

21世紀おかやまの新しい森育成指針

～ 災害に強い森林づくり ～



平成17年3月

岡山県農林水産部林政課

目 次

I 山地災害と森林被害	-----	1
1 山地災害（土砂災害）	-----	1
(1) 表層崩壊	-----	1
(2) 土砂の流出（表面侵食）	-----	1
2 森林被害	-----	2
(1) 気象被害（風害・雪害・その他の気象被害）	-----	2
(2) 山火事被害	-----	6
(3) 松くい虫被害	-----	8
II 災害に強い森林づくり	-----	10
1 山地災害（土砂災害）に強い森林づくり	-----	10
(1) 表層崩壊（山崩れ）を防ぐ施業方法	-----	10
(2) 土砂流出防止機能を高める施業方法	-----	14
(3) 森林にやさしい作業道の開設方法と搬出作業のポイント	-----	16
2 森林被害に強い森林づくり	-----	20
(1) 気象被害に強い森林づくり	-----	20
(2) 山火事被害の防止と森林の再生を図るための施業方法	-----	27
(3) 松くい虫被害地における施業方法等	-----	29

参考・引用文献

はじめに

県土の約7割を占める森林は、木材の生産をはじめ、水源のかん養、山地災害の防止、地球温暖化の防止、森林レクリエーションの場の提供等など、私たちの生活に欠くことのできない重要な役割を果たしています。

しかし一方で、山村の過疎化・高齢化や木材価格の低迷等により、林業生産活動が停滞し、間伐等の手入れの行き届かない森林も見受けられます。このような森林では、公益的機能が十分に発揮されないばかりか、山腹崩壊や土砂流出等の山地災害や、風害や雪害等の気象被害の発生が危惧されるため、適切な森林施業による健全性の確保が必要となっています。

こうした中、本県では、森林・林業を取り巻く様々な課題を克服し、豊かな岡山の森林を次世代へ引き継いでいくため、平成12年5月に「岡山21世紀森林・林業ビジョン」を策定し、このビジョンに基づき、健全で多様な森林を育てていくことを目標として、針広混交林の造成、長伐期施業の推進、里山林の整備と活用、災害に強い森林づくり等を推進しているところです。

しかし、これらの取組にあたっては、未だ技術的な手法が確立されていないところもあることから、平成13年度に「21世紀おかやまの新しい森育成指針検討委員会」を設置し、本県に適合した森林づくりについて検討を行ってまいりました。

その結果、平成13年度は「長伐期施業を目指して」、平成14年度は「里山林の整備・活用方法」、平成15年度は「針葉樹人工林を針広混交林や広葉樹林に誘導する方法」という3課題の育成指針を作成し、多くの方々に御活用いただいております。

本年度は、最後の検討課題となった「災害に強い森林づくり」について、岡山大学副学長の千葉先生を委員長として、7名の検討委員の方々の御指導と御助言によりまして、ここに育成指針を取りまとめることができました。

奇しくも、昨年10月に台風第23号が襲来し、甚大な風倒木被害が発生しておりますが、被害林の復旧に当たっては、多くの森林所有者の方々が不安に感じておられることと推察いたします。

この育成指針は、そうした風倒木被害地の早期復旧のためにも、御活用いただければと心から願っております。

平成17年3月

岡山県農林水産部林政課長

須 江 泰 之

I 山地災害と森林被害

1 山地災害（土砂災害）

日本の急峻な地形は、集中豪雨や地震により山崩れが発生します。これらの山崩れは普通、樹木の根が届く範囲の土層が崩れる「表層崩壊」ともっと深い岩盤から崩れる「深層崩壊」とに分類されます。豪雨のときに発生する山崩れは多くの場合、「表層崩壊」です。山地災害はこのほか、特殊な条件下で発生する「地すべり」や山地の溪流を土石（土砂）と水の混合物が流下する「土石流（土砂流）」などがあります。

また、地表面の侵食により土砂が生産され下方へ移動する「土砂の流出」は、山地の溪流に堆積して、降雨のたびに人家や農地へ被害を及ぼすとともに「土石流（土砂流）」の発生に大きく関与します。

ここでは、これらを「山地災害」と呼び、森林の機能によってある程度防ぐことのできる「表層崩壊」と「土砂の流出」のタイプを紹介します。

（1）表層崩壊

斜面を覆う表層土（土壌を含む斜面の軟らかい物質）の崩落による土砂移動現象をいいます。その規模は小さく、面積 $1,000\text{m}^2$ 以下（平均 $200\sim 300\text{m}^2$ ）、崩壊の深さ $0.5\text{m}\sim 2.0\text{m}$ が大部分を占めます。主に梅雨期や台風期の豪雨によって発生しますが地震によっても発生します。

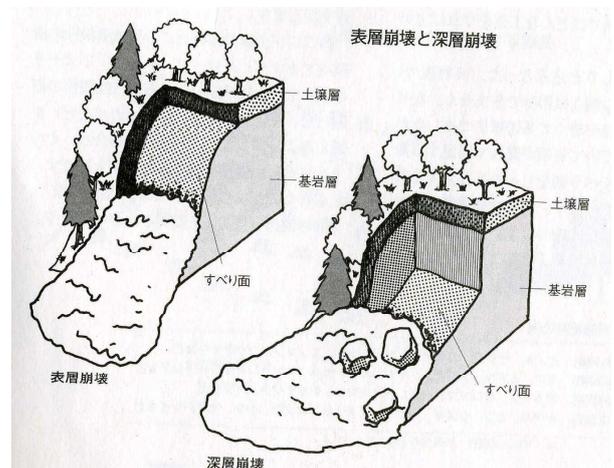


図- 1 （太田 1996）

ア 表層崩壊と森林の関係

表層崩壊は森林の伐採によって起こりやすくなります。これは森林の根系が伐採によって枯死・消滅し、根系の土壌補強効果が大幅に低下することによります。

（2）土砂の流出（表面侵食）

降水のうち地中に浸透せずに表流水（地表流）になるものによって、斜面表層の土粒子が斜面から分離され下方へ運搬される現象をいいます。侵食量は降雨強度、地形、地質、植生、土壌特性などの多くの要因に影響されます。広範囲にわたって生じた場合の土砂の流出は人家や農地に大きな被害をもたらします。

2 森林被害

森林被害には、風害・雪害・干害などの気象被害のほか、山火事被害・病虫害・獣害、火山被害、落石被害などがあります。

このうち、県内で発生する主な森林被害について次に紹介します。

(1) 気象被害

気象被害とは、寒さ、乾燥、強風、雪などの被害であり、自然火災もこれに含まれます。強風、続いて雪が大きな被害要因となっています。

ア 風害

風害には、壮齢木以上の林木の幹折れ、根返り被害をもたらす暴風害と、樹冠の偏形をもたらす常風害があります。

(ア) 暴風害

暴風被害の原因は、台風、温帯低気圧、前線に伴う突風などによるものです。暴風害の大きさは、風向、風速、地形、土壌、雨雪、病虫害、林分構造等の要因によって左右されます。一般に、以下のような場所は風速が強められ、暴風害危険地域となります。

- ①暴風方向に向かって開いた広く長い河谷の両岸付近
- ②河谷の分岐点や湾曲点
- ③風向に直角、もしくはそれに近い尾根
- ④風向に向かった斜面で、緩斜面から急斜面に移行するところ
- ⑤山腹の突出部
- ⑥孤立した山麓全面や側面
- ⑦山越え気流がまともに当たる風下の台地や突出部

研究結果や被害報告などから、ほとんどのスギ林分で※形状比70以下に相当する直径階以上で無被害あるいは低被害のものが多かったことが報告されています。

一方、択伐作業林型のように複層林、樹冠層が複雑な異齢林等では耐風力があるのに対し、単純な層を持った一斉林、間伐直後の一斉林は耐風力の弱い林分であるとされています。（※形状比：樹高を胸高直径で割った比数）

各樹種の暴風に対する抵抗力は以下の表に示すとおりです。

1. 落葉広葉樹	天然木	↑ 強
2. クロマツ・アカマツ・ヒノキ		
3. スギ・ツガ・モミ	造林木	
4. ヒノキ・クロマツ・アカマツ		
5. スギ		
6. カラマツ		

被害の形態は、スギでは品種間で異なり、ヤブクグリ、アヤスギは根返り型であるのに対し、クモトオシは折損型とされています。

一方、ヒノキは全般的に根返り型が主体となっています。外見的に根返り、幹折れ、傾斜などの形であらわれても、幹内部には、年輪に沿って剥離している「目回り」や強風で立木が曲げられた内側で細胞が圧縮破壊された「モメ」などの欠陥がでていることが多くみられます。

風速は、平均20m/s位から危険となり、30m/sで台風害が発生しやすくなります。本県でも、平成16年10月に襲来した台風第23号では、津山市で瞬間最大風速が50.4m/sを記録しましたが、那岐山を中心として発生したこの地域特有の広戸風により、県北部の勝田郡を中心として、暴風害による幹折れ被害等が確認されました。この暴風では、スギのほか、暴風害に対し、スギよりも強いヒノキ、アカマツでも根返り等がみられます。

人工林では、土壌の浅い場所では根返り、深い場所は幹折れの被害が多くなります。5～6年生以下の幼齢林では強風にゆすられ、根切り、根ゆるみなどが発生します。ただし、胸高直径15cm以下の若齢林や幼木においては被害は少なく、雪害の場合と逆の結果であったとする報告もされています。



広戸風の被害を受けたスギ人工林（勝央町）

（イ）常風害

樹木の成長期に吹く風によって成長が抑制される場合、風上側の枝が風下側へ偏奇します。冬季の季節風の影響を受ける場合は、風上側の枝が欠如した樹形となります。

イ 雪害

雪害を大別すると、冠雪害、雪圧害、雪崩害、雨氷害に分けられます。ただし、本県で発生する雪害は大部分が冠雪害です。

（ア）冠雪害

雪が林木の枝、葉に付着し、枝または幹が折損、湾曲される被害です。湿った雪が大量に降ると、樹冠に付着した冠雪が増加します。特にスギは、短時間に大量の雪が降るとき、枝葉が自重の10～30倍の雪を捕捉します。



雪害を受けたスギ人工林

冠雪害が発生する気象条件として、①気温がプラスからマイナスへ移行 ②気温がマイナス3℃以上、風速3m/s以下 ③降雪後に強風が吹くこと等が指摘されてい

ます。

また、積雪深20cm以上、降水量30mm以上になると被害が発生し、降雪量の多いほど被害は大きくなると言われています。

冠雪被害は、樹形および力学的特性、樹冠の偏在、林分胸高直径、形状比、立木密度によって被害形態（図-2）、被害程度も異なります。

幹曲りは幹折れに至る過程のものです。木が細いと気象条件が厳しくても折れには至らず、曲りのままであることが多くなります。

幹折れは、普通谷側に曲った樹が限界を越えて荷重がかかると曲った幹の上部に亀裂が生じます。裂けは上下に広がりますが、下方への裂けの方が大きくなります。幹折れは曲りに比べ、径級の大きい個体に多くみられます。

梢端折れは幹折れの一つですが、樹冠の上部で折れたものをいいます。

枝折れは針葉樹ではほとんどみられません。広葉樹には多くみられます。

他の樹種に比べ、スギは冠雪害に最も弱い樹種の一つであると考えられています。

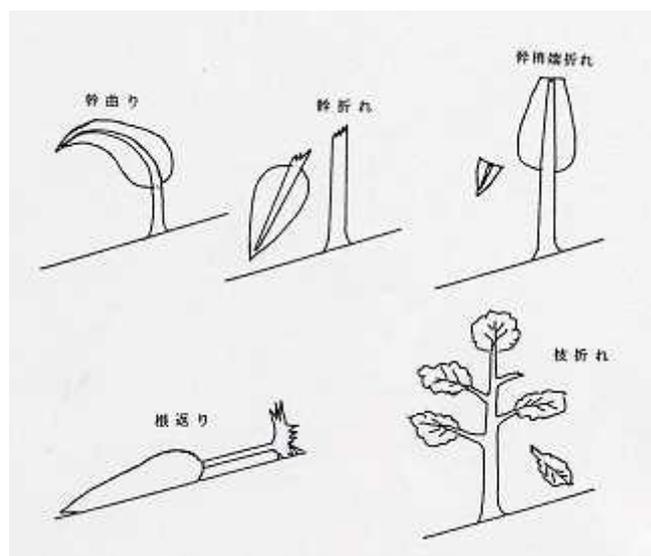


図-2 被害形態（石川 1987）

（イ）雪圧害

樹体が埋雪され、積雪の荷重に耐えきれずに損傷を受ける被害をいいます。埋雪された樹木は、積雪の重みで斜面下方へ移動しますが、抵抗できない弱い部分で幹折れ、枝抜け等の被害が発生します。豪雪地では、被害の発生頻度が高く、人工造林地は成林困難となります。幹割れ、枝抜け、樹皮剥皮等の傷は腐朽菌等の侵入口にもなります。

（ウ）雪崩害

雪崩は斜面上の積雪が急に崩落または滑落する現象です。雪崩の面積が広い場合は、大規模な森林被害となり、数十年生の森林が壊滅します。破壊力がもっとも大きい雪害であり、被害木は損傷が激しく利用は困難となります。

（エ）雨水害

気温が0℃に近い時に水滴が枝葉に凍結して、その重量で樹体が破壊される被害をいいます。本州では海拔1,000m付近に発生することが多いとされています。

ウ その他の気象被害

（ア）干害

長期にわたる無降水のため、林地土壌水分が欠乏して生じます。夏期30日以上、冬季40日以上の無降水期間で干害が発生するといわれています。中・壮齢木の成長期に発生する干害は、少雨が25-30日程度続くと発生すると考えられるとする報告もみられます。

樹木の抵抗性の弱い新植1~2年生の造林木では発生しやすく、特に新梢が伸びすぎ

てから植栽されたような場合は危険度が高くなります。また浅根性のものほど被害が出やすく、深根性のマツ類は比較的抵抗力が強いといわれます。本県では、スギ、ヒノキがこの被害対象となります。

干害はその発生する時期により、春型、夏型、秋型、冬型に区分されますが特に被害が多いのは、春先の乾燥期と夏の干ばつ時です。

春型は、春先の融雪後の乾燥期に発生します。特に秋植えの新植地が危険です。

夏型は、空梅雨、異常高温によって8～9月に葉の変色・枯死が生じます。

秋型は夏の高温・小雨・多照等の気象条件が継続した場合に、赤変した葉が目立つようになる10月以降の場合をいいます。

冬型は1～3月の期間に小雨・寒冷のときに発生します。

干害の防止対策として、①土壌水分の蒸発を防ぐ ②林木の蒸発散を少なくする ③水分を供給するの3つの方法があります。林地では、②～③の方法は実行不可能ですが、①はマルチによってある程度期待できる場合もあります。造林木は、健全な苗木を根が乾かないように運搬し、深植えをする等の対策をとることが重要です。

(イ) 潮風害

低気圧通過時の強風や台風のもとで、海面から飛散する海塩が林木に付着して生理的な障害を引き起こすことを潮風害といいます。

暴風時には枝葉に細かい傷がたくさんできます。その上海水から発生した微小な泡が飛散することによって、空中塩分濃度は通常の10倍以上、短時間に通過する塩分量は通常の100倍以上にも達します。

潮風が被害を及ぼす距離は普通、海岸線から数kmまでですが、大型の台風襲来時には数十kmに達する場合があります。

暴風に伴う潮風害は一過性であって、壮齢木では回復するものが多いですが、新植造林地では激害になることがあります。

(ウ) 凍裂

厳冬期に太い幹の内部から樹皮部分まで、放射方向に割れる現象をいいます。蛇下がりと呼ばれる割れ目の縦方向の長さは1mから数mに及びます。材の水分含有率の高いスギ、ケヤキなどに被害が発生します。

(2) 山火事被害

ア 山火事の種類

山火事は、その形態から「地表火」、「樹冠火」、「樹幹火」及び「地中火」の4種類に分類されますが、「地中火」は日本での発生例はほとんどありません。

(ア) 地表火

地表面近くの落葉、落枝、草本、灌木類などの可燃物が焼失する火災をいいます。発生件数としては最も多く、樹冠火等の誘因となる場合がほとんどです。着火後の延焼速度は比較的速く、強風時や昇り斜面では時速10km/h以上になる場合もあります。

(イ) 樹冠火

森林の林冠部を構成する枝葉の部分が燃焼する火災をいいます。通常の延焼速度は2～4 km/hほどですが、樹冠部であるため風の影響を受けやすく、強風時には時速15 km/h以上になることもあり、さらには火のついた葉、枝が1 km以上風に運ばれて延焼拡大する「飛び火」が起こります。特に大規模な火災になるほど上昇気流が強まり飛び火の現象が起こりやすくなります。

(ウ) 樹幹火

幹が燃焼するものですが、通常の場合、ある一点が長時間、集中的に火にさらされることはないため、生きている樹木が樹幹火になることはほとんどなく、多くは枯死木や空洞を持った、着火しやすい樹木が単木的に燃えます。しかし、いったん樹幹火となると簡単には消えず、いつまでもくずぶり続けるため、完全消火は難しくなります。

イ 山火事発生のメカニズム

山火事を誘発させる、あるいは拡大させる要因となる、森林の状況、地形及び気象(降雨、湿度、風など)等については次のとおりです。

(ア) 森林の状況

① 樹冠の疎密度による違い

樹冠が閉鎖していない森林は、日照が林床まで到達するため乾燥しやすいことに加え可燃性の下草も密になるので火災発生の危険性及び延焼の危険性も高くなります。一般に陽樹林(アカマツ林など)は陰樹林(シイ・カシ林など)に比べて閉鎖していないため危険です。

植栽後20年以下の森林は、樹冠の閉鎖が十分ではないため乾燥しやすく火災の危険性が高く、新植地は原野と同様可燃物が多く特に危険です。

② 針葉樹・広葉樹による違い

針葉樹は葉や樹幹に樹脂分を多く含むので燃えやすいのに対し、広葉樹は火に強く、特に常緑広葉樹では耐火性が大きく、さらには山火事により焼損しても、多くは萌芽して回復します。

(イ) 地形

① 斜面方向

南から西向きの山腹斜面は日射量が多く、可燃物が乾燥するので火災の危険は大きくなります。

②起伏

山麓の緩傾斜地や原野などは大火災となりやすい地形です。さらに、高低の錯綜した山地では局所気象の影響で複雑な延焼をすることが多く、奥地の山岳地帯では風の影響が大きいので飛び火によって隔地への延焼が起こりやすいと言われています。

(ウ) 気象

①降雨

降雨は、可燃物の含水量を増して火災の発生・拡大の危険度を低下させる重要な因子です。

②湿度

湿度は、森林内の落葉などの吸湿性の強い可燃物の乾燥度に大きな影響力を持っています。

③風速

風速の大小は、森林の可燃物の乾燥に影響を持つばかりでなく、出火、延焼拡大、飛び火など山火事の動態に大きな影響を持っています。

④その他

このほか、火災と関係のある気象因子としては、気温、日射、地温などがありますが、これらは単独に強い影響を与えるのではなく、他の因子と合わさることによって影響を与えるものです。

ウ 山火事の発生による機能の低下

山火事の種類、強度によって異なりますが、森林が下層植生も含めて焼失するので、皆伐よりもさらに深刻な状況となります。草本類が次第に繁茂してくることにより、土砂流出防止機能は徐々に回復してきますが、水源かん養機能、土砂崩壊防止機能などは木本類が森林状態を形成するまでは大きく減少した状態が続くこととなります。

(ア) 植生

地表火だけの火災は強度も弱く、林冠を構成する林木の多くは生き残りますが、樹冠火は強度が強くとんどの植物の地上部は枯死してしまいます。一般に広葉樹類は樹皮が厚いものや萌芽する性質の強いものが多いことから耐火性が強く、地上部が完全に消失しても地下部は生存しており、多くは火災後に盛んに萌芽することによって再生します。

(イ) 土壌

火が通過するときの地表温度は400℃以上にもなり、深さ1cmでも200℃の高温となります。しかし、深さ3cm以深では昇温に時間的なずれが生じ、深さ5cmでの温度は50℃止まりです。団粒構造などの土壌構造への影響は小さく、その変化は表層の5cmくらいまでにとどまります。しかし孔隙率は低下し、それに伴い土壌の透水性も低下します。この現象は、火災の強度が強いほど顕著となります。

(3) 松くい虫被害

ア 松くい虫被害

岡山県の松くい虫の被害は、昭和46年度から急激に拡大し、昭和49年度には約22万 m^3 もの被害量を記録しました。このため、空中散布などの予防事業や被害木の伐倒駆除などの各種防除対策を講じた結果、平成15年度は2万4千 m^3 と減少しましたが、依然高い水準にあります。

また、松くい虫の侵入を防ぐため、その周辺に広葉樹等による保護樹林を造成したり、松くい虫に強い「松くい虫抵抗性マツ」による松林の再生などの対策も進められています。

(ア) 松くい虫被害のメカニズム

現在、広範囲の松林に激しい被害をもたらしている松枯れは、マツノマダラカミキリという昆虫によって運ばれたマツノザイセンチュウ（病原体）が松の材内に侵入して枯らす伝染病のことで、正しくは「マツ材線虫病」と呼ばれ、明治以降に外国から輸入された木材によって運ばれてきた外来の病気です。そして、日本のマツには本来この病気に対する抵抗性がないことが、被害を急激に拡大させた要因にもなっています。



マツノマダラカミキリ



マツノザイセンチュウ

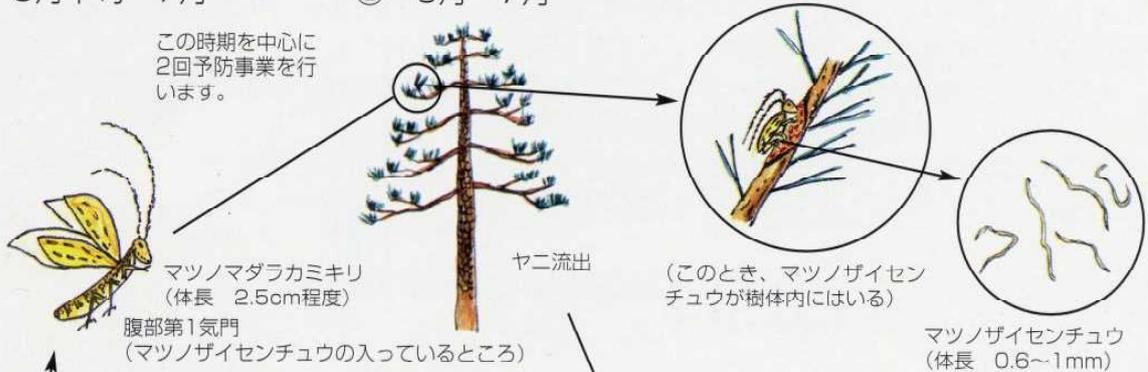
松くい虫被害の発生サイクルを次頁に示します。

松くい虫被害の発生の過程

— マツノマダラカミキリとマツノザイセンチュウの関係 —

① 5月下旬～7月

② 6月～7月

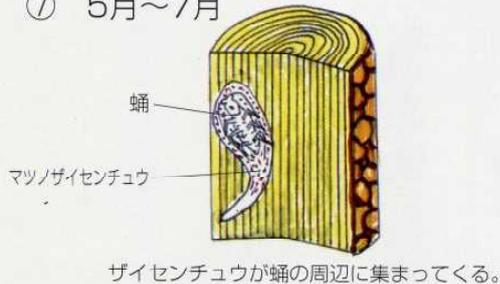


マツノマダラカミキリは6月～7月に被害木から5mm程度の穴をあけ脱出する。この時、マツノザイセンチュウを体につけて、松から松へ飛びまわり、新梢を食べる(「後食」という)。

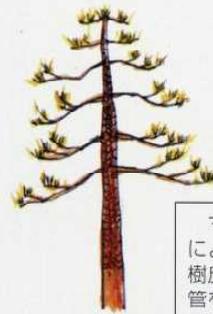
後食の時、傷口から線虫が材内に侵入する。松の材内に入った線虫は、急激に増殖し、松の生理に異常をもたらし枯死させる。つまり、線虫が病原体であり、マツノマダラカミキリがその運び屋である。

③ 7月～8月

⑦ 5月～7月



老熟した幼虫は、材の中に蛹室をつくり休眠するが、マツノザイセンチュウはこの時期になると蛹室周辺に集まり、羽化したマツノマダラカミキリの気門から気管の中に侵入する。

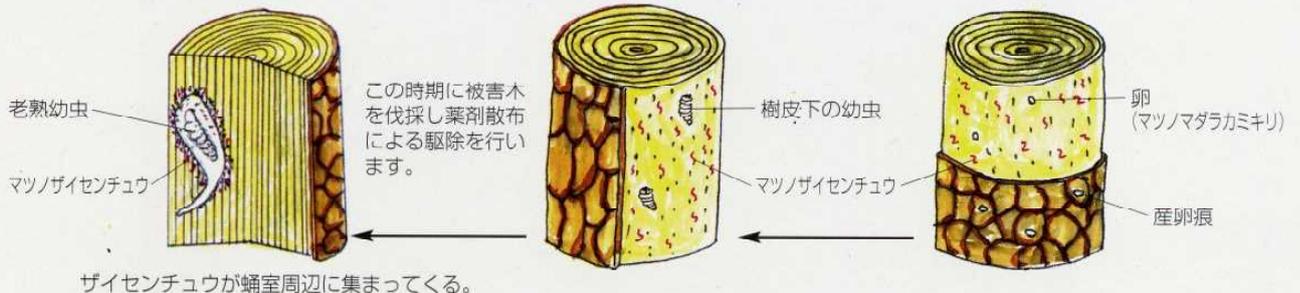


マツノマダラカミキリは、線虫等によって衰弱した松を探し出して、樹皮にかみ傷をつくり、そこに産卵管を差し込んで卵を産みつける。

⑥ 11月～翌年5月

⑤ 8月～10月

④ 8月



卵からふ化したマツノマダラカミキリの幼虫は樹皮下で成長し、夏の終わり頃から秋の間に材に穴をあけ、その中で越冬する。

II 災害に強い森林づくり

1 山地災害（土砂災害）に強い森林づくり

森林には、表層崩壊（山崩れ）や土砂の流出などを防止する機能（林地保全機能）があります。

しかし、こうした機能を十分に発揮させるためには、特に針葉樹人工林においては適正な管理（施業）を行うことにより、根系や下層植生の発達を促進させるなど、土壌を安定させることが重要となります。

次に紹介する、表層崩壊（山崩れ）を防ぐ施業方法と土砂流出防止機能を高める施業方法については、どちらも林地保全機能を高めるという意味で共通した施業方法といえます。このため、「表層崩壊（山崩れ）を防ぐ施業方法」では主な施業の種類を、また、「土砂流出防止機能を高める施業方法」では、下層植生量の増加を図るための間伐方法について紹介します。

（1）表層崩壊（山崩れ）を防ぐ施業方法

ア 表層崩壊を防止する森林の機能

森林の地下部を構成する根系には、次のような働きがあり、それが合わさって土壌層を補強し、土壌の崩壊に対する抵抗力を増加させています。この機能は崩壊深が小さい表層崩壊に対して有効に働きます。

①土壌緊縛作用

土壌内には側方と鉛直方向に発達した根が絡んで複雑な根系構造が形成され、崩壊面より上の土壌を緊縛する。

②杭作用

崩壊面を貫いてその下の基岩（または基層）まで入り込んだ鉛直根が崩壊面上の土壌を基岩に結びつける。

③網作用

表層近くに密に分布する根系が周囲から土塊を引き留める。

伐採後の林地では時間の経過とともに根系が腐朽し、土壌補強効果が衰退するため、林齢20年生を境に表層崩壊が起りやすくなります。一方、壮齢林地では密に発達した根系の土壌補強効果が発揮されることにより、表層崩壊は少なくなります。

イ 表層崩壊に強い森林の施業方法

森林による表層崩壊の防止効果には限界があることを知ったうえで、表層崩壊が発生するおそれのある斜面では、この効果が最大限に発揮されるよう、長伐期施業や複層林施業の導入あるいは針広混交林・広葉樹林へ誘導することが望まれます。また、樹種によって根の材質の強靱さや根系の深さ、張り方には差があり、こうした樹種の特性を生かしたた施業も有効です。

(ア) 長伐期施業

①長伐期施業とは

長伐期施業とは、一般的には針葉樹人工林などで、柱材生産を目的として40～50年で伐採する短伐期施業に対して、大径材生産を目標として、伐期齢を柱材生産の2倍程度またはそれ以上とする施業のことをいいます。

②長伐期施業の導入による林地保全機能の増進

本県の森林は、ほとんどが傾斜地に位置しているため、落葉落枝等の堆積有機物、表層土は、降水により斜面下方へ移動することとなります。このため、林地が一時的に裸地化される皆伐施業や樹冠が閉鎖し、林床照度が不足して下層植生が消失している森林では、土壌の侵食の恐れがあり、土壌保全に考慮した森林施業が必要となります。

長伐期施業は、皆伐回数が減少し林地の被覆期間が長期化するため、林床植物や低木層が発達し、土壌構造がよく発達して安定的に維持されます。また、根系も発達するため、土壌緊縛効果が期待できます。ただし、こうした効果が発揮されるためには、適正な密度管理が行われることが前提となります。

③長伐期施業に適した森林

どのような林分であっても、長伐期施業に取り組むことは可能です。しかしながら、個々の林業経営にあっては、継続的かつ安定的に収益をあげていくことが必要となります。

長伐期施業に適した森林は、高齢になっても成長が衰えないことが重要であり、周囲の林況、土壌、有効土層厚などからの確に地位を判断する必要があります。また、途中段階で何度となく間伐収入を得るためには、搬出条件が良く、区域面積が大きい方が生産経費の面から適しているといえます。

④長伐期施業の長所と短所

長伐期施業の長所と短所を公益的機能の大小、労働力、生長量、材質、木材価格、収益性など、多面的な角度からみると、次のように整理することができます。

【長 所】

- ・一伐期期間の年平均投資経費（造林・保育費）は長伐期の方が少ない。
- ・成熟材の割合が多くなり、材質が向上する。
- ・材価の上昇が期待できる。
- ・期間当たりの収入は、長伐期の方が有利である。
- ・生態的な安定が得られる。

【短 所】

- ・材積生長量がやや少なくなる。
- ・間伐収入が得られるが、収入の間隔が長くなる。
- ・経営目標の達成を次世代へ継承していく必要がある。
- ・気象害等に遭遇する危険性が高くなる。
- ・長伐期に対応した育林技術が未確立である。

(イ) 複層林施業

①複層林とは

垂直方向に階層の異なった樹冠を有する森林をいい、単層林に対比される用語です。

②複層林施業の導入

前述の長伐期施業による大径材の生産を目標とする場合、主伐までの期間が長く、長期になるほど樹高、枝下高が高くなるとともに、成立本数が少なくなり、林内に樹木が生育できる光環境が生じてくることから、その有効利用を図る観点から複層林施業の導入が考えられます。

②複層林施業の長所と短所

複層林施業を導入しようとする場合、まず複層林施業の利点と問題を正しく理解しておく必要があります。

【長 所】

- ・森林の持つ公益的機能が中断することなく、常に発揮される。
- ・林業経営の基盤である保続性の高い森林に近づけられる。
- ・作業の平準化など労働生産性の向上が図られる。
- ・年輪構成の優れた良質材が得やすい。
- ・気象災害の回避や更新困難地への造林が可能となる。

【短 所】

- ・光環境の保持のため、間伐や枝打ちなど保育作業を集約的に行う必要がある。
- ・下木を傷めないように伐出するには手間がかかり、コスト高になる。
- ・下木が樹高成長に対して直径成長が小さく、冠雪害に対して弱い。

(ウ) 針広混交林・広葉樹林への誘導

①針広混交林とは

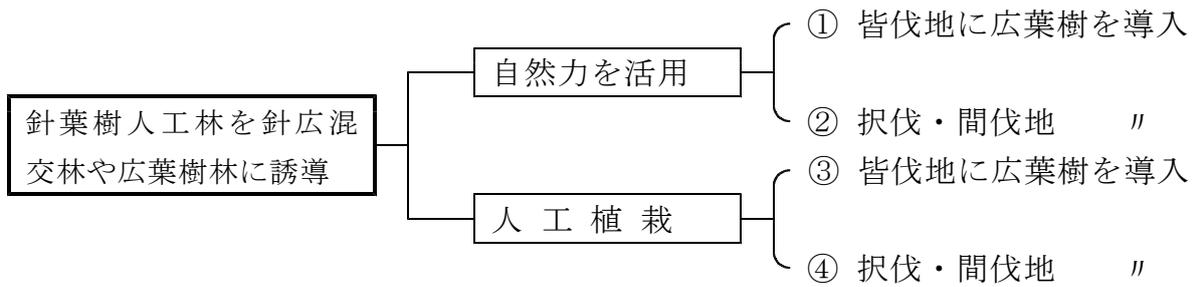
上層木がただ1種類の樹木からなる単純林に対し、2種以上の高木で構成される森林を混交林といい、そのうち、針葉樹と広葉樹で構成される場合を針広混交林と呼んでいます。

②針広混交林・広葉樹林の特徴

複数の樹種、草本類からなり、樹齢・樹高も様々なものによって構成された森林では、樹木は強靱な根系を深く偏りなく網のように張りめぐらし、下層植生や落葉層が豊かです。そのため、土壌の崩壊や表面侵食を防ぐ機能が大きいといわれています。

③針広混交林・広葉樹林への誘導方法

針葉樹人工林を針広混交林や広葉樹林に誘導する方法としては、針葉樹林の伐採跡地などに自生した広葉樹を自然力を活用しながら育てる方法と人工植栽する方法との二つの方法があります。針葉樹人工林を皆伐した場合は広葉樹林に、そして択伐・間伐を行った場合は針広混交林となります。



③針広混交林・広葉樹林の長所と短所

針葉樹一斉単層林に比較すると次のようになります。

【長 所】

(共 通)

- ・ 土壌の崩壊や表面侵食など林地保全機能が高い。
- ・ 気象災害に対する抵抗力が比較的高い。

(針広混交林)

- ・ 炎天下の重労働を回避することができ、労働負荷の軽減につながる。
- ・ 様々な規格、樹種からなる材を生産することができる。

【短 所】

(共 通)

- ・ 木材生産を目的とする場合には、主伐可能となるまで相当期間が必要となる。

(針広混交林)

- ・ 誘導するまでの過程において非常に集約的な作業を必要とする。
- ・ 同一規格の材を一度に大量に生産できない。

(エ) その他の森林施業

土壌の崩壊に有効な施業として、樹種による根系の特性を生かす方法があります。

例えば、比較的深い土層には主たる根が鉛直方向に発達する「深根性樹種（アカマツ・クロマツ・スギ・モミ等（針葉樹）、コナラ・ミズナラ・クヌギ・クリ等（広葉樹）」を、比較的浅い土層には主たる根が水平方向に発達する「浅根性樹種（ヒノキ・カラマツ・ツガ等（針葉樹）、ブナ・ケヤキ・ハンノキ（広葉樹）」を植栽します。



図- 4 (苅住 1979)

しても大きな空間は得られず、光条件の改善も期待できません。

また、調査によれば、間伐率30%を超える施業が実施されていても、間伐前の立木密度が高い場合（3,000本/ha以上）や狭小谷部では、下層植生量の増加に対しては十分でない場合もありえることが判明しました。

したがって、間伐後3年以内での下層植生の増加を目的とするなら、少なくとも間伐率35%以上の施業が必要と推察されました。

一方、強度の間伐や択伐を行った直後の林分は耐風性が低下するため、弱度の間伐を繰り返し行い下層植生量を増加させていくことも、考慮する必要があると思われました。

なお、これらはいくまでも地形、林況の異なる間伐林分（20林分）における3年間での調査結果に基づくものであり、今後の下層植生量の変化及び多様な林況を呈する多くの間伐林分における状況等については、他の報告等を参考にしていきたい。

イ 壮齡林の間伐（択伐）

「林齡が40年生を超えた壮齡林では林分葉量が低下し下層植生が徐々に回復し、林床の被覆も回復する。」という報告がありますが、今回の調査では、高齡林でも間伐等施業を行わない状態が続くと、林内の相対照度が低下し下層植生が衰退あるいは貧弱なままの林分がみられました。したがって、高齡林であっても、林床に下層植生を発達させるためには、間伐（択伐）等の施業が不可欠であると推察されました。

ウ 下層植生の調節（林業経営と公益的機能）

森林の公益的機能を発揮させるためには、このように針葉樹人工林内に下層植生を繁茂させることが重要です。しかし、下層植生量が増加しすぎると、収入間伐、択伐あるいは皆伐時にそれら植生の伐採・整理が必要となり、素材生産経費の増加を招くこととなります。外材や他県材と競合する県産材の需要拡大を考慮した場合、これらのことは負の要因となります。したがって、林業経営を主体とする林分では、下層植生がある程度繁茂してきたら、小さな個体のうちに除伐することも必要であると思われます。

(3) 森林にやさしい作業道の開設方法と搬出作業のポイント

作業道を作設する目的は、森林の管理と木材の収穫に大きく分けられ、伐採搬出のためのみならず、間伐等の森林整備作業を行い、森林の持つ公益的機能を発揮させるためにも作業道の開設は必要です。しかしながら、作業道を開設することにより、森林の持つ災害に対する抵抗力が低下し、被害が拡大する恐れがあります。

路網を整備するに当たって最も注意しなければならないのは、開設による土砂崩壊の防止です。開設による斜面の崩れ方には、切り取り斜面の崩落と路肩側（盛土）の崩壊があり、いずれも水分を多く含んだ時に発生します。路面から上の崩壊の危険性は、土質と切り取りの法面の高さに、路肩側においては、盛土の大きさに関係しますが、災害が最も発生しているのは、路面水の1カ所への集中によるものが多くみられます。

また、平成16年の台風第23号では、強風に当たる方向に作業道の入口がある場合や作業道の屈曲点において、風倒木が多く発生していることから、路網の計画段階において、地形等を十分に考慮することが重要です。

これらのことから、作業道の開設には、次の事項に特に注意する必要があると考えられます。

- ①切土法面や盛土法面（特に切土）を高くしない。
- ②雨水が1カ所に集まらないよう分散させる。
- ③強風の吹く方向に向けて作業道の入口を設置しない。

ア 路網密度

路網計画を作成するに当たっては、目的に応じて作業ポイントへのアクセスや機械作業が能率的に行われることが重要であり、これに必要な路網の密度についても、機械の効率的な利用の観点から定める必要があります。ただし、機械等の組み合わせにより、違った作業システムも考えられることから、あくまでも労働の安全性及び土砂崩壊等による災害防止を基本として考えることが必要です。

イ 線形

路線の選定に当たっては、通常路線形と同様に公道や既設林道等他の路線との整合性や下流域の人家等保全対象の有無等に十分留意し、切り盛り土量を少なくするなど森林の公益的機能の保持に務めるとともに、地すべり地形、風化しやすい土質等の地質条件にも配慮して選定します。

路線の通過点の選定については、山腹崩壊地、急傾斜地、崖錘など崩壊した土砂が堆積している箇所、異常な出水のある箇所、大きな転石のある箇所及び希少動植物生息地等の

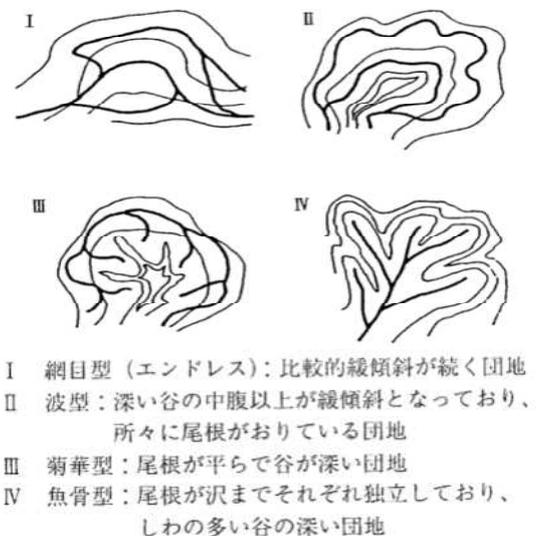


図-6 (全国林業改良普及協会 2001)

自然環境保全上重要な地域は避けます。また、同一斜面におけるヘアピンの重複は計画しないようにし、できるだけ地形のひだに沿った（地形になじんだ）線形にします。

ウ 幅員

高性能林業機械システムを前提とした場合は、トラックによる運材等の安全走行に必要な車道幅員を確保するため、概ね3 m以上の車道幅員が必要とされるが、間伐等の森林管理を前提とした作業道については、今後の生産目標や作業ポイントまでのアクセス等を検討した上で必要最小限の幅員とし、必要に応じて改修していく方が効率的です。なお、開設に当たっては、必要以上の切り取りによる運搬等の発生がないように注意します。

エ 縦断勾配

急勾配は雨水による路面の浸食を助長し、崩壊を招くおそれがあることから、コンクリート等により路面処理を行う場合のほかは極力避けます。

また、排水等を考慮し平坦区間は設けないようにします。縦断勾配は、地形等に沿った上り勾配・下り勾配を組み合わせた、いわゆる波形勾配を積極的に採用します。

オ 切土

切り取りは極力少なくする必要があります。必要以上の切り取りは、法面が高くなり崩壊が発生しやすくなると同時に残土処理も行わなければならないので注意が必要です。切土法面勾配は土砂6～8分、軟岩以上3分を標準とするが、切取法長が2 m以下の場合に限り、土質等を勘案して可能であれば、直切りとすることもできます。切土の横断排土（盛土以外）は、水を含むと土砂崩壊を誘発する恐れがあるので行わないようにします。

カ 盛土

盛土についても極力少なくする必要があります。盛土法面勾配は1割5分～1割2分を標準とし、地形が急で法尻が地山に取り付かない場合は、道路の性格（基幹的作業道、使い切り作業道等）により工作物か、現場の木材等を用いた編柵工や丸太木組工等により確保します。また、同時に線形の山側への移動も検討し、防災や経済面から総合的に決定します。

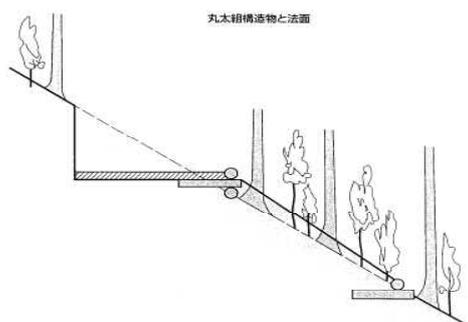


図-7 (大橋 2001)

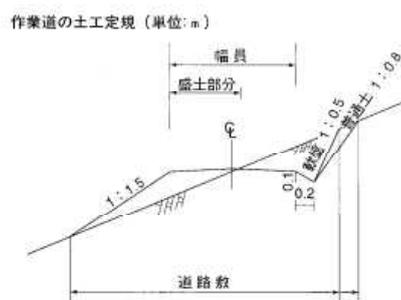


図-8 (酒井 2004)

キ 路面水の処理

路面水の集中的な流入による路肩側の崩壊を避けるため、現地採取の木材等を使った横断溝、古タイヤ等のゴムを板状に切って作った水切り施設、または小盛り土（素堀）による横断溝等をこまめに設ける。このとき、盛土箇所では横断排水はしないようにします。また、ヘアピンカーブの尾根の部分で路面排水を行い、路面水を分散させます。

路面の排水を促すウォーターバーの工夫
(間伐材利用例)

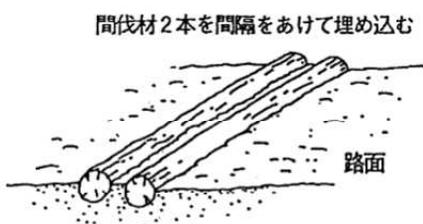


図- 9 (熊本県 2003)

間伐材利用の角材2本にゴム板を
はさみ込んでボルト締めしたもの

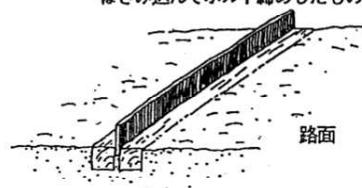


図- 10 (熊本県 2003)

ク 谷の排水施設

普段水が流れない小谷や流量の少ない谷では、(場合によってはコンクリートで)幅の広い皿型(凹型)の流水路をつけ、その上を通行する洗い越工が効果的です。

常時水が流れる谷筋等は、ヒューム管等の排水施設を設ける必要があります。

ケ 残土処理

残土は、極力生じないように切り盛りすることを原則としますが、やむを得ず生じた場合は、土砂流出が生じないように適切に処理します。また、大きな盛土法面は、緑化を行うことが望まれます。

コ 作業ポイント

設置に当たっては、自然環境の保全等に十分配慮し、通行に支障のない範囲において林道の車回し等既存の余幅部分も利用するものとし、使用する林業機械の大きさ等を勘案して必要な作業ポイントの面積を確保しておきます。

次に個々の事項についてのチェック表を示します。

森林にやさしい伐採・搬出作業チェック表

岡山県林政課

項目	チェック	設計・施工	チェック	伐採・搬出作業中	チェック	伐採・搬出終了後
作 業 道	① 線形の選 定	下流に人家があるか		切り取り法面が崩壊していないか		①伐採・搬出終了後引き続き作業道として利用する場合 ・法面や路面、路肩が流出しないように水処理に十分配慮した管理を行っているか。 ②伐採・搬出終了後作業道として利用しない場合 ・路肩の土等を用いて覆土し、播種するなどして植栽できる状態に戻し、土砂流出を防ぐため、できる限り播種など緑化工を行っているか。 ③持ち込んだ機材やゴミはすべて撤去しているか。
		その他道路等保全対象があるか				
		過去に大きな地滑りがあったか				
		過去に大きな山腹崩壊があったか				
		崩壊しやすい地質であるか				
		地質名()				
		稀少動植物の生息地であるか				
		稀少動植物()				
	地形になじんだ線形であるか					
	② 路線の通 過点の選 定	山腹崩壊地であるか				
崖錘等崩壊した土砂が堆積した箇所であるか						
急傾斜地であるか						
異常な出水のある箇所か						
③ 幅員	大きな転石があるか					
	稀少動植物の生息地であるか					
	林業機械の使用機種に見合った幅員を確保しているか					
	設計、幅員= m					
④ 縦断勾配	運搬トラックOt、W=Om					
	バックホウW=Om					
⑤ 切土	林業機械W=Om					
	最大勾配〇〇%					
	急勾配地の箇所は路面処理しているか					
	切り取り高を低くしているか					
⑥ 盛土	最大切り取り高〇〇m					
	切り土法面勾配で土砂6～8分であるか					
⑦ 路面水の 処理	切り土法面勾配で岩3分であるか					
	切り取った土砂を谷側に(横断廃土)捨てていないか					
⑧ 谷の排水 施設	盛土高を低くしているか					
	最大盛土高〇〇m					
⑨ 残土施設	支障木や切り株を、土砂と一緒に埋めていないか					
	1カ所に水が集まっていないか					
⑩ 法面保護 工	横断溝は設けているか					
	盛土箇所に排水処理を行っていないか					
⑩ 法面保護 工	流水のある箇所での施設は適切か					
	施設名()					
⑩ 法面保護 工	流量の確認をしているか					
	流水のない場所での処理は適切か					
⑩ 法面保護 工	施設名()					
	災害が発生しないように定期的を確認しているか					
⑩ 法面保護 工	災害が発生しないような処理を行っているか					
	盛土法面勾配1.2割～1.5割					
⑩ 法面保護 工	盛土の大きい箇所は緑化工を行っているか					
	緑化工名()					
⑩ 法面保護 工	切り取り法面、盛土法面の大きな箇所は緑化しているか					
	災害が発生しないように定期的を確認しているか					
作 業 ポ イ ン ト	大きな地形の改変が少ないところに計画されているか					
	林業機械が作業するのに必要な面積が確保されているか					
伐 採 箇 所 (林 地)	皆伐面積は法令で定める面積以下であるか					
	伐採箇所の下方に人家があるか					
	落石の恐れのある転石があるか					
	常時流水のある谷か					
作 業 ポ イ ン ト	人家裏での伐採方法は(伐採しないことを含めて)適切か					
	転石周辺の伐採方法は(伐採しないことを含めて)適切か					
作 業 ポ イ ン ト	谷筋の伐採方法は(伐採しないことを含めて)適切か					
	枝条や端材等が谷筋に落ちていないか					
作 業 ポ イ ン ト	枝条、端材は、災害が起きないように適切に処理されているか					
	持ち込んだゴミや機材はすべて撤去しているか。					

2 森林被害に強い森林づくり

(1) 気象被害に強い森林づくり

ア 風害に強い森林づくり

台風第23号による被害林の多くは、戦後の拡大造林によって造成された針葉樹の人工林であり、本県ではヒノキの割合が多いことから、ヒノキ林での被害が顕著でした。

今回の台風はきわめて強大であったため、暴風の強さが林業技術の想定を超えており、風の進路や風圧によってはどのような森林（特に人工林）も被害を受ける可能性があったと言えます。復旧造林や森林造成を行う場合には、今回の被害を教訓に風害に対して強い森づくりを行い、健全で諸機能の高い森林を造成することが重要です。

(ア) 風害危険地での施業

県北部地域が最も暴風の脅威にさらされるのは、昭和9年の室戸台風や今回の台風第23号の進路と被害状況からみて、大型の台風が高知県南部を北東に通過したときであると考えられます。また、分析の結果、今回被害を受けた地域と地形は次のとおりでした。

- ① 広戸風(那岐連峰を山越えした局地的な強風)の影響を受ける地域
- ② 風を正面から受ける東～北～北西方向の斜面
- ③ 谷に面した斜面の中部から下部
- ④ 南東～南～南西方向の谷の斜面
- ⑤ 風が直接当たりやすい凸斜面

このような地域と地形的特徴をもった場所は、将来、台風が今回の台風と似たコースを通過したときの危険か所といえます。これらの要因は複雑に絡み合っており、単独の地形要因を特定するのが難しい場合もあります。また、気圧の分布等による影響も大きいと考えられることから地形要因からだけでは説明できないことが多いくなっています。しかし、今回被害を受けた地域のなかで明らかに地形要因が大きいと考えられる場所では、風害に強い森づくりを行わなければなりません。また、特に危険度が高いと思われる場所では風害に対して比較的強いとされる広葉樹林を育成することが望まれます。

なお、危険か所のうち土壌層が浅い、地下水位が高い、など人工林としての管理が困難であると想定される場所は、自然力を活用した天然林化も検討する必要があります。

(イ) 針葉樹人工林の施業

暴風被害の危険地において針葉樹人工林を育成するにあたっては、良質材生産という経営上の必要性を満たし、しかも風害に強い森づくりを行わなければなりません。このためには保護すべき森林にあたる暴風の力を減少させること及び森林自体の耐風力をより高めることが必要です。

今回の調査において、被害地のなかで被害を受けていない林木の多くは形状比が小さく、樹冠長比の大きい林縁木でした。これは林縁木が林内の林木に比べて根系が発達していることも被害を免れた原因とも考えられる。このことから針葉樹の林全体を林縁木に近い形状、すなわち根系が十分発達し樹高に対して幹が太く安定した樹形に育成し、その林を守る防風樹帯を造成することが風による被害を減少させる施業方法と考えられます。

また、今回被害を受けなかった地域においても、予防的観点から同様の施業を行い、森林の耐風力を高めることが必要です。

(a) 新たに森林造成を行う場合の施業

- ① 風上全面に樹冠の発達した防風樹帯を育成し（数列～10列位）、強風が林内に吹き込むのを防ぐ。また、林縁部等特に防風効果を期待できる場所には広葉樹林を配置する。
- ② 植栽本数及び除間伐等にあたっては低密度管理を基本とする。ただし、良質材生産を目的とする場合、風の影響を受けにくい20年生ぐらいまでは通常の密度管理を行い、枝打ちを実施することで良質材の基本条件（無節、完満通直、年輪幅一定）を確保する。
- ③ 20年生以降は定期的に弱度の間伐を行い、低密度を維持することで下枝が枯れ上がらないようにし、林縁木に近い樹形に仕立てる（形状比70以下、樹冠長比50～60%以上）。
- ④ 林縁木には枝打ちを行わず、耐風力を持たせる。

(b) 現存する森林の防風効果を高める施業

- ① 形状比70以下、樹冠長比50～60以上を目標として、一度に強度の間伐を行わず、弱度の間伐を繰り返す。
- ② 間伐直後の耐風性は低下するが、コスト面から列状間伐は有効であり、伐採列に侵入する広葉樹を保残し、将来的には防風効果を高める。
- ③ 林縁木には枝打ちを行わず、耐風力を持たせる。

(ウ) 広葉樹林や針広混交林等への転換

一般的に森林の耐風性は人工林よりも天然林のほうが高く、また針葉樹林よりも針広混交林が強く、広葉樹林はさらに強いと言われています。このため、風害の危険地は広葉樹の植栽などで広葉樹林や針広混交林へ誘導することが望まれます。しかし、成長特性、保育技術、病虫害等への対策など人工造林技術が確立されている樹種は限られているなど広葉樹の造林方法については未解決な点が多くあります。

(a) 広葉樹林への転換（全面更新）

- ① 高密度でスギ、ヒノキが成立していた人工林（下層に広葉樹がほとんど存在しない森林）では萌芽や埋土種子による広葉樹の発生が困難であり、林木が成立するまでには長い期間が必要な場合があります。このような場合には現地の条件に適した広葉樹（表－1）を植栽します。
- ② 植栽樹種は、萌芽更新が容易で成長が速くシイタケ原木や炭材として利用できるクヌギやコナラ、木材としての用途が広く高い経済性が見込まれるケヤキ等有

用な広葉樹を現地条件を考慮し選定します。

- ③ 材の通直性を高めるためには生育密度を高くし、枝の広がりを抑制する必要がある。このため、自生している広葉樹の萌芽や新たに発生する広葉樹の保護など、できる限り自然力を活用し、植栽した広葉樹と合わせて当初は成立本数を6,000本/ha程度とし、成長状況を見ながら本数調整を行います。
- ④ 場所によっては成林までにツル、ササ類が繁茂するなどの阻害要因があるため、広葉樹の十分な生育が認められるまで、つる切り、除伐等定期的な管理を実施する必要があります。

表-1 主要広葉樹の特性

樹種	生育地の特性	水分環境 反応	耐陰 性	木の大きさ、形	萌芽 性	成長速度	根系
ウワミズザクラ	山腹斜面下部～尾根	適湿～弱 乾性	大	中高木 筈状形	中	中	中間
オニグルミ	水質に富む緩傾斜～凹地形、湿潤で肥沃な深層土	湿性	中	大高木 筈状形	中	中	深根
クヌギ	山腹斜面中部～下部	適潤性	小	中高木 羽状形	大	早い	深根
クリ	山腹斜面～尾根、適湿で土層の深い土地、乾燥にも耐える	適湿～弱 乾性	小	中高木 筈状形	大	早い	深根
ケヤキ	山腹斜面下部、谷側～凹地形、肥沃な深層土	適潤性	中	大高木 筈状形	小	中	浅根
コナラ	山腹斜面、尾根～尾根周辺部、適湿な肥沃地	弱乾性	小	大高木 筈状形	大	やや早い	深根
トチノキ	山腹斜面下部～谷側、やや湿気のある肥沃地	やや湿性	中	大高木 筈状形	小	やや早い	中間
ブナ	緩斜面～広い尾根、土層の深い肥沃地	弱乾性～ 弱湿性	中	大高木 筈状形	小	やや遅い	浅根
ホオノキ	山腹斜面、谷側の緩斜地、適潤で肥沃な深層土	適潤性	小	大高木 羽状形	大	早い	中間
ミズナラ	山腹上昇斜面～緩斜地、やや湿気をおびる深層土	乾性～弱 乾性	小	大高木 筈状形	大	やや早い	深根

「広葉樹施業の生態学」創文

(b) 針広混交林への誘導（一部更新）

- ① 風上部分や林縁部など特に風害の危険性の高い所には広葉樹を配置し、防風樹帯を設けます（図-11, 12, 13）。
- ② 現地の状況、作業性等を考慮し、列状（帯状）混交（列幅10～15m程度）、群状混交（一辺が上木の樹高程度）等の形態を選択します。（図-14）

- ③ 広葉樹は耐陰性等を考慮しその場所に適した樹種を植栽します。また、植栽後に発生してくる有用な広葉樹はできる限り保残することで多様性に富む森林を造成することができます。
- ④ 広葉樹を通直に育てるためには針葉樹下の相対照度を20～30%程度以上に維持する必要があります。このため、必要に応じて針葉樹の間伐や広葉樹植栽部分の下刈り等の施業を行います。

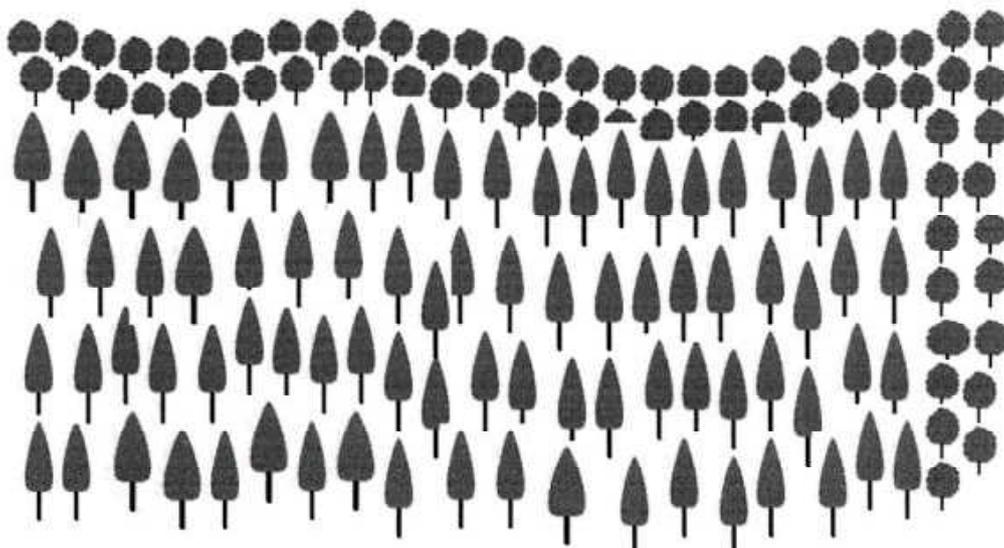


図-11 風害に強い針葉樹林配置のイメージ

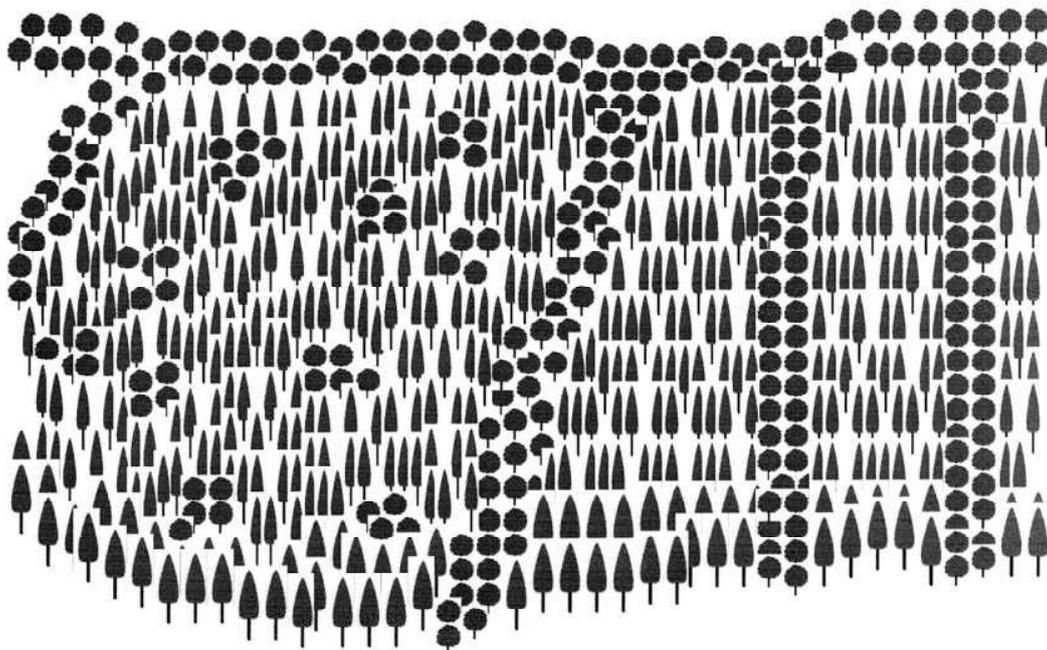


図-12 針広混交林における針葉樹と広葉樹配置のイメージ1

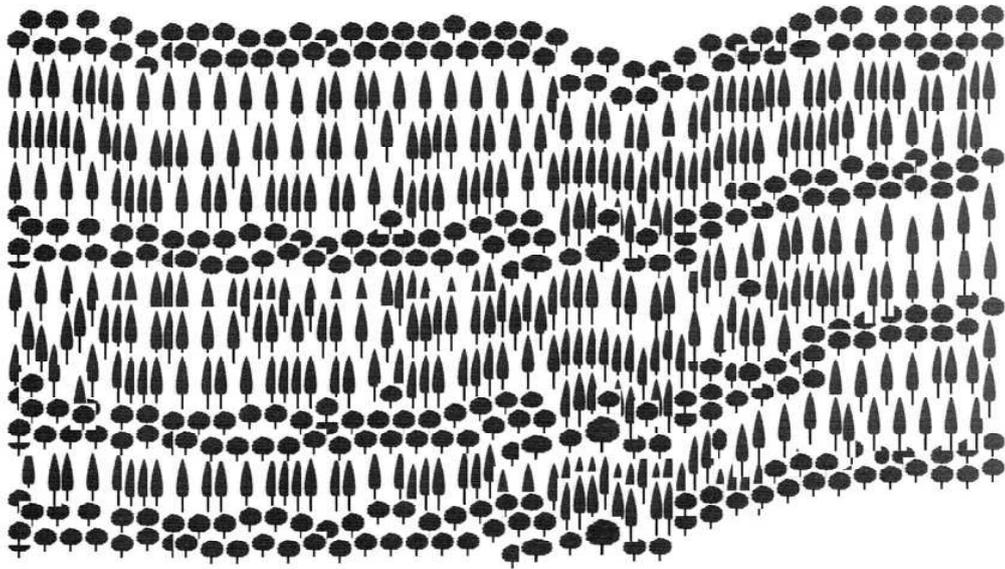
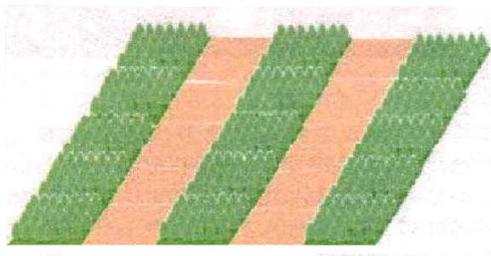
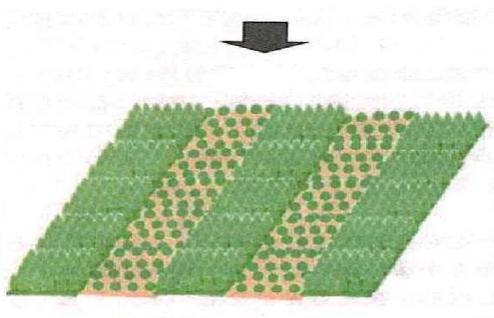


図-13 針広混交林における針葉樹と広葉樹配置のイメージ2

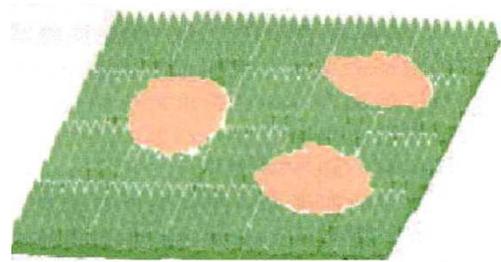
列状（帯状）混交



伐採幅は10~15m程度



群状混交



伐採面積は1か所400m²程度

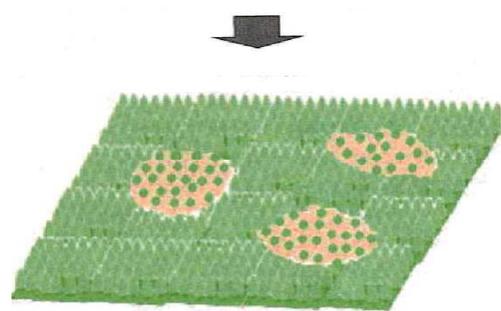


図-14 列状（帯状）混交林と群状混交林のイメージ図

イ 風倒木被害地の復旧方法

風倒木被害地の復旧は、次のとおり緊急性を勘案して計画的に行うようにします。また、今後の台風などに備え、被害を最小限に抑える森林施業を行うことが必要です。

① 緊急に復旧する森林

林地の保全上、放置すれば山地崩壊や土砂の流出等によって人家等に被害を及ぼす危険性が高い森林、崩壊地等は緊急に復旧を図る必要があります。この場合、広葉樹林や針広混交林の造成が主体となります。（保安林の指定等の条件がありますが、治山事業による復旧が一般的です。）

② 計画的に復旧していく森林

これまでどおり経済林として再造林を行うか、公益的機能を重視する森林へ移行するかは、地利や地形、土壌条件等を勘案して決定します。

しかし、再造林を行う場合は、風害危険地域であることから、防風樹帯を造成し、林縁木のように形状比の小さい林木を育成することで耐風性の高い森林を造成する必要があります。

③ 自然力を活用する森林

地形、位置など被害地の状況から放置していても防災上の問題が少なく、地位、地利的条件から経済林としての管理が困難な場所では自然力を活用し広葉樹の天然林へ誘導することも考えられます。

なお、この場合、健全な森林となるまでには、長い期間を要します。

(ア) 崩壊地における復旧

急傾斜地においては立木の被害だけでなく、林地の表土が流出しているか所がみられます。このような被害地を放置した場合、土砂の流出が続くため、樹木の植栽だけでは復旧が困難な場合があります。

このような崩壊地の復旧にあたっては、土砂の流出を防止するとともに樹木の生育できる場所を確保する施業を行った後に樹木を植栽することが必要となります。主な復旧方法については、次のとおりです。

- ① 林地の等高線上に階段を切り、雨水の分散を図ることで土砂の侵食を防止し、水平部分に樹木を植栽する。
- ② 特に急傾斜の場合、林地残材を活用して木柵を作設し、木柵の裏を切土で埋め戻して樹木の生育する場所を確保し植栽する（図-15）。
- ③ 植栽にあたっては土壌及び環境条件を十分に留意し適切な樹種及び植栽本数を決定する。
- ④ 表土の流出した林地は地中の栄養分が乏しいため、肥料木との混植や施肥を行う。
- ⑤ 崩壊地が広範囲に及ぶ場合は治山事業等での実施を検討する。

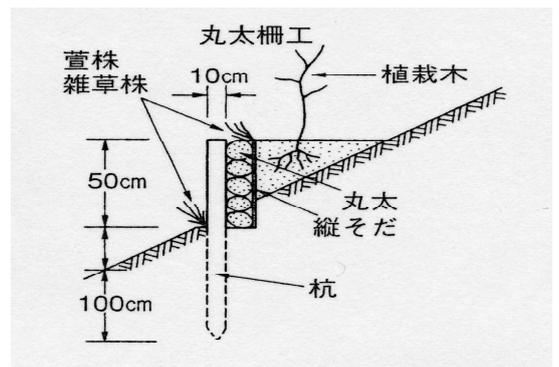


図-15 (全国林業改良普及協会 2001)

(イ) 立木被害の程度による復旧

復旧は対象森林の被害程度によって取り扱い方法は異なりますが、次の区分を基準として復旧を図ることを目標とします。

なお、地利、地形、土壌条件等を勘案して、スギ、ヒノキを主体とした経済林として復旧することも考えられます。しかし、風害危険地域であることから、できるだけ広葉樹を混植するとともに、風害に強い施業を行うことが望まれます。

また、広葉樹の導入にあたっては、植栽を行う場合は現地条件を考慮して樹種を選定するとともに、自然力を活用を図る場合は周辺の状況を十分把握しておくことが重要です。

①被害率が70%以上

被害率が70%以上であれば、残存木も被害を受けている可能性が高いため、全面伐採して更新した方がよいと考えられる。更新にあたっては、針葉樹を主体に植栽する場合でも、できるだけ広葉樹を混植し、特に危険が高いと危惧される場合には、広葉樹を植栽するか天然林化する。

②被害率が50～70%

被害率が50～70%であれば、被害木を整理して部分的に改植するか、有用広葉樹を植栽して針広混交林へ誘導する。

③被害率が30～50%

被害率が30～50%であれば、②と同様に部分改植するか針広混交林に誘導する。ただし、林内の照度が低くなりやすいので、植栽樹種の選定に留意し、その後の植栽木の成長に注意する。

④被害率が30%未満

被害率が30%未満であれば、間伐を行ったと考え、被害木の整理のみを行う。部分的に大きく開いた場所には広葉樹を植栽するか自然力による針広混交林化を期待する。また、③と同様に植栽する広葉樹の樹種選定等に留意する。

区分	被害率(%)	更新方法	植栽本数等
①	70以上	全面更新（危険度の高い場所は天然林化）	おおむね市町村森林整備計画において定められている標準的な植栽本数以上
②	70未満～50以上	一部更新、樹下植栽、針広混交林化	原則として生立木を残存 おおむね市町村森林整備計画において定められている標準的な植栽本数の6/10以上
③	50未満～30以上	一部更新、樹下植栽、針広混交林化、間伐	原則として生立木を残存 おおむね市町村森林整備計画において定められている標準的な植栽本数の4/10以上
④	30未満	一部樹下植栽、針広混交林化、間伐	

※被害率は被害区域の本数率である

(2) 山火事被害の防止と森林の再生を図るための施業方法

山火事に強い森林、防火機能が期待できる森林としては、およそ次のような3点が上げられます。

- ・防火力の大きい常緑広葉樹を主体とする森林であること。
- ・各階層（高木層、亜高木層、低木層、草本層）がよく発達していること。
- ・森林自体の群落高が高く、密に茂った高木層を形成していること。

スギやヒノキのような針葉樹の一斉造林地が広く見られます、このような森林は燃えやすく、樹冠火になりやすい構造をしています。従って、こういった森林の造成にあたっては、尾根筋や岩石地、林道周辺、溪流沿いなどには、積極的に防火性の高い広葉樹を利用した防火力の高い森林を導入していく必要があります。

ア 山火事被害の未然防止のための施業方法

(ア) 下草刈り

施業方法として考えられる取り組みとしては、林床の手入れ（下草刈り）があります。山火事が発生しやすいのは、森林が道路と接する部分、田畑と接する部分など林縁部です。これは着火しやすいススキやシダ類などの草本類が繁茂していたり、落葉・落枝などの地表可燃物が多くかつ乾燥しやすくなっているためと、「タバコの投げ捨て」「たき火」「畦焼き」の場所となるからです。したがって、このような林縁部に不特定多数の人間が通過するような場所では、できるだけ草本類などの可燃物を刈り払うだけでなく、取り除いておくことが重要となります。

イ 山火事の復旧のための施業方法

(ア) 植栽

復旧のために行われている施業は、治山事業で実施されている植栽方法が基本となると考えられます。

なお、平成6年以前は、山火事跡地の復旧には痩せ地に強いマツ類の植栽が中心でしたが、山火事多発地帯については予防の観点に立って難燃性の常緑樹を中心にして植栽するようになっていきます。

現在、治山事業（保安林改良事業）で行われている植栽方法を示すと以下ようになります。

－施工方法－

- ①焼残木の伐採・整理（植栽場所の確保・粗朶の棚積み）※
- ②階段切付け（表面水の集中流下を防ぐ）※
- ③植栽

- ・植栽樹種：ウバメガシ、ヤマモモ、ヤマザクラ、クヌギなど
（施工箇所の状況に応じ、郷土樹種など現地に適合したもの）
- ・植栽本数：上記の樹種を混植し、合計で5,000本/ha程度



階段の切付作業（治山事業：倉敷市）

※山火事発生地では、火災後土壌養分は流亡しやすい状態となります。これを防止し、また①焼残木の整理と②表面水の集中流下を防ぐ、という両方の目的も兼ねた施業（補助作業）で、比較的簡単に行える方法を紹介します。これは、岡山大学農学部嶋助教授らの研究によりその効果が明らかになった作業で、その土壌養分保持効果により早期緑化を図ることも有効であることが認められています。

作業方法は、焼残木を伐倒して等高線上に並べるもので、ポイントは伐倒木が上方から流れてくる水をせき止めることができるように、できるだけ地面に密着するように配置すること、及び、山火事後できる限り早くこの補助作業を実施することです。

この作業により、並べた焼残木が燃焼灰や有機物の堆積を促し、養分が保持されることで実生の樹木の生長が促進されることが検証されています。この手法は傾斜が 30° を超える斜面でも萌芽由来の樹木より実生個体の旺盛な成長を促しているなど、早期緑化の補助効果を十分果たすものとなっています。

(3) 松くい虫被害地における施業方法等

現在、本県の試験研究機関において、松林の健全化に関する技術研究が進められています。未だ確立されていないのが実情です。

このため、被害が小規模な場合は、薬剤散布、被害木の伐倒を行うなど松くい虫被害の拡大を防ぎ、被害が大規模な場合には、伐倒後あるいは被害跡地（未立木地）に天然更新や人工造林による松林の造成を行うことが中心となります。

(ア) 松くい虫の防除

松林の整備にあたっては、松くい虫の被害対策が不可欠となります。防除方法としては、被害木を焼却するほか、薬剤による処理が効果的です。

①伐倒駆除

被害木を伐倒後、薬剤散布や焼却、くん蒸処理などをして、林内にいるマツノマダラカミキリの幼虫を駆除することによって次の年の発生源を絶ちます。

②薬剤の散布

マツノマダラカミキリが松の若枝を食害する時期に、健全松林の樹冠部に薬剤を散布し、マツノザイセンチュウの運び屋であるマツノマダラカミキリの成虫を駆除することによって被害を予防します。

③薬剤の樹幹注入

あらかじめ、殺（抗）線虫剤を健全な松の樹幹に注入しておくことによって、侵入してきたマツノザイセンチュウの活動を弱らせます。

(イ) 天然更新（母樹保残法）

種子生産量と種子の飛散範囲を考慮して、理論的に必要な母樹を残し、5～8割以上の上層木を伐採する方法です。

この方法は、種子生産量が多く、痩せ地も生育するマツ類に適しているが、林床にあたる陽光が多くなるので、肥沃な林地では競合する植生が繁茂し、発生した稚樹の成長が阻害されやすくなります。

(ウ) 人工造林

人工造林には、松くい虫被害に対して抵抗性の強いマツ（岡山県では、平成14年から「桃太郎松」の山行苗木が供給されている）の苗木を使用します。

苗木は、樹幹が曲がりやすい性質を有しているため、植え付け本数は少なくとも5,000本/ha以上が望まれます。

参考・引用文献

- ・ 太田猛彦・北村昌美・熊崎実・鈴木和男・須藤彰司・只木良也・藤森隆郎編(1996)：森林の百科事典
- ・ 太田猛彦(1996)：森からみる地球の未来4巻「水と土をはぐくむ森」
- ・ 全国林業改良普及協会(1999)：森のセミナーNo.2「くらしと森林」
- ・ 中野秀章・有光一登・森川靖(1989)：森と水のサイエンス，日本林業技術協会
- ・ 林野庁監修(1998)：林業技術ハンドブック，全国林業改良普及協会
- ・ 檜山徳治・高橋啓二・土井恭次・坂上幸雄(1974)：林木の気象被害，日本林業技術協会
- ・ 岡山県(1994)：松くい虫防除のあゆみ
- ・ 長崎屋圭太(2004)：森林保全整備事業計画の策定－森林の整備保全の定量的な成果の設定をめぐって，森林技術 749
- ・ 平川昇・中村昭一(1985)：冠雪害防止技術に関する調査研究－被害の発生要因解析－，福県林業試験場研究報告
- ・ 石川政幸(1987)：冠雪害－発生のしくみと回避法－，わかりやすい林業研究解説シリーズ 83，(財)林業科学技術振興所
- ・ 松田正宏(1983)：スギ造林木の形状比と冠雪被害形態，94回日林論
- ・ 小野寺弘道(1990)：雪と森林，わかりやすい林業研究解説シリーズ96，林業科学技術振興所
- ・ 浅村忠夫(2001)：岡山の治山史，岡山県治山林道協会
- ・ 大橋慶三郎(2001)：道づくりのすべて，全国林業改良普及協会
- ・ 酒井秀夫(2004)：作業道，全国林業改良普及協会
- ・ 松浦純生(2004)：平成16年台風23号による玉野市豪雨災害現地調査コメント
- ・ 森林保険研究会(1997)：森林保険事故認定の手引き
- ・ 林野庁(2004)：平成15年度森林保険事業統計書
- ・ 苅住誠(1979)：樹木根系図鑑
- ・ 岡山県(2005)：平成16年台風23号森林被害復旧対策検討委員会報告書
- ・ 谷本丈夫(1990)：広葉樹施業の生態学 創文
- ・ 千葉喬三ほか(2001)：21世紀おかやまの新しい森育成指針検討委員会報告書「長伐期施業をめざして」，岡山県
- ・ 千葉喬三ほか(2002)：21世紀おかやまの新しい森育成指針検討委員会報告書「里山林の整備・活用方法」岡山県
- ・ 千葉喬三ほか(2001)：21世紀おかやまの新しい森育成指針検討委員会報告書「針葉樹の人工林を針広混交林や広葉樹林に適正に誘導する方法」岡山県
- ・ 岡山県(2004)：第29号岡山県林野火災の状況と対策
- ・ 廣野正樹・嶋一徹・タンジャ・マハマドゥ・山本裕三・千葉喬三(2001)：山火事跡地斜面における植生回復について－山火事後2年間の変化－，日本緑化工学会誌第27巻第1号
- ・ 廣野正樹・嶋一徹・千葉喬三(2002)：山火事跡地における早期緑化の補助作業－燃え残り樹幹の伐倒処理－，日本緑化工学会誌第28巻第1号
- ・ 林野庁監修(2000)：治山技術基準解説，日本治山治水協会
- ・ 岡山県：岡山県治山事業設計書作成要領(2000改訂版)
- ・ 岡山県(2004)：おかやまの治山