を兼ねた循環型の放し飼いが出来ます。

(1～3羽/10m²の密度で放し飼います。)



写真－9 試験後

***鳥インフルエンザ発生地域では実行不可**

家畜による類似の植生制御方法

1) 牛・山羊・豚の放し飼い

植林地の下刈りを省力化するために、牛の林内放牧（舌刈り）が九州地方で実施されています。混牧林経営（牛や馬の放牧で人工林造成地の下草を餌として食べさせて、下刈りの省力化を図る方法は、古くから行われていました。）牛以外にも山羊や豚の放し飼いで同じような効果が期待できます。ただ、放牧を同一の場所で長期間継続すると地表面が荒廃して、斜面に溝が発生して土壌浸食の危険性が高まるので、放牧期間や放牧密度の調整が必要です。

実現可能な防火対策

- 1) 林内を高密度路網にすることで、消防自動車の活用が可能となり、地上部隊による初期消火活動が迅速に行えます。
- 2) 防火用水の設置（ドラム缶、簡易水槽設置）を行い、火災の初期消火に備えます。
- 3) 林縁の下草刈り、枯れ枝の除去を行います。林縁に防火樹（サンゴジュ、カシ類等の常緑広葉樹）を植栽します。
- 4) 林内を流れる溪流の水を消火用水として利用するために林道から溪流まで続く作業道を作ります。
- 5) 森林と住宅地が接している場所では、境界に畑、公園、道路を設置して、緩衝地域を設けることで延焼を防ぐことが可能です。
- 6) 林内木場作（木場作とは、人工林の中で、林木の間の林地を利用して、野菜や漢方薬原料になる植物等を育てること。）で防火機能を発揮させることができます。
- 7) 廃鶏、家畜等の放し飼いで、林床植生の繁茂を制御します。

あとがき

森林総合研究所では、中期計画第Ⅰ期の森林被害に関連する分野の成果をマニュアルという形でお届けしています。風害や山火事などの災害は一旦発生すると、多くの場合回復するのに多くの時間と経費を要します。さらに、二次的に人家や人間などへの被害も心配されます。そのため、なるべくこのような被害が起きないように、予防対策をしっかりとすることが肝要です。

風害については、今期の成果としては台風の通り道に対応したハザードマップの提案、樹幹の動揺を（中にバケツを逆さにして入れておくこと）詳細に調査することによる、樹形の管理の重要性の発見とその応用、林野火災については、初期消火の重要性とそのため林道などの整備の重要性、林床に燃え易いものを堆積させないこと、そのために里山で取り組める廃鶏を林内に放し飼いにし防火帯を作るという大変にユニークでかつ効果的な方法を提案出来ました。

ウ分野責任者研究管理官（福山研二）

（担当：吉武 孝、後藤義明、玉井幸治、深山貴文）



写真－10 消防用水

ISBN 4-902606-19-4

「森林総合研究所 第Ⅰ期中期計画成果12」
研究成果シリーズ NO.5 「風害・森林火災軽減対策」

発行年月 平成 18 年 3 月

編集・発行 独立行政法人 森林総合研究所

〒 305-8687 茨城県つくば市松の里 1 番地

電話：029-873-3211 （代表） FAX：029-874-8507

印刷所：（株）梶本

*本資料は再生紙を使用しております。

*本資料から転載・複写する場合は森林総合研究所の許可を得てください。