

「災害に強い森林づくり」の評価のための ガイドライン

～「みえ森と緑の県民税」を活用した災害緩衝林整備事業～

平成 31 年 4 月

三重県農林水産部

はじめに

平成23年9月初めに紀伊半島を中心に甚大な被害をもたらした「紀伊半島大水害（平成23年台風第12号に伴う災害）は、死者や行方不明者のほか、人家、店舗、農地などに甚大な被害をもたらしました。

森林においても、各地で山崩れ等が発生し、一部の地域では人家や道路等に土砂や流木が押し寄せました。山崩れには、森林の育成状況が影響する表層崩壊と影響しない深層崩壊があり、紀伊半島大水害で起こった山崩れでは、降り始めからの総降水量が1630ミリを観測する記録的な雨量と長時間の降雨により、深層崩壊が多かったとされています。しかし、小規模ではあるものの表層崩壊が発生した頻度も高く、荒廃した森林や流木の存在等が問題となりました。

そこで、三重県では、この災害を契機として、土砂や流木を出さない災害に強い森林づくりの検討を開始しました。そして、平成26年4月1日より、森林の恩恵を受けている県民の皆様から「みえ森と緑の県民税」をご負担いただき、その一部を、流木や倒木の除去、その周辺での森林の整備に活用させていただいているところです。

本ガイドラインは、そのなかでも、県が進める災害に強い森林づくりの考え方を記載したものであり、なおかつ、事業を実施した箇所において、その後も効果が保たれているかを評価できるように作成したものです。今後の森林施業の参考にしていただき、県内に「災害に強い森林」が拡大していくことに資するものとなれば幸いです。

（参考）表層崩壊と深層崩壊の違い

	表層崩壊	深層崩壊
地質	関連が少ない	地質、地質構造（層理、断層等）との関連が大きい
兆候（地形・地下水）	ほとんどない	有る場合がある、クラック、小崩壊、地下水位変動など
深さ	浅い	深い
土質	表層土	基盤
植生の影響	有り	なし
規模	小規模	大規模
発生の頻度	多い	少ない

目次

1	事業導入の背景	1
2	目標とする森林づくり	2
(1)	目指す姿	2
(2)	事業の取り組み方向	3
(3)	実施する場所	4
3	具体的な整備内容	5
(1)	区分	5
(2)	整備内容	6
①	溪流部	7
②	溪岸部	7
③	山腹部	8
4	県民全体で森林を支える	8
5	整備した事例	9
(1)	溪流部（危険木の伐採、除去）	9
(2)	溪岸部（調整伐）	9
(3)	山腹部（調整伐）	10
6	整備目標と評価の方法	11
(1)	整備目標のチェック項目	11
(2)	立木密度と胸高直径の評価方法	11
(3)	整備目標への誘導事例	14
巻末資料		
	評価図（立木の混み具合）	16
	目標直径までの到達年数判定図	17
	三重県災害緩衝林整備指針	18

1 事業導入の背景

平成 23 年 9 月に三重県南部を襲った紀伊半島大水害では、山崩れに伴って流出した土砂や流木が下流の市街地まで押し寄せて、道路や橋梁に被害を与え、山間部のみならず市街地をも巻き込むほどの甚大かつ広域な被害をもたらしました。



橋梁に押し寄せた大量の流木

また、近年、集中豪雨の頻発が顕著となっています。下の図は、本県の「猛烈な雨（1 時間に 80 ミリ以上の雨）」の発生回数を表しており、最近 10 年間（平成 16 年から 25 年）の発生回数は 30 年前の 10 年間（昭和 59 年から平成 5 年）に対して約 3.5 倍に増加しています。



アメダスが観測した 1 時間降水量 80 mm 以上の短時間強雨の発生回数（三重県 20 地点）
三重県新風水害対策行動計画から引用

平成 23 年 9 月の紀伊半島大水害に限らず、近年では平成 16 年 9 月の台風 21 号により旧宮川村（現大台町）が、平成 20 年 9 月の集中豪雨により菰野町が甚大な被害を受けました。

山村地域の過疎化や高齢化などによって荒廃森林の増加が懸念される現状と、集中豪雨の発生状況を併せて考えると、流木災害等を軽減するため、「災害に強い森林づくり」に取り組む必要が生じています。

2 目標とする森林づくり

(1) 目指す姿

目指す森林の姿
① 溪流内には倒木や枯損木などの危険木(*1)が存在しない
② 溪流沿いには、土砂や流木等の流れを弱めるために、胸高直径 30cm 以上(*2)の木々が整備されている
③ 溪流周辺の山腹斜面には、下草が生えて健全な木々が成長し、倒木の発生を防止する、あるいは倒木が溪流へ流入するのを防止する森林が整備されている



この写真は、まだ、胸高直径が 30 cm 以上には成長していませんが、目標にしたい森林の姿はこのようなイメージです。

*1 「危険木」とは、豪雨時等に流出するおそれのあるもので、流木や倒木、枯損木のほかに、傾斜木、根の浮き出し等があり容易に流出するものや、胸高直径が 30cm 未満で今後成長する見込みのない生育不良木をいいます。

*2 胸高直径とは、地上 1.2m 位置の幹の直径をいいます。

また、30cm以上としているのは、立木の引き倒し試験の結果に基づいたものです。直径30cmの立木にかかる土石流の流体力モーメントを、土石流のピーク流量を100m³/s（土石流のピーク流量は巨大なものを除けばおおむね10～1000m³/s程度）で計算すると、平均的に18kN・mと計算できます。

それに対して、直径30cmのスギやヒノキの抵抗モーメントは、引き倒し試験の結果、約50kN・mという数値が出ており、計算上は倒伏することはないと考えられます。

なお、土石流の規模はまちまちであり、緩衝林の場所の条件（溪流の幅や傾き）によっても、土石流の流体力は大きく異なります。あくまでも平均的な規模、平均的な条件での計算であることが前提となっています。

（2）事業の取り組み方向

三重県では「みえ森と緑の県民税」を活用して「災害緩衝林整備事業」を実施することにしました。

「災害緩衝林整備事業」では、（1）の目指す姿に向けて森林の土砂災害防止機能を高めることを主目的とし、「土砂災害の発生時でも流木等が出にくい森林づくり」を行います。

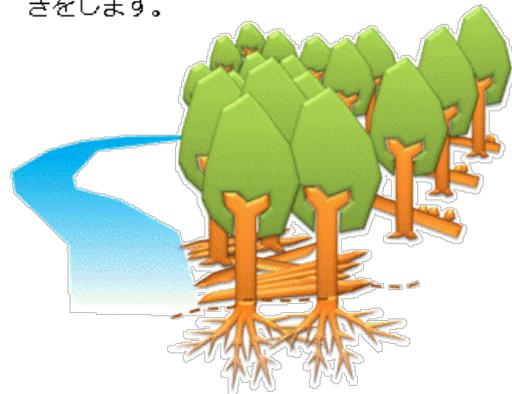
①溪流内に堆積している流木や倒木、枯損木等は、豪雨時に流れ出して下流の河川や人家まで押し流されるおそれがあります。溪流内の水が流れるところには、そうした「危険木」がない状態を目指します。

②森林は、水源のかん養や生物多様性の保全のほかに、土砂災害を防止する機能を有しています。森林内の木々が、根を地中に網の目のように張り巡らしており、斜面の土壌を固定しています。幹が太いほど、土壌をしっかりと固定し、上流から流れてくる土砂等の流れを遅くします。

③伐採した木を等高線上に置くことは、小さな土留めのような効果を生み

（樹木の働き）

健全な木は、根を網目のように広げて土砂をしっかりと固定しており、杭のような働きをします。



ます。表面の土砂が下方へ流れるのを防ぎ、植生の生育を促し、山崩れや崖崩れなどの土砂災害を防止します。

このようにして、溪流からの危険木の除去やその周辺の森林を整備することにより、台風等が発生した場合でも、下流の河川や人家等に流木等が出にくい「災害に強い森林づくり」を行います。

(3) 実施する場所

本事業は、森林法第2条に定義する森林（*1）の溪流沿いの森林を対象に実施します。

実施箇所の選定については、溪流内に存在している危険木の状況を確認したうえで、下流の人家や道路などの保全対象への影響度合いを考慮して、実施する箇所を決めています。

*1 森林法第2条 この法律において「森林」とは、下（原文は「左」）に掲げるものをいう。但し、主として農地又は住宅地若しくはこれに準ずる土地として使用される土地及びこれらの上にある立木竹を除く。

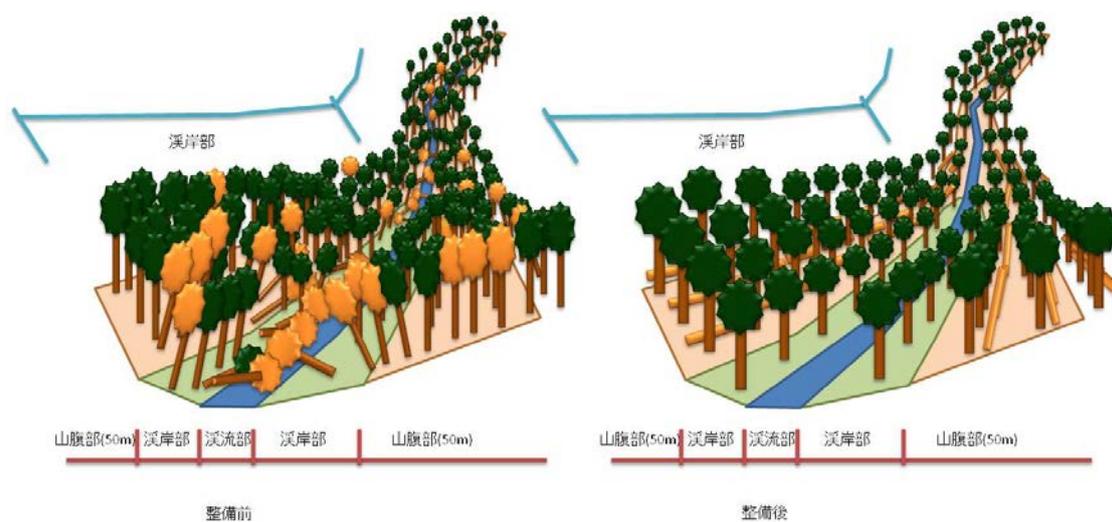
- 一 木竹が集団して生育している土地及びその土地の上にある立木竹
- 二 前号の土地の外、木竹の集団的な生育に供される土地

3 具体的な整備内容

(1) 区分

本事業では、整備の対象となる森林を大まかに次の3つに区分しています。

区分	場 所
溪流部	想定する洪水流の流れ幅の範囲
溪岸部	想定する土石流の流れ幅は、比較的平坦な森林、又は過去に土石流等が発生した痕跡等がある範囲を対象 ※溪流の傾斜が概ね 10 度以下の範囲
山腹部	山腹斜面の傾斜が急になり始める山裾から尾根までの範囲 ※木が倒れても溪流に到達するまでに止まるように樹高の 3～4 倍程度の範囲（山裾から概ね 50m）



(2) 整備内容

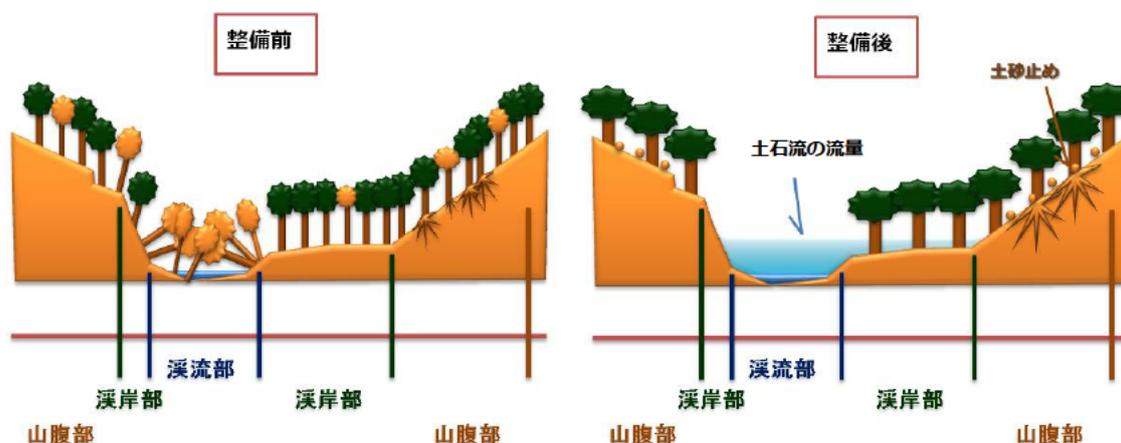
(1) の区分ごとの目標とする森林整備の内容は、次のとおりです。

(目標とする森林状態)

区 分	状 態
溪流部	・危険木が存在しない
溪岸部 ※溪流の傾斜が概ね 10度以下の範囲	・危険木が存在しない ・胸高直径 30cm 以上の木々で構成された森林
山腹部 ※山腹斜面の傾斜が急 になり始める山裾から 概ね 50mの範囲	・立木の密度が適正な森林 ・伐採木による土砂止めが設置された森林

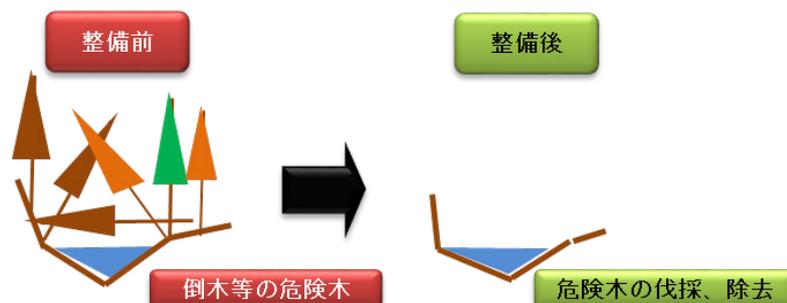
(整備の内容)

区 分	内 容
溪流部	・危険木の除去
溪岸部 ※溪流の傾斜が概ね 10度以下の範囲	・危険木の除去 ・調整伐の実施、伐採木の除去
山腹部 ※山腹斜面の傾斜が急 になり始める山裾から 概ね 50mの範囲	・調整伐の実施、伐採木による土砂止め



① 溪流部

溪流部では、台風等の豪雨時に流れ出すおそれのある危険木を伐採します。また、伐採した木は、流木になるおそれのないところへ除去します。



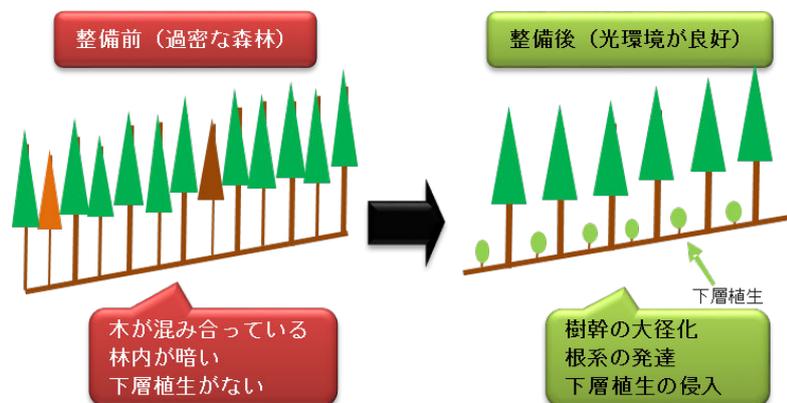
② 溪岸部

溪岸部では、溪流部と同様に、危険木を伐採します。また、上流から流れてくる倒木等を受け止めて、流れる速さが弱められるように、立っている木々の幹を太くするための整備を行います。

そこで、立っている木を間引いて本数密度を低くする「調整伐」を行うこととし、間引く木々の本数は面積あたりの立木本数や胸高直径などを参考に決めます。

また、立木間隔は、上流から流れてくる流木等が通過しない程度とし、下流に流れ出さないように配慮します。加えて、急激に本数を減らすことは強風による倒木発生の危険性を高めてしまうため、一度の整備で極端に本数密度を低くすることを避けます。

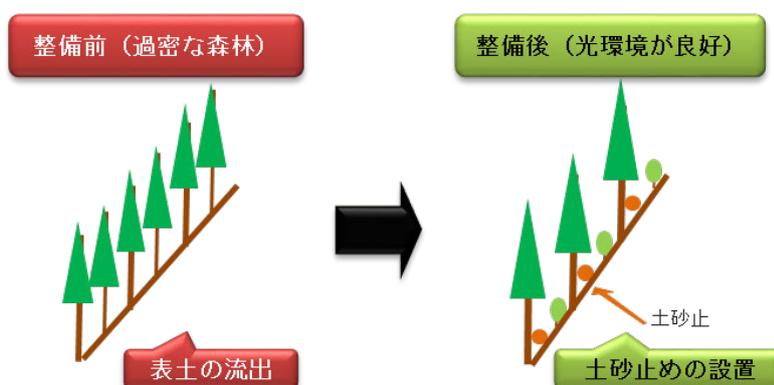
なお、間引きにより伐採した木は、流木になるおそれのないところへ除去します。



③山腹部

山腹部では、溪岸部と同様に、木々を間引いて本数密度を低くする「調整伐」を行います。間引く木の本数は、面積あたりの立木本数やそれぞれの木の胸高直径などを参考にして決め、一度の整備で極端に本数密度を低くすることを避けます。

なお、調整伐を行う範囲は、木が倒れても溪流に到達するまでに止まるように樹高の3～4倍程度とし、溪岸部から概ね50mの範囲を目安とします。また、間引きにより伐採した木は、等高線方向に並べて土砂止めとして活用し、山腹斜面の表土の侵食防止に役立てることとします。



4 県民全体で森林を支える

災害緩衝林整備事業は流木の発生対策を目的とした事業であり、特に山腹部においては、溪岸部から概ね50mの範囲で調整伐を行うこととしています。しかし、山崩れは溪流から尾根までの範囲で、どこでも発生する可能性があります。

そのため、流域全体を視野に入れて、森林整備事業者、企業やボランティア、森林所有者の方々を始め、県民全体で森林を守っていく必要があります。

また、県が行う事業に、木材生産を目的として健全な森林の造成や保育を行う造林事業があります。森林所有者や団体が行う植栽や下刈り等に支援し森林の手入れを促すことで、ひいては木々の成長が促進され、幹の大径化及び根系の発達につながります。

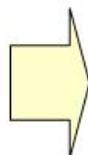
5 整備した事例

(1) 渓流部（危険木の伐採、除去）

台風などの災害により渓流内に堆積していた倒木を、現場外へ搬出しました。このことにより、現に流れ出すおそれのあった危険を取り除くことができました。



整備前



整備後

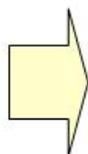
(2) 溪岸部（調整伐）

渓流内に堆積していた倒木を除去するとともに、その周辺の溪岸部において過密になっていた木々を間引きし、伐採した木を現場外へ搬出しました。

これらの整備により、現に流れ出すおそれのあった危険を取り除いたとともに、今後は、溪岸部に立っている木々の幹が太くなり、根が地中に張り巡らされることで、上流から流れてくる流木等の流速を弱め、下流に流れ出すのを防げるようになります。



整備前



整備後

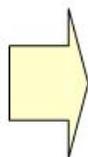
(3) 山腹部 (調整伐)

山腹斜面に過密に立っている木々を間引きし、伐採した木は山腹斜面の等高線方向に並べて、土砂止めとして利用しました。

今後、木々の根が地中に張り巡らされることで、山腹斜面での倒木や小規模な崩壊、さらに山腹斜面の表土が溪流に流入するのを防げるようになります。



整備前



整備後



土砂止めにより、表土流出を防止

6 整備目標と評価の方法

(1) 整備目標のチェック項目

事業の効果を評価する項目は以下のとおりです。

項目	溪流部	溪岸部	山腹部
危険木の発生	有無	有無	－
胸高直径	30cm 以上	30cm 以上	30cm 以上
立木の混み具合	樹高と立木密度をもとに「評価図（立木の混み具合）」（巻末資料の付図－1）で判定		
相対幹距比 Sr(*2)	－	17～22	17～22
形状比(*3)	－	80 以下	80 以下
樹冠長率(*4)	－	20%以上	20%以上

※1 胸高直径は、伐採後すぐに改善されず、木の成長に伴い徐々に改善されるものです。

※2 上層木の平均樹高に対する立木の幹と幹の間の距離の平均値の割合。

$$Sr = (100/\sqrt{N})/H \times 100 \quad N: \text{立木密度 (本/ha)}、H: \text{樹高 (m)}$$

※3 樹高を胸高直径で除した値。80 以上では気象害を受けやすいとされています。

$$\text{形状比} = \text{樹高 (cm)} / \text{胸高直径 (cm)}$$

※4 樹冠長を樹高で除した値。樹冠長とは、枝や葉が茂っている部分の幹の長さ。樹冠長率が 20% ぐらいまで低下すると今後の成長が見込めないとされています。

$$\text{樹冠長率} = \text{樹冠長 (m)} / \text{樹高 (m)} \times 100$$

なお、整備前の森林の状態によっては、事業実施後すぐに改善できない項目もあります。

また、木は成長し続けるため、山崩れを防ぐ機能を保つには調整伐を行った後も手入れを行い、適正に維持管理を続けていく必要があります。

(2) 立木密度と胸高直径の評価方法

現地で調査できる立木本数や樹高、胸高直径をもとに、立木の混み具合を確認することのできる「評価図（立木の混み具合）」（巻末資料の付図－1）を掲載しました。

また、併せて目標達成までにあと何年かかるかを示す「目標直径までの到達年数判定図」（巻末資料の付図－2，ヒノキは付図－3）を掲載しました。

これらに基づき、森林の現在の状態を評価することができます。

皆さんで評価してください。

①まずは整備後の森林を調査してみます。

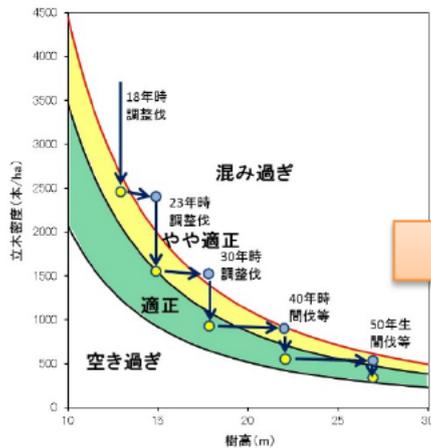
次のページの「調査の方法」で紹介する方法で森林を調査します。

②調査した樹高と立木密度をもとに、立木の込み具合を調べます。

(相対幹距比による施業評価)

横軸が樹高、縦軸が立木密度となっている「評価図(立木の混み具合)」

(「巻末資料」の付図-1)に調査結果を書き入れてみましょう。



○調査結果を落とした位置が緑色なら「適正」に整備が行われています。

△黄色なら「やや適正」。

×緑色、黄色以外は問題があります。

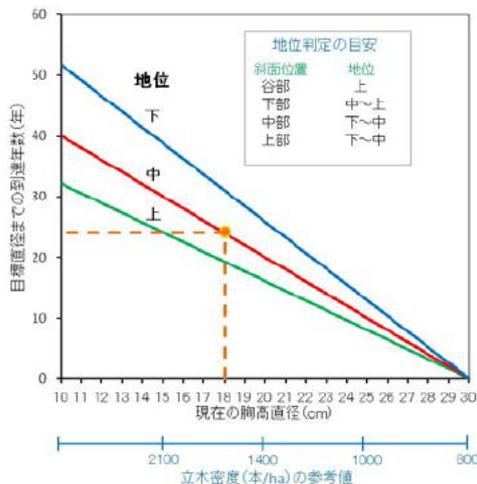
※整備前の森林の状態によっては、すぐに緑色や黄色に誘導できない場合もあります。

③調査した直径をもとに、目標に到達するまでの年数を調べます。

(胸高直径による目標林型への到達度の評価)

この事業では、立木の胸高直径が 30cm 以上になることを目標としています。下図はスギの場合の直径が 30cm になるまでの「目標直径までの到達年数判定図」です(「巻末資料」の付図-2、ヒノキは付図-3)。

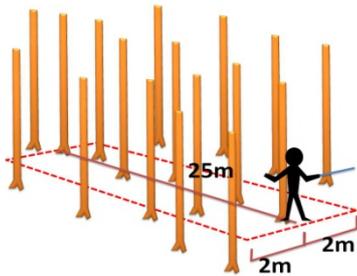
目標に達するにはあと何年かかるのでしょうか？ 調査結果から胸高直径のデータを書き入れてみましょう。



図の例(直径 18cm、地位「中」)では、適切な管理を続けることで、あと 24 年程度で目標直径に達します。

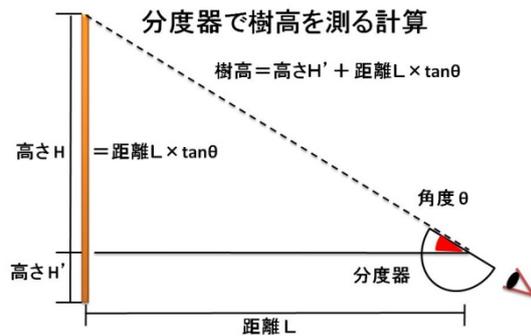
調査の方法

- 1 施工地の代表的な場所を選定し、100m²の調査区を設定します。溪流に沿ってロープを25m張り、左右それぞれに2m以内の木を測ります（25m×4m=100 m²）。片手を広げた状態（体幅40cm、腕長70cm）に登山用ポールや杖（長さ90cm）を持った状態で、25mのロープ沿いに歩く方法が簡単です。



25mの中心線を決め、左右のそれぞれに、ポールの先端が中心から2mになるように持って歩き、ポールに当たる木の本数等を調べます。

- 2 調査区内の本数、調査区内の全ての立木の樹種、樹高、枝下高、胸高直径を測定します。樹高、枝下高の測定には測棹や超音波式測高器などの機器がありますが、分度器を使って測ることもできます（右図）。また、胸高直径は巻尺や輪尺を用いて測定します。



- 3 調査結果から、立木密度（本/ha）、平均樹高（m）、平均枝下高（m）、平均胸高直径（cm）を算出します。立木密度は調査結果の「本数（本/100m²）×100」で計算できます。平均樹高、平均枝下高、平均胸高直径は調査区内の全ての立木の測定値の平均値です。

測棹



超音波式測高器



巻尺



輪尺



(3) 整備目標への誘導事例

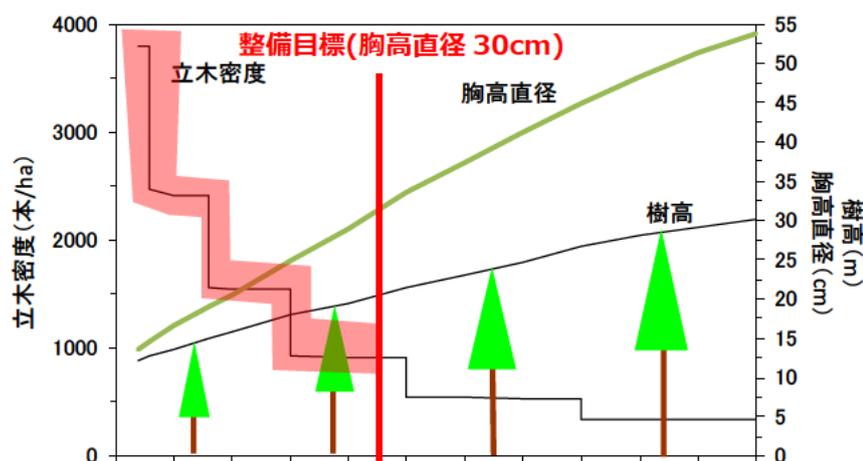
平成 26 年度に実施した箇所のデータを使って、過去の実績を参考にして、今後の施業例を作成してみました。同時に (2) の評価図を用いて、それぞれの調整伐の段階における立木の混み具合を調べました。

・平成 26 年災害緩衝林整備事業 (熊野市)

林齢 18 年生のスギ林で、立木密度 3800 本/ha、地位は「上」の溪岸部において、調整伐により立木本数の 35%を伐採しました。

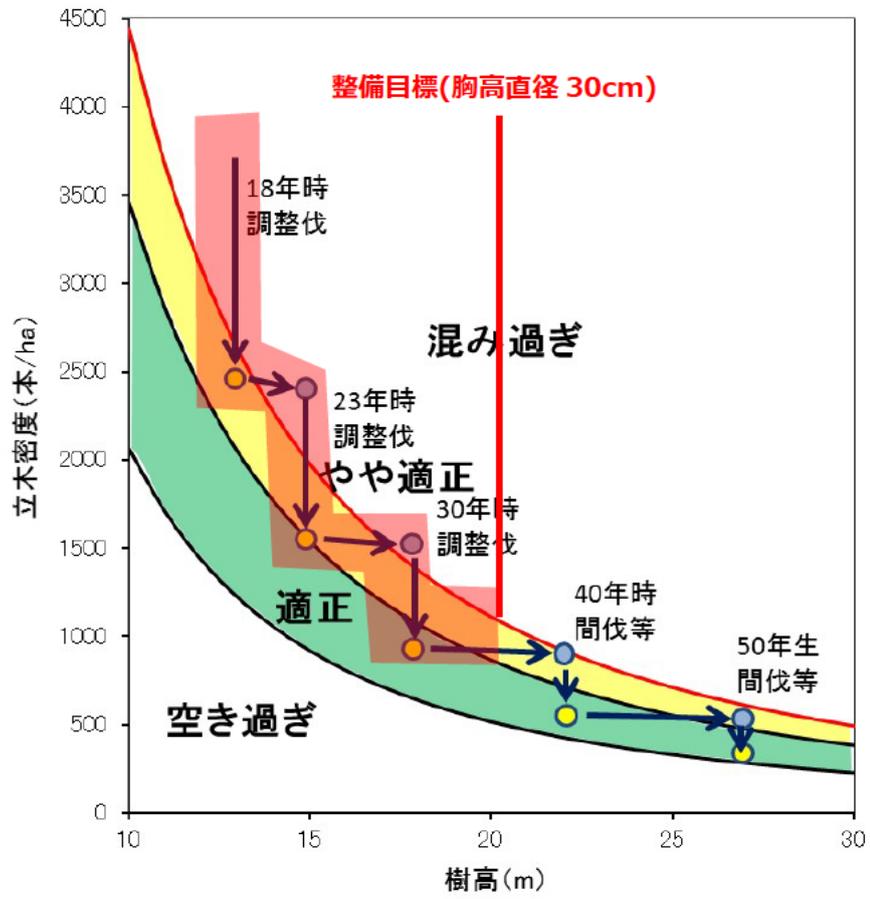
1 回目の調整伐では、もともとの立木密度が高かったこともあり、混み具合は評価基準の「やや適正」(評価図において黄色の部分)のレベル(範囲内)になっています。

今後 5~10 年間隔で間伐等の手入れを加えることにより「適正」(評価図において緑色の部分)に誘導することができ、胸高直径が整備目標の 30cm に到達する林齢 37 年頃には、「災害に強い森林」が形成されます。



林況	林齢	18	23	30	40	50	60	70				
	樹高(m)	12.8	14.9	17.9	19.4	21.9	23.1	24.4	26.9	28.0	29.1	30.1
	胸高直径(cm)	14.8	19.1	25.1	28.5	33.7	37.1	40.2	45.4	48.6	51.4	53.7
	材積(m ³)	284	338	394	530	484	601	724	624	732	835	934
保育基準	間伐	間伐年	18	23	30	40	55					
		成立本数	3800	2407	1540	904	531					
		間伐率	下層間伐	35%	35%	40%	40%	37%				
		間伐本数	1330	843	616	362	196					
		間伐木胸高直径(cm)	11.0	14.4	20.1	28.1	38.3					
指標値	収量比数Ry	0.84	0.79	0.72	0.74	0.65	0.67	0.69	0.60	0.61	0.63	0.64
	相対幹距比Sr	15.7	17.0	18.4	17.1	19.6	18.7	17.8	20.3	19.6	18.9	18.3
	形状比	86	78	71	68	65	62	61	59	58	57	56

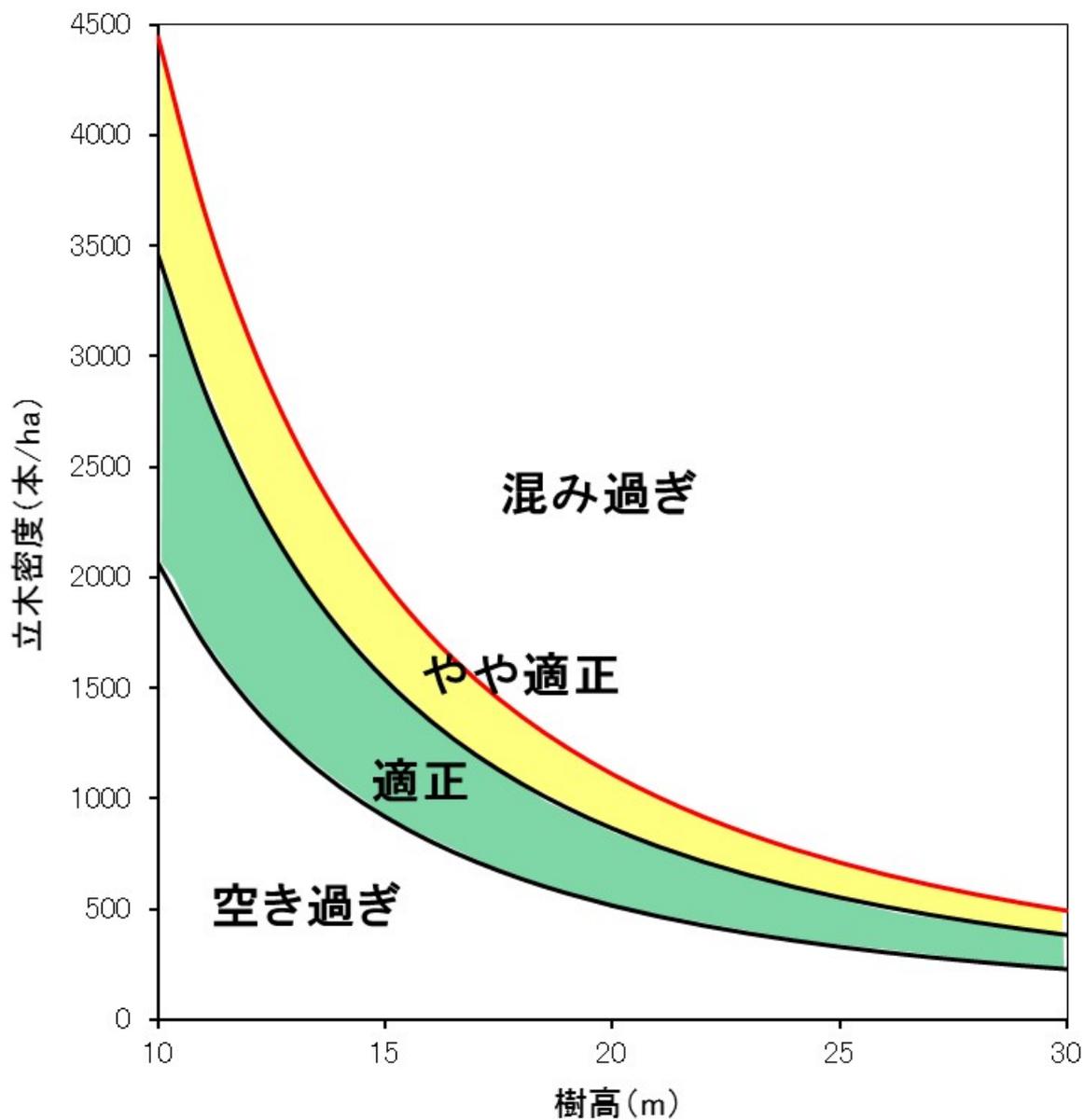
施業例 (平成 26 年災害緩衝林整備事業・熊野市の施業例をもとに)



評価図 (立木の混み具合)

(平成 26 年災害緩衝林整備事業・熊野市の施業例をもとに)

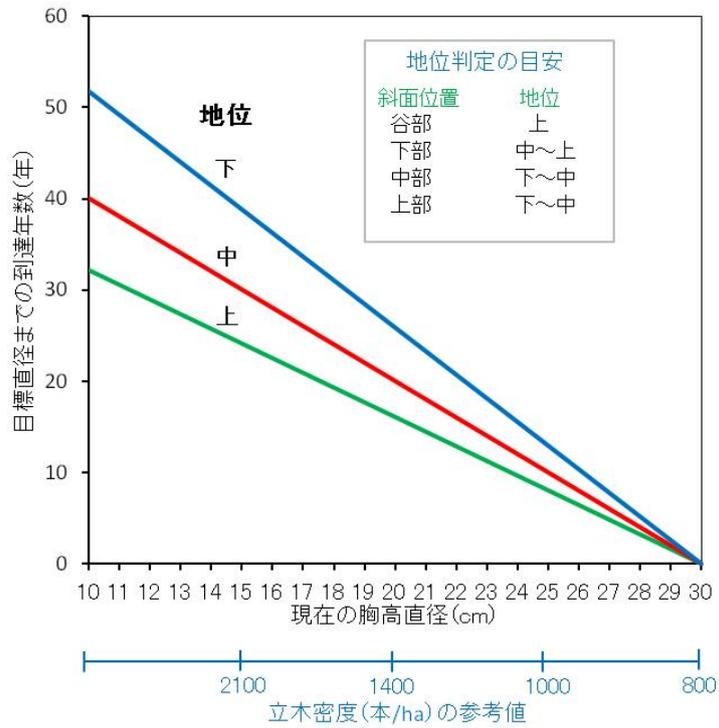
巻末資料



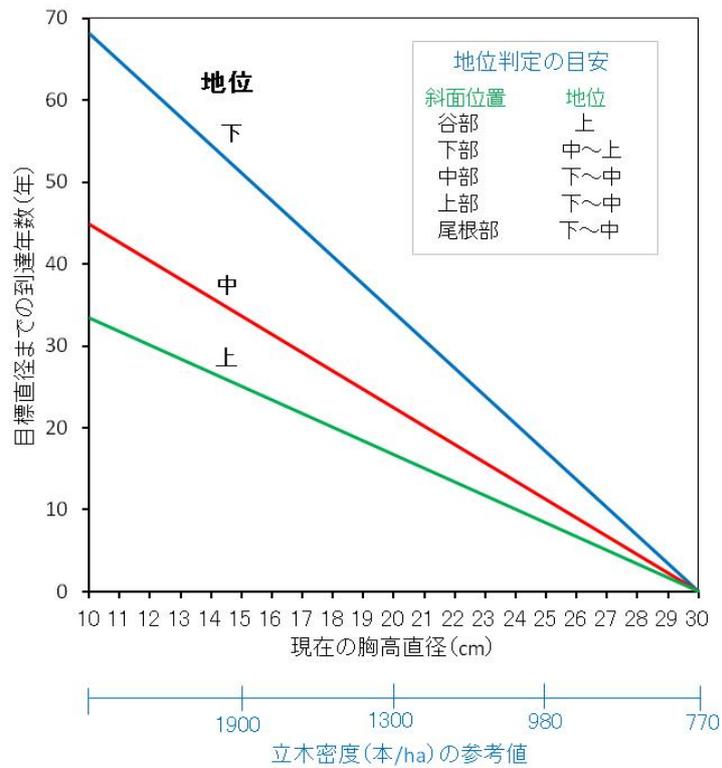
付図-1. 評価図 (立木の混み具合)

この図は、相対幹距比 (p11 参照) による立木の混み具合の評価を簡易に行うものです。各評価の相対幹距比の範囲は下記のとおりです。

- 混み過ぎ . . . ~15
- やや適正 . . . 15~17
- 適正 . . . 17~22
- 空き過ぎ . . . 22~



付図-2. 目標直径までの到達年数判定図 (スギ)



付図-3. 目標直径までの到達年数判定図 (ヒノキ)

三重県 災害緩衝林整備指針

平成 26 年 2 月 三重県
監修 三重大学名誉教授 林 拙郎 信州大学教授 北原 曜

1 背景

近年、林業の衰退等の理由により、森林の手入れ不足が深刻となり、荒廃して山地災害の発生源となる恐れのある森林が増加しています。

そのため、本県では、山地災害から県民生活の安全・安心を守るため、森林の維持・造成を通じて荒廃地の復旧等を進めてきました。

しかしながら、近年では集中豪雨の頻発など異常気象の増加に伴って山地災害が激化しており、平成 23 年 9 月に三重県南部を襲った台風 12 号による紀伊半島大水害では、山崩れに伴って流出した流木や土砂が下流の市街地まで押し寄せて道路や橋梁に被害を与えるなど、甚大かつ広域な被害がもたらされています。

そこで、本県では、これまでの取組に加えて、近年の山地災害に見受けられる流木や土砂流出による被害を低減するため、水が集中する谷地形や侵食されやすい土壌等を立地環境とする溪流沿いの森林において、新たな取組として「災害緩衝林」の整備を進めることとしました。

2 指針の目的

災害緩衝林の整備を進めるにあたり、基本的な事項の整理を行うため、本指針を作成しました。

3 災害緩衝林の定義

本指針で対象とする災害緩衝林とは、「流木の発生を抑制する」、「上流からの流木や土砂、土石流等の流下を緩衝する」、「山腹斜面からの倒木や土砂等の溪流への流入・流出を抑制する」といった災害緩衝機能を発揮する森林を指します。

ただし、ここでいう土石流については、森林・樹木の抵抗機能により最大限抵抗することが可能な規模を想定するものとします。

4 整備対象

災害緩衝林整備の対象は、水が集中する谷地形や侵食されやすい土壌等を立地環境とする溪流沿いの森林において、適正な管理がされておらず、荒廃して、流木や土砂の流出により下流に被害を及ぼす恐れのある森林とします。

5 整備方針

以下の区分において、森林の立地環境に応じた災害緩衝機能の高度発揮を目指した整備を行います。

(1) 溪流部における「流木発生抑制」のための整備

洪水流の影響範囲である溪流部において、流木の発生源とならないよう、豪雨時等に流出する恐れのある危険木の除去を行います。

(2) 溪岸部における「流木・土砂等流下緩衝」のための整備

土石流の影響範囲である溪岸部において、流下する流木や土砂、小規模な土石流等の捕捉・堆積を促進するため、樹幹の肥大成長、根系の発達等、樹木の抵抗機能を向上させる森林整備を行います。

(3) 山腹部における「流木・土砂等流出抑制」のための整備

山腹部において、倒木や土砂等の溪流への流入を抑制するため、樹木の根系支持機能を向上させ、斜面の安定を図る森林整備を行います。

6 適用

本指針は、三重県が施行する災害緩衝林整備に適用します。ただし、関係諸法令に別途定めがある場合においては、それらによるものとします。

災害緩衝林整備事業にかかる評価のための
ガイドライン

作成 平成 31 年 4 月
三重県農林水産部