

災害に強い森づくりの考え方

(京都市三山森林景観保全・再生ガイドライン 追補)



京都市

CITY OF KYOTO

1 はじめに

(1) 三山の現状

京都の市街地を取り巻く三山（東山、北山、西山の総称）は、山紫水明と称えられる京都の自然景観の骨格を成し、かつては林業や薪等の利用の中で適度な手入れがなされ、森林環境が保たれてきました。

しかし、高度経済成長期以降の化石燃料への転換が、森林の利用を停止させ、自然の遷移に委ねるという放置保存＝放棄を引き起こしました。

その結果、三山の森林では、マツノザイセンチュウによるアカマツ林の衰退（マツ枯れ）、カシノナガキクイムシによるコナラ林等の枯死（ナラ枯れ）といった病虫害被害のほか、シカによる食害被害や、木材需要の低迷等から手入れが進まない人工林の増加が続いています。



マツ枯れ



ナラ枯れ



シカによる樹皮剥ぎ

また、そのような森林では、一部の種類の樹木ばかりの大径木化、樹勢の脆弱な木の高密度化、シカの食害によって後継樹が育たない裸地化などが進み、近年の気象状況の激しさと相まって、樹木の倒伏や、土砂流出が急増するなど、災害の危険性が增大しています。



倒れそうな細い樹が密生した人工林



裸地化して土砂流出のリスクが高まった斜面

(2) 本編の目的

平成 23 年に策定された「京都市三山森林景観保全・再生ガイドライン」（以下「ガイドライン」という）は、森林の持つ様々な公益的価値を踏まえ、森林景観・再生のための基本的な考え方を示したうえで、目指すべき森林景観像を導き出し、市民や NPO、事業者等とともに森林景観づくりを進めていくための技術的指針として、三山の森林整備に活用されてきましたが、森林における防災・減災については概念的な考え方を触れるのみになっていました。

そこで本編では、ガイドラインの補完を目的に、三山で発生する災害とはどのようなものであるか、その災害についてどう理解し、対処することが求められるのか、どうすればその災害リスクを低減できるのかについて示しています。



(3) 本編の基本的な考え方

古来より我が国では、土砂崩れを防ぐために森の保全や植樹を行うなど、自然が持つ特性を活用しながら暮らしを営んできました。

本編では、この考え方を踏まえ、先人が残してきた防災・減災の手法に最新の知見を加え、三山の森林を、景観形成や生態系保全等の公益的価値を保持しつつ、できるだけ人工構造物を使用せず、森林の持つ力によって災害に強い形に誘導する手法を示しています。

【森林の持つ力で災害を抑制している事例】

どんなに硬い岩盤であっても、山はやがて風化し土砂の移動を引き起こします。それでも森林が持続的に存在するのは、その土砂の移動を緩やかにし、移動する土砂の規模も大きくならないような働きがあるからです。

京都の三山域で言うと、大文字山以南の東山南部、西山、醍醐山地などは、元々比較的浸食を受けにくい粘土質で、森林が長年にわたって安定していましたが、そこに神社仏閣を建て、石垣を整え、木を植え、常に山地斜面の状態を見守り、必要に応じて手当がなされてきたという防災と文化が一体となった伝統的な仕組みが、更に災害を抑制する働きとなっています。



【ウラジロガシ】

根系を景観に取り入れながら、根系緊縛力により、浮石の移動を抑制している

【ケヤキ・イロハモミジ林】

江戸時代に植栽された防災目的林。根系緊縛力により斜面の土砂移動を抑制している

2 三山で発生する災害

山の岩盤は、風化に伴い石や土となります。それが山の上部から山麓や谷へと運ばれ、粘土化された土は水に溶けて下流へと運ばれます。

また、風化してできた山の表土には植物が生育し、そこから成立する森林の中では樹木が芽吹き、育ち、枯れて倒伏するという循環を繰り返しています。

山地におけるこの過程自体は自然の営みそのもので、これが直ちに災害を引き起こすわけではありません。災害と呼ばれるのは、その土砂の移動や倒伏が、【急激に発生】、又は、【大量もしくは大規模な範囲に発生】して、人々に被害を与えているという場合に限られます。

山地で発生する災害には、山地を成り立たせている基盤（土と石から成る表土やその下部にある岩）自体の移動による場合と、樹木そのものの倒伏による場合の2通りがあります。

また、基盤の移動には、山体の深部から生じる「深層崩壊」と、表層部で発生する「表層崩壊」の2つがありますが、本編ではこの内、森林の生育基盤となる表層部で発生する「表層崩壊」について取り扱います。

三山で発生した表層崩壊を調査したところ、その発生メカニズムにはいくつかのパターンがあることが分かりました。

本編ではそれを4つに整理し、以下の様呼びます。

- | | | | |
|------|------------------|------|------------------------------|
| 表層崩壊 | ┌
├
├
└ | クズレ型 | : 水の勢い等で表土が浸食され、不安定化し崩壊 |
| | | ハクリ型 | : 急な岩、斜面で、谷地形の側面が薄く剥がれるように崩壊 |
| | | ヌケ型 | : 突然陥没し、表土が流亡 |
| | | スベリ型 | : 表土の塊が斜面下方に向かって動く小規模な地滑り |

この4つに、落石、倒伏を加えた6つが、京都の三山で発生する一般的な災害と言えます。

(1) クズレ型

集中豪雨や地震などによって地盤が緩み不安定化した結果、急激に斜面（地盤の一部）が崩落する現象。

比較的緩やかな尾根筋から斜面上部側面で斜面勾配の変化する付近、斜面上部の谷の始まり（ゼロ次谷）、その他不安定化した急斜面にみられます。

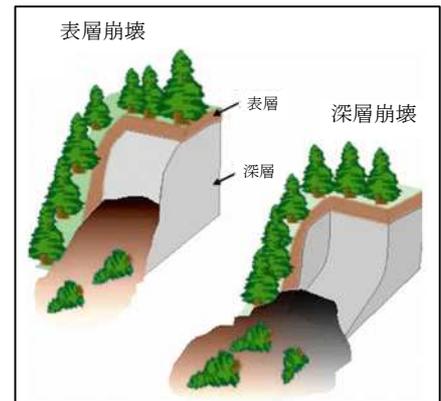


(2) ハクリ型

狭い谷あいなどの側面にみられる急斜面で、亀裂を起点に表土が剥がれ落ちるように比較的小規模に崩れる現象。樹木の倒伏が引き金になる場合が多いですが、集中豪雨や台風の降雨やシカによる踏圧によってもたらされる場合もあります。



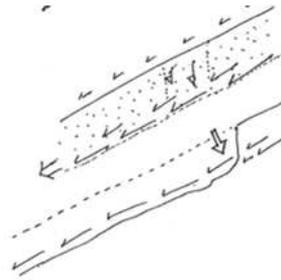
倒伏に巻き込まれ、剥がれた斜面



国交省資料に加筆

(3) ヌケ型（土砂流出陥没）

必ずしも急峻とは言えない斜面，凹型地形で，突然，表土が陥没し，土砂が押し出される現象。伏流水が地中内の細かい土粒子を吸い出すことで起こります。



陥没した穴の側面

(4) スベリ型（小規模地滑り）

主に，伏流水，浸透水など土中の水の移動に伴い，岩盤や緻密な土に沿って滑り面が形成され上に載っている表土が動く現象。

地震などの作用によって急激に大きく土砂が面的に移動する場合と，自重によって緩慢に表土が斜面下方にずれる場合があります。三山で発生するスベリ型の場合，クズレ型のように土が大きくかく乱されることは少なく，そこで育つ樹木がそのままの状態で斜面下方にずれることが多くあります。



(5) 落石

土中に埋まっていた石や，基盤岩から剥がれた石が，クズレ型やハクリ型の発生によって斜面を転がり，あるいは落下すると落石となります。通常は，大雨や台風，地震後に発生することが多いのですが，乾湿・寒暖の差が大きい場合にも風化が促進されて落石が発生することがあります。



(6) 倒伏

樹木の倒伏は，強風や着雪，病虫害による枯損などの様々な要因によって樹木を支える力学的な平衡状態が取れなくなったことにより生じます。

倒伏は，幹の途中で折れる「幹折れ」と，根系基盤が周囲の土壌から引き剥がされるように転倒する「根返り」に分類されます。倒伏に至らずに傾いた状態に留まる「傾斜」や「屈曲」の場合もあります。



根返り



幹折れ

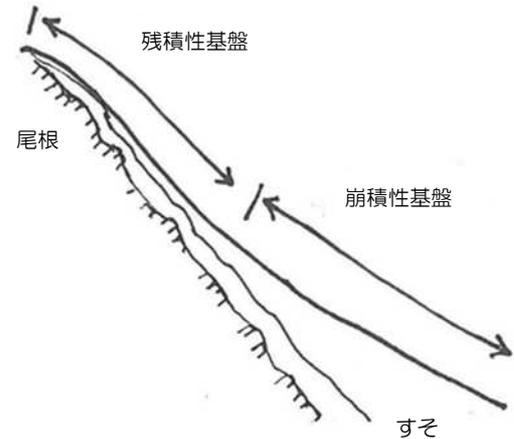
3 災害に強い森づくり

三山の災害を分析すると、土砂移動や倒伏が発生するのは、基盤に十分な根が広がっていなかったり、不健全な育ち方をしていることに大きな要因があることが分かりました。

そこで本編では、立地特性に合わせて適切な樹木を育成すること（適地適木という）で、樹木の健全な生育と、根系の持つ力を発揮させ、三山の森林を災害が起きにくい形に誘導します。

山地の斜面では、崩壊や浸食によって土の移動が発生していますが、尾根に近く、あまり移動していない土を残積性基盤、斜面のすそ付近まで移動して溜まった土を崩積性基盤と呼びます。

京都三山の基盤を構成している岩には、主に花崗岩、チャート、水はけの良い堆積岩及び水はけの悪い堆積岩がありますが、これに残積性と崩積性の観点を加えると、三山の基盤は大きく6つに分けることができます。



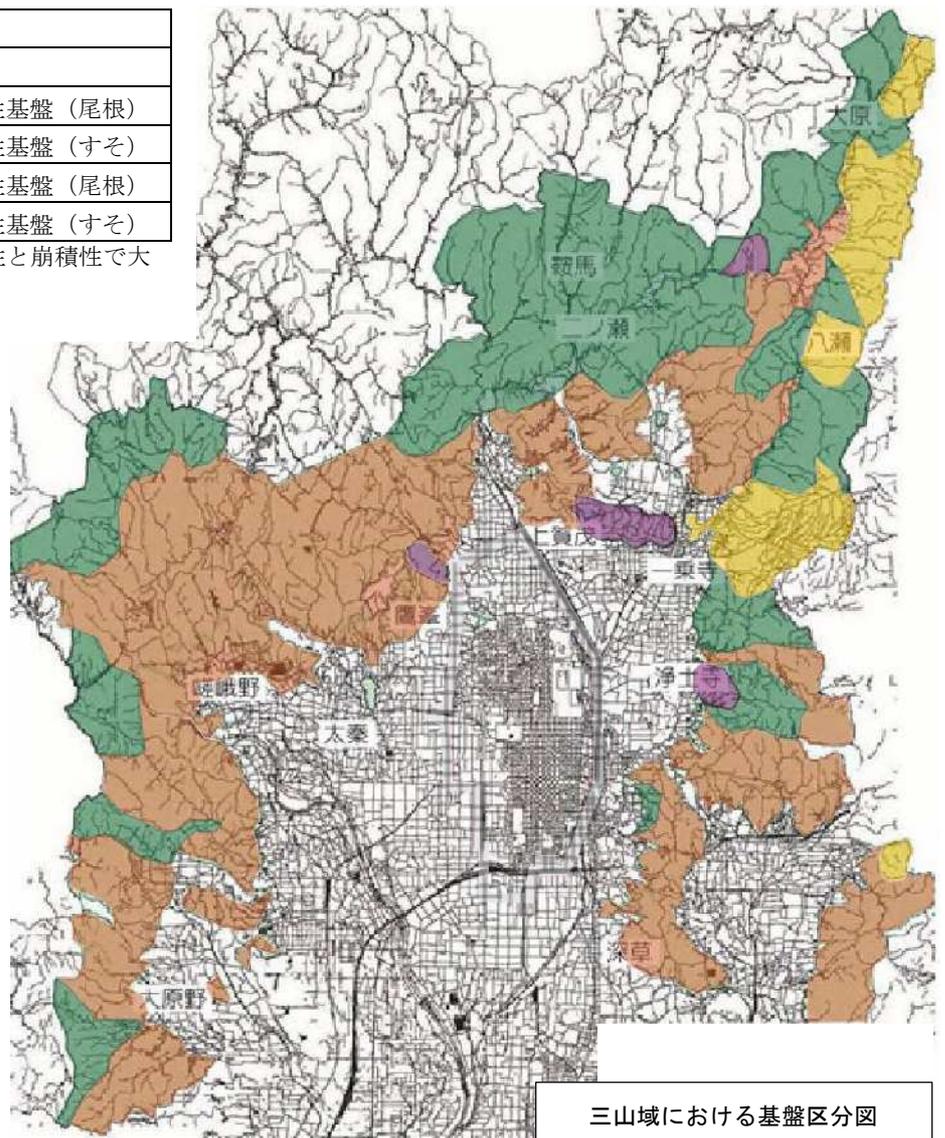
	花崗岩マサ土
	チャート
	水はけの良い堆積岩の残積性基盤（尾根）
	崩積性基盤（すそ）
	水はけの悪い堆積岩の残積性基盤（尾根）
	崩積性基盤（すそ）

花崗岩マサ土、チャートは残積性と崩積性で大きな性質の差はない

残積性の堆積岩
 ・土粒子は緻密
 ・礫の向きは揃う



崩積性の堆積岩
 ・土粒子は粗い
 ・礫の向きは不揃い

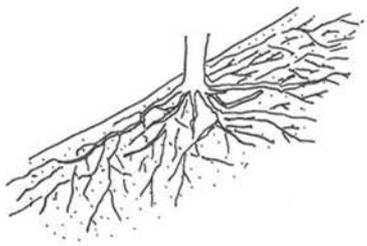


(1) 適地適木の考え方

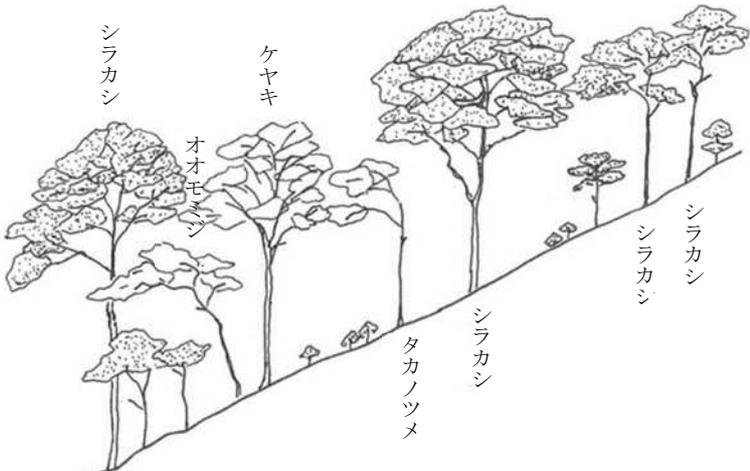
6つに分けた基盤区分それぞれに適した樹木の例を以下に示します。

花崗岩マサ土

クズレやスベリを抑制するため、
広範囲に根系を展開する樹種が適する。

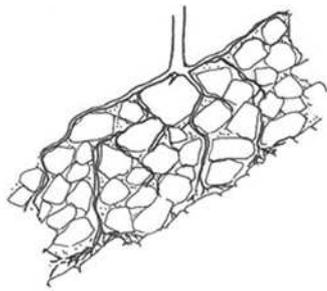


例：シラカシ、モミ、アカンデ、
オオモミジ、タカノツメなど

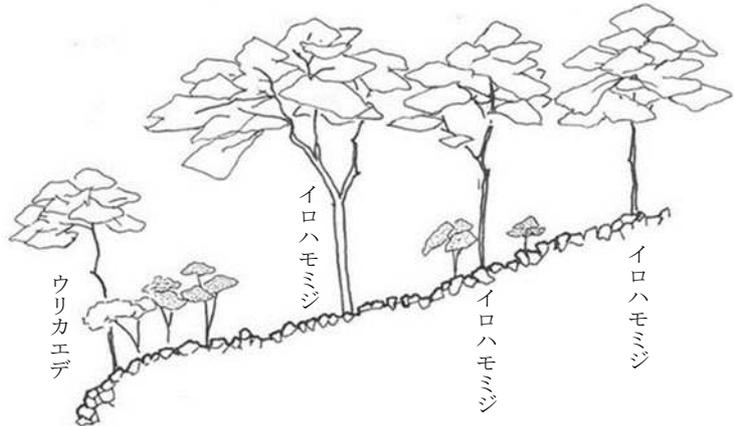


チャート

基盤の礫の隙間に根を伸ばし、
クズレを抑制する樹種が適する。



例：イロハモミジ、ウリカエデ、
ムラサキシキブ、タムシバなど

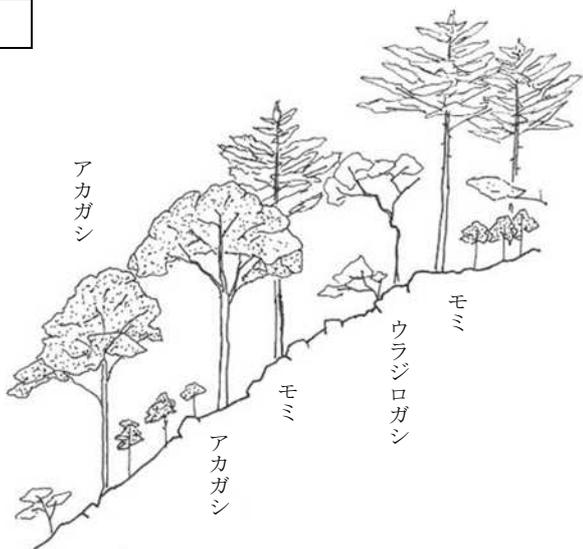


水はけの良い堆積岩の残積性基盤（尾根）

礫分の多い基盤で、浮石を抱えて固定し、
クズレや落石を抑制する樹種が適する。

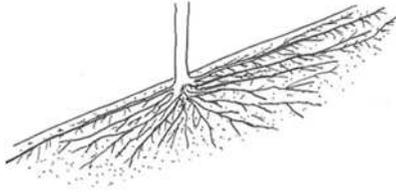


例：ウラジログシ、モミ、アカガシ、
オオモミジなど

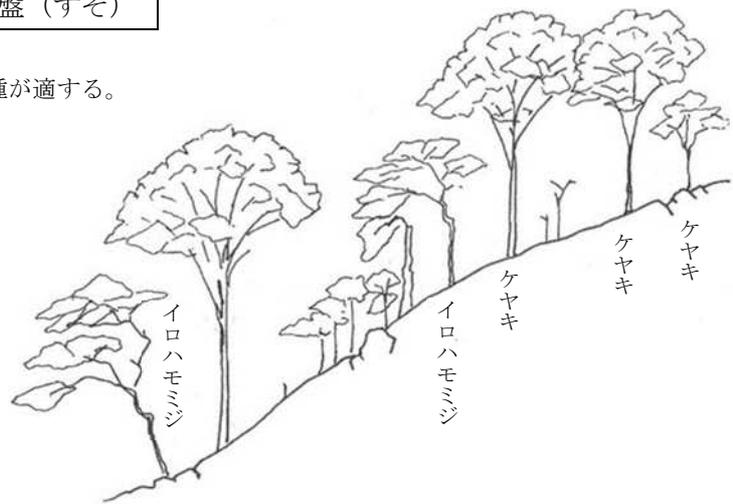


水はけの良い堆積岩の崩積性基盤（すそ）

基盤内に細かい根が広範囲に展開し、
細粒分が流される（ヌケ）を抑制する樹種が適する。



例：ケヤキ、トチノキ、ツクバネガシ、
ヤマザクラ、イロハモミジなど

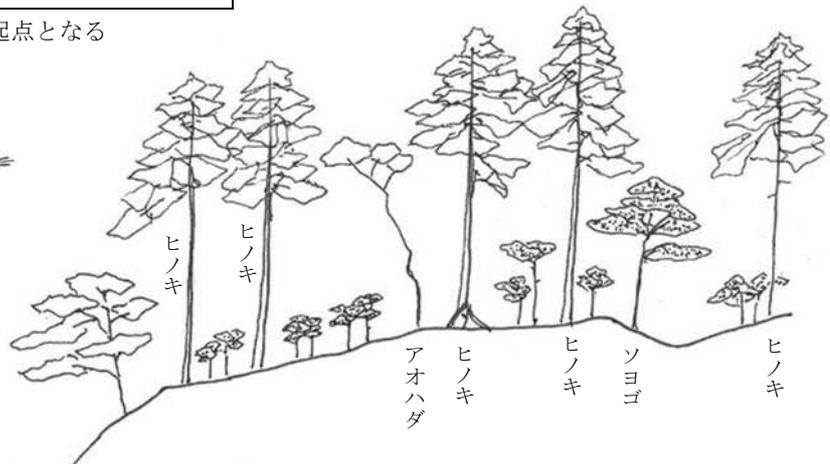


水はけの悪い堆積岩の残積性基盤（尾根）

薄い基盤に広く展開し、クズレの起点となる
箇所を面的に抑える樹種が適する。

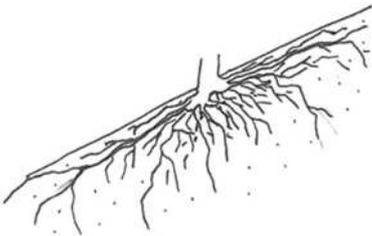


例：ヒノキ、ソヨゴ、ヤマモモ、
アオハダ、モチツツジ、
リョウブ、ネジキなど

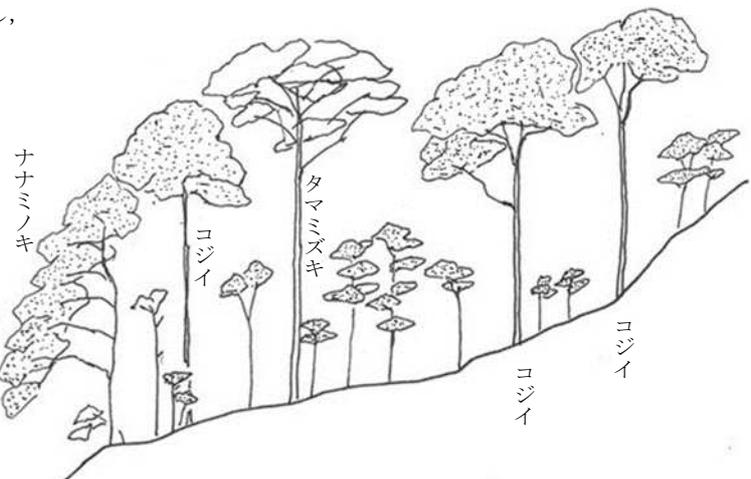


水はけの悪い堆積岩の崩積性基盤（すそ）

通気性の悪い粘土質の基盤に根系を展開し、
倒伏しにくい樹種が適する。



例：コジイ、タマミズキ、ナナミノキ、
イロハモミジ、ザイフリボクなど



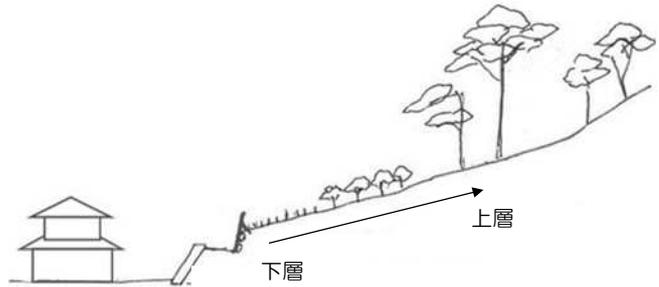
(2) 林縁部の考え方

森林は、その安定性を保つため常に更新を繰り返しており、その過程に若干の倒伏や緩やかな土砂移動は伴うものです。そのため、隣接する道路や家屋などに与える被害を抑制するには、林縁部を遠ざけたり低層化するなどの断面構造の転換を計ることが有効です。

① 平坦な林縁部

バッファ域（離隔確保）＋林相転換（下層から上層へ緩やかに変化する形に）

- 直接的な倒伏被害を防ぐため、林縁部の樹木を伐採し離隔を確保する。
- 森林からの土砂移動や落枝は、隣接地手前のバッファ域で受け止めることを想定する。
- 林縁部の安定化のため、下層から上層まで緩やかに変化する森林へ林相転換する。



② 緩やかな斜面の林縁部

バッファ域（離隔確保）＋林相転換（根系を生かした形に）

- 勾配が急になるほど土砂移動の可能性が高くなるため、斜面では①のような伐採はせず、なるべく樹木の持つ力を維持できるように処理する。
- 倒伏対策の際には、地際で伐採せず、高さの調整や、大枝おろしなどに留める。
- 風除け木を切る場合は、奥にある樹木が風を受けても問題ないよう注意して処理する。
- 根元で伐採せざるを得ない場合は、なるべく早く後継となる樹木を植栽する。



③ 急斜面の林縁部

狭いバッファ域（衝撃緩和）＋林相転換（根系緊縛機能に優れた樹種へ）

- 基本的な考え方は②と同様とする。
- 急斜面の場合、①のような離隔を確保することは難しいため、バッファ域には倒伏や落石を受け止めたり衝撃を緩和する植栽や柵等を設置する。
- 斜面の安定化のため、立地特性に適し、根系緊縛力に優れた樹種に転換する。

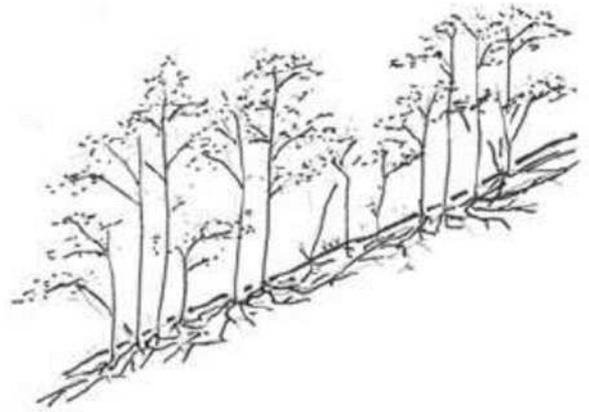


(3) 根系機能の考え方

山地の斜面では、樹木の根が土を保持する力（根系緊縛力）によって、土砂移動が抑制されています。また樹木自体も、根系によって倒れないようバランスを取っています。

そのため、災害の起きにくい森林にするためには、根系が十分に発達することが重要です。

- 多様な根系網になるよう、根系の展開範囲や深度が異なる植物を組み合わせる。
- 多様な林相（複層林¹、混交林²）になるよう、苗木は樹種や配置をランダムにし、樹高が揃わないように植える。
- 多様な生育状況や樹齢（異齡林）になるよう、植栽年時を変えるなどの工夫をする。



多様性の高い森林には、深さや広がり方の異なる根系が展開し、斜面の土砂移動を抑制する効果を高めている。



土砂移動を抑制する様々な根系の例



草本類も樹木も土を根際に蓄える作用がある。根系周りのバクテリアや腐葉土を分解する菌類にも土壌粒子を結合する作用がある。

- 緩んだ地盤、又は不安定土塊のある場所を中心に十分な密度で植栽する。
- 土砂移動した箇所の周囲は地盤が緩んでいることが多いため、植栽する場合は植栽基盤の安定化のため植栽基盤補助工を行う。
- 植栽基盤補助工は、植栽基盤の確保だけでなく、表土の移動抑制も兼ねて実施する。



植栽基盤工の例
根が成長して斜面に活着するまで土を留めるための枠を設置

¹ 複層林：草本層、低木層、中木層、高木層といった複数の層で構成された森林

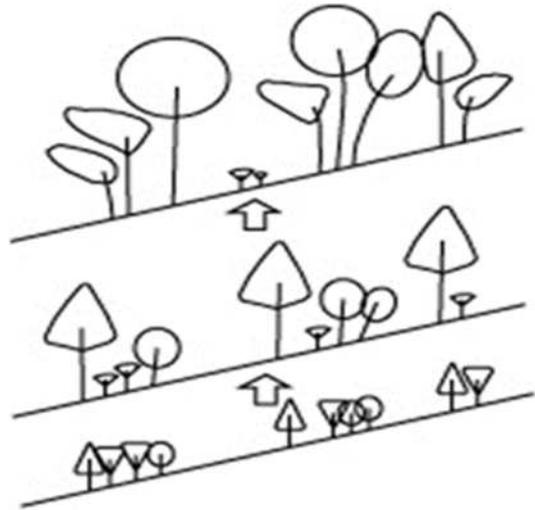
² 混交林：2種以上の種類の樹木で構成される森林

(4) 林相変化の考え方

① 新たに植栽する場合

森林は時間をかけて形成されるため、裸地、皆伐地、一斉倒伏地など、既存の植生がほとんどない場合、目標とする森林へ導くには、何段階かの林相の変化が必要となります。

- 苗は最後まで育たないことがあるため多めに植栽し、段階的に生育の良いものを残して間引きながら、目標とする森林へ導く。
- 目標とする森林を構成する樹種とは異なるが、初期の表土安定のために、十分な光量があるときには、裸地で早期に定着する先駆性低木等を育成目標樹種と混植する。
- 全てを植樹によって賄うのではなく、近傍にある種子供給源から多様な植物の種子がもたらされることが望ましい。

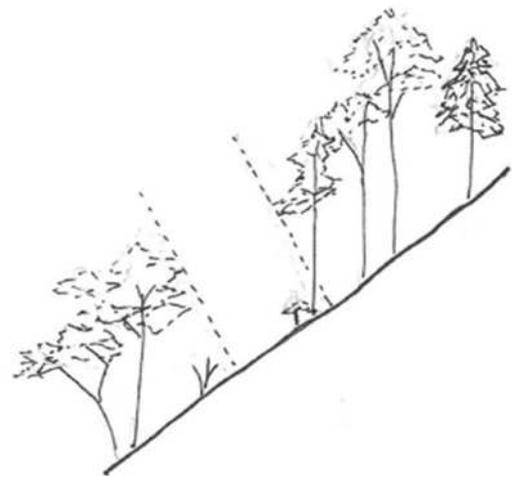


樹木はお互いに影響しあいながら生育する。

② 既存の森を林相転換する場合

特定の樹種に偏った森林（根系緊縛力の弱い森林）を、多様な樹種で構成された森林に転換する場合、何の樹をどのように切つて変化させていくかが重要となります。

- 広範囲の森林を一斉に伐採すると、既存の森林が持つ機能が失われ、災害のリスクが高まるため、複数ブロックに分けて転換する。
- 根張りの良い既存樹は、樹勢が健全な限り残し、周囲の樹が育つまでの保護役を担わせる。
- 場合によっては、伐採せずに樹を小さくする手法も検討する。（大枝下し、芯止め等）
- 放置が長く継続し、新たな側枝の展開が期待できない人工林の場合には、間伐後直ちに林相転換の計画を立てることが望ましい。
- 人工林の林縁部にある既存樹は、地盤を支える根系の展開をしていることがあるため、伐採に際しては慎重に取り扱う。

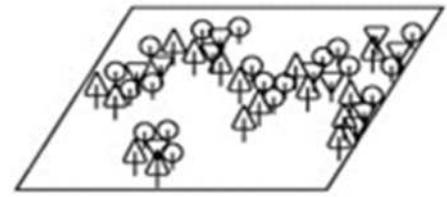


- 部分的に伐採して光を入れて、新たな樹木の生育を促す。
- 少しずつ転換することで、森林の機能を維持しながら更新を進める。

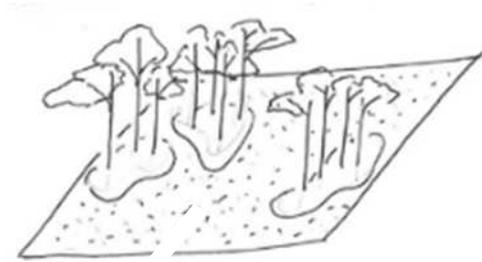
(5) 配置の考え方

① 苗木

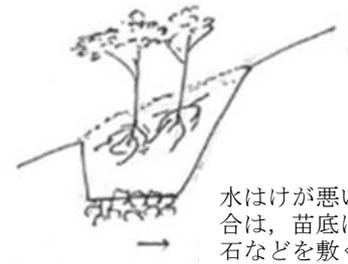
- 多様な根系展開を促すため、粗密を作り不規則な位置に植栽する。(ランダム集中配植)
- 光条件に応じて、単木植栽，巢植え，群状植栽等を行うが，成木成立位置ごとに十分な間隔が空くように配置する。
- 弱光下で成長する樹種は密に植えるか，日陰を作る樹の周囲に植える。
- 表土の浸食が予想される場合には，浸食溝を形成する水みちを避けて植栽する。
- 浸食が強い場合には，表土の保護や水みちの誘導を行うことも検討する。
- 風に弱い樹種は密に植えるか，風に強い樹種の背後に植える。



ランダム集中配植のイメージ



水を散らす



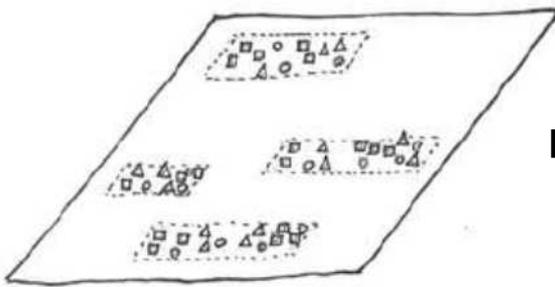
水はけが悪い場合は，苗底に碎石などを敷く

- 粗密を作り，変化をつける。
- 後年，近傍からもたらされる新しい種が生育できるようスペースを空けておく。



石を詰めたネットを斜面に設置し，土の流れを抑制した例

- 浸食が面的に広い範囲に及ぶと予想される場合には，帯状の小樹林が斜面の水平方向に分布するように配置する。
- 植栽苗木を保護するための防鹿柵を 10～20mの間隔を置いて設置する。
- 防鹿柵内の植栽木の根系がそれ以上の長さに展開できるように柵の配置を工夫する。



水平帯状の苗木配置



防鹿柵の下を超えて展開する根系

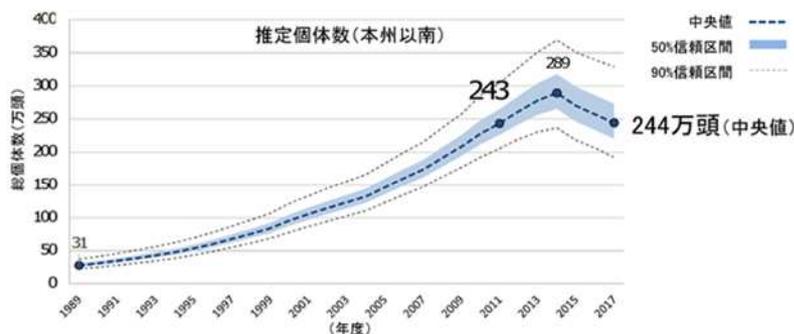
② 防鹿柵

本州以南のシカの個体数は2014年をピークに減少傾向にあるものの依然として多く、三山においても、ほとんどの森林が食害により大きなダメージを受けています。

特に、下層植生の被害が大きく裸地化が進んでいる場所では、降雨時に斜面が浸食されて土砂流出の危険性が高まっています。また、近年ではチマキザサが減少したため祇園祭の厄除け粽が作れなくなるなど、伝統文化や雇用にも影響が出ています。

そのため、対策として、シカの侵入を物理的に制限する「防鹿柵」の設置を行います。

シカ生息地で防鹿柵を設置しない場合、植えた苗はほとんど食べられてなくなります。



環境省資料による



下層植生が消失し裸地化が進んでいる事例

柵の設置に際しては、保全保護すべき場、植物群落、植栽苗木の分布の形状に合わせて、必要となる保護期間を十分に考慮したうえで、設置位置や防護方法を選定します。



【ゾーンディフェンス】

長所：一定区画を広く囲うため初期投資が安価で、配置計画が容易。

短所：延長が長く、破損箇所からシカ侵入があった場合の確認が難しい。



【マンディフェンス】

長所：一本ごとに囲うため防御効果が高い。

短所：枝葉が外側に伸びる樹種の場合、柵が成長を阻害する。



【パッチディフェンス】

長所：保護対象の周囲だけを小さく囲うため、シカに侵入されても被害が小さくても済む。

短所：広範囲を覆う場合、設置費用が高くなる。

※左の例では、柵の中は樹木が生育しているが、柵の周りには食害で植生が消失している。

災害に強い森づくりの考え方
(京都市三山森林景観保全・再生ガイドライン 追補)

令和3年3月発行

京都市 都市計画局 都市景観部 風致保全課

〒604-8571 京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前町488番地

電話 (075) 222-3475

京都市印刷物 第023261号



京都市は持続可能な開発目標（SDGs）を支援しています。