

六甲山系グリーンベルト整備事業における 樹林整備のあり方について

和泉 美智子¹・山崎 卓也²

¹近畿地方整備局 六甲砂防事務所 調査課 (〒658-0052兵庫県神戸市東灘区住吉東町3-13-15)

²近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 (〒646-0003和歌山県田辺市中万呂142)

六甲山系グリーンベルト整備事業は、六甲山系の市街地に接する山腹斜面において土砂災害の防止を図るための樹林帯を保全・育成するものであり、樹林整備における基本的考え方と技術的事項についてとりまとめた「六甲山系グリーンベルト樹林整備マニュアル(案)」にもとづき事業を実施している。1998年の樹林整備開始以降、整備箇所に対するモニタリング調査を行い、調査結果を踏まえた試験施工を実施し、樹林整備手法に関わる知見を蓄積してきた。これらの結果を踏まえた上で、2023年には本マニュアルの改訂を行った。本稿では、今般改訂されたマニュアルの内容を踏まえて樹林整備のあり方について報告する。

キーワード グリーンベルト、樹林整備、植栽方法、危険木

1. はじめに

六甲山系グリーンベルト整備事業（以下、GB整備事業）は、1995（平成7）年1月17日に発生した阪神・淡路大震災により、六甲山において約1,400箇所を超える山腹崩壊や亀裂が発生したことを契機に開始され、兵庫県神戸市須磨区鉢伏山から宝塚市岩倉山にいたる六甲山系の南側斜面を一連の樹林帯として保全・育成するものである。また、①土砂災害の防止、②都市のスプロール化防止、③良好な都市環境、風致景観、生態系及び種の多様性の保全・育成、④健全なレクリエーションの場の提供の4つの機能をもつグリーンベルトの形成を整備の目標としている。



図-1 GB整備事業対象区域

樹林整備を1998（平成10）年から本格的に開始したが、現況植生や立地条件などに応じた目標樹林像を明確化するとともに目標樹林に向けての施業・維持管理手法についての技術的指針を「樹林整備手法検討委員会」にてとりまとめ、「六甲山系グリーンベルト樹林整備マニュアル(案)」として2000（平成12）年3月に初版を発行した。以降、本マニュアルに基づき樹林整備を実施するとともに、2001（平成13）年度からは樹林整備後のモニタリング調査を実施している。モニタリング調査で抽出された課題を踏まえ、2008（平成20）年度からは効率的な整備手法の検討を目的として、各種の試験施工を実施してきた。また、2009（平成21）年3月にはマニュアル改訂を行った。これまでの取り組みにより、様々な知見が蓄積されたため、有識者による検討会を実施の上、2023（令和5）年10月に第2回目となるマニュアルの改訂を行った。

2. GB整備事業における樹林整備

(1) 樹林整備の基本方針

六甲山系は地形が急峻であり、かつ風化の著しい花崗岩によりほぼ全山が覆われている。このため、ひとたび大雨・長雨が降ると土石流や斜面崩壊が発生しやすく、過去に幾多の災害をもたらしている。また、昭和30年

代以降山麓部の都市化が急激に進行し、六甲山系の急斜面直下のみならず山腹斜面にまで住宅が建ち並ぶ状況が見られ、土砂災害が起これば甚大な被害に及ぶ危険性が高い。

このため、GB整備事業範囲内全域で望まれる樹林像は、土砂災害防止効果の高い樹林といえる。従って、基本的な樹林整備の方針は土砂災害防止の観点より設定することが適切と考えられる。

土砂災害防止効果の高い樹林とは、表面侵食防止及び表層崩壊防止の2つの特性を組み合わせた樹林であり、これら2つの特性を有する樹林を『階層構造が発達し、様々な樹齢・樹種が混交する樹林』とし、このような樹林を形成・保全することを基本的な樹林整備の方針とする。六甲山系において自然に成立し得る植生のうち、上記の方針に適合するものはコナラアベマキ群集、エノキムクノキ群集などの落葉広葉樹林である。これらは従来その成立過程から『二次林』（自然植生がいったん崩壊した後、そこに再生した樹林）と称されてきたものであり、都市の背景としての景観を形成してきた樹林である。このため、GB整備事業においては、コナラアベマキ群集やエノキムクノキ群集などの落葉広葉樹林を整備目標として設定する。

土砂災害防止機能を高めるためには、適切な樹林整備・管理を行い、植栽木が早期樹冠閉鎖することにより雨滴による表面侵食を緩和させることが重要である。さらに、早期樹冠閉鎖によって、地中で植栽木の根系が生長し、土壌緊縛力を高めることが期待できる。

従って、樹林整備の基本方針を達成するために、植栽木の活着率を高く維持するとともに、維持管理によって生長を促進することで早期樹冠閉鎖を目指す。

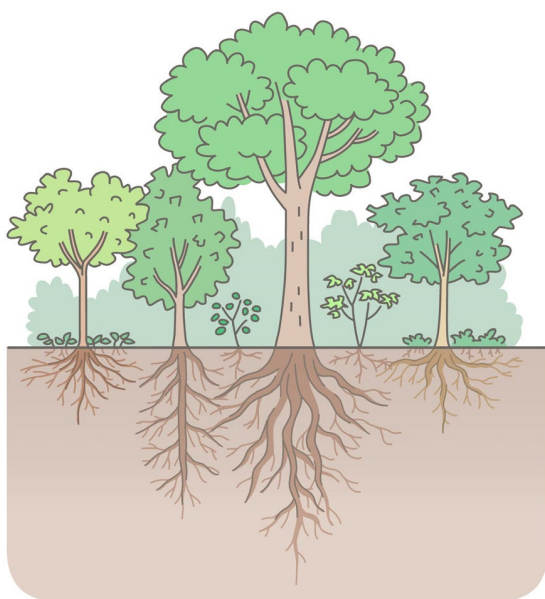


図2 『階層構造が発達し、様々な樹齢・樹種が混交する樹林』イメージ

(2) 整備計画の検討

整備対象地の現状および整備対象とする群落・群集の特性を踏まえ、目標とする樹林へ誘導するために必要な整備内容について整理する。樹林整備における基本的な配慮事項を以下に示す。

- 自然の遷移を妨げないよう現存する植生の活用を図る。
- 林相転換をおこなう場合には、土砂災害防止や景観面に配慮し、顕著な影響を与えるような大面積を対象とした整備は行わず、段階的に行うものとする。特に、市街地からの景観に対しては、十分に配慮しなければならない。

整備計画は、次のフローによるものとする。

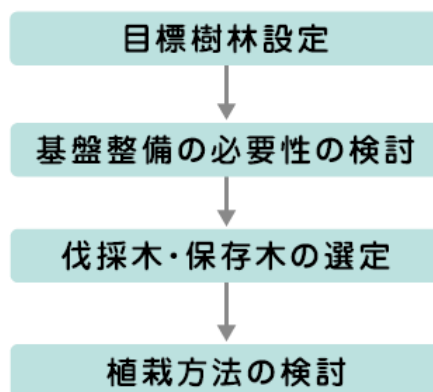


図3 整備計画フロー

目標とする樹林（群落・群集）の設定に際しては、整備対象地のもつ立地条件特性（気候、地形）と、現存する生育種の構成、および周辺の植生状況を総合的に判断して設定するものとする。

基本的には樹林整備の基本方針である落葉広葉樹林を目標樹林として設定することとする。

基盤整備の必要性の検討として、傾斜度35度以上の場合は、植生基盤対策が必要である。

伐採木・保存木は原則として以下の基準により判断する。

○伐採木

- ・目標とする樹林を育成する上で支障となる樹木
例：ニセアカシア、ニワウルシ（シンジュ）、オオバヤシャブシ、スギ、ヒノキ、タケ類等
- ・落葉広葉樹林を目標とする場合は、生育している常緑樹
例：ソヨゴ、ヒサカキ、ヤブツバキ、ネズミモチ、トウネズミモチ、イヌツゲ、シャシャンポ、ナワシログミ等
- ・外来種
例：ニワウルシ（シンジュ）、ニセアカシア、ナンキンハゼ、フサアカシア、トウネズミモチ、セイヨウイボタノキ、

ヒイラギナンテン、イタチハギ等

○保存木

- ・目標とする樹林を目指す上で保存が望ましい樹木
例：目標となる群落・群集の構成種等
- ・ニホンジカの不着好性植物
例：アセビ※、ウリハダカエデ等

※ただし、アセビは常緑広葉樹であり林床の光環境を阻害する可能性があるため、保存する場合は下部の枝の剪定などによって林床の光環境を確保することが望ましい。

○伐採木の処理

伐採木は、残置すると流木になるおそれがあることから搬出することが望ましいが、困難な場合は、土留め工の横木等、適宜有効利用を検討する。

(3) 植栽樹種の選定

植栽樹種は、六甲山系に自生する樹種であることを原則とし、植栽候補樹種一覧表(図-4)の中から目標とする群落・群集の列で選定する。さらに、整備対象地の現地コドラート調査結果をもとに極力多くの樹種を選定することとする。

また、単一樹種の一斉植栽は避けることとし、混交割合については偏りがないように配慮する。

植栽候補樹種 一覧表				
区分	種名	ブナ・シラキ 群集	コナラ アベマキ群集	エノキ ムクノキ群集
落 葉 広 葉 樹	アカシデ	●	●	
	アベマキ	●	●	
	イヌシデ	●	●	○
	イヌブナ	●		
	イロハモミジ		○	●
	ウリハダカエデ		○	○
	ウワミズザクラ	●	●	
	ウラジロノキ	○	●	
	エゴノキ		●	
	エノキ			●
	カスミザクラ	○	●	
	クヌギ		○	
	クマシデ	●		
	クマノミズキ			●
	クリ		●	
	ケヤキ			●
	コシアブラ		○	
	コナラ	○	●	
	コハウチワカエデ	●		
	タカノツメ		●	
ハリギリ		○		
ブナ	●			
ミズキ			●	
ミズナラ	●			
ムクノキ			●	
ヤマザクラ		●		
ヤマボウシ		●	○	

植栽優占度 1:● 各群落・群集の主な構成種
2:○ その他の構成種

参考文献 中西 哲・服部 保・武田義明(1982)神戸の植生、76pp、神戸市環境局
宮脇 昭(編)(1984)日本植生誌 近畿、596pp、至文堂
宮脇 昭(編)(1994)改訂新版日本植生便覧、910pp、至文堂

図-4 植栽候補樹種一覧表

樹種の選定にあたり、近年における新たな課題への対応は次の通りである。

a)ナラ枯れへの対応

ナラ枯れは、ブナ科の樹木にカシノナガキクイムシが穿入することにより枯死する。六甲山系においては2010(平成22)年度に確認されて以降、2016(平成28)年度から急増し、六甲山系の東側から分布が西へと広がっていった。近年では各市区で減少し、今後、数年で六甲山系におけるナラ枯れは収束すると考えられる。しかし、ナラ枯れが収束した数年後に再度ナラ枯れが発生する状況も確認されていることから、六甲山系でも近い将来にナラ枯れが再発する可能性が考えられる。

ナラ枯れに強い樹林を目指すため、ナラ枯れの被害を受けるコナラやアベマキなどのブナ科の落葉広葉樹の植栽比率を意図的に高くしないようにする。

b)ニホンジカへの対応

ニホンジカが侵入した場合、食害により下層植生の消失が懸念される。現時点では六甲山系への定着は確認されていないものの、今後の分布拡大を見越して、ニホンジカの不着好性植物であるウリハダカエデを植栽候補樹種一覧表に加えた。

さらに、食害の激害化により植物が減少し裸地化する可能性がある場合には、緊急的に表土流出を避けることを目的とした植栽樹種として、ニホンジカの不着好性植物であり、さらに、市場における入手のしやすさを勘案するとミツマタが挙げられる。

ミツマタは生長も早く、短期間で群生する。このため、表土流出に有効と考えられる。さらに、萌芽再生をほとんどせず周辺にも拡散しないことから、ニホンジカの被害が減少した際に伐採することとする。

(4) 植栽方法の選定

a)従来工法

従来工法は、樹林整備を開始した1998(平成10)年から2015(平成27)年度まで採用した植栽方法で、2m間隔で植栽木を1本ずつ植栽する方法であり(図-5)、植栽本数は2,500本/haである。従来工法は、植栽間隔が狭いため、ネザサなどを下刈りする際に誤伐が高頻度で発生することが課題であった。

b)3本寄せ植え工法

誤伐の防止及び作業効率化のため、植栽間隔を広くするとともに植栽本数を維持する植栽手法として導入したのが寄せ植え工法である。3本寄せ植え工法は、2010(平成22)年から2015(平成27)年にかけて試験施工を実施したうえで2016(平成28)年度以降導入しており、1カ所に50cm間隔で3本の苗木を植栽する工法である(図-5)。従来工法が100㎡に25カ所植栽するのに対し、3本寄せ植え工法は8カ所植栽することで、植栽本数を概ね2,500本/haとしている。従来工法と比較して植栽間隔が広がったことから、誤伐が発生しにくくなるとともに、1カ所に3本植栽されているため、2本誤伐されても植栽箇所数が減少しないため、早期樹林化が期待でき

る。

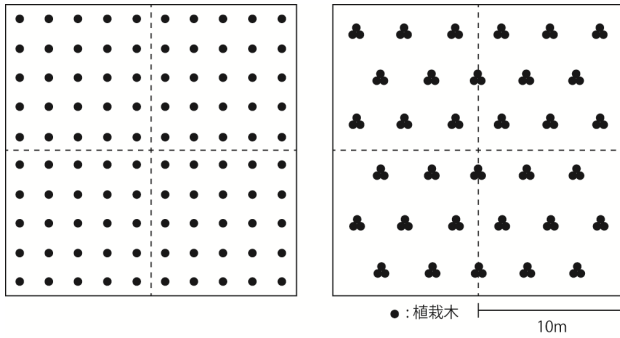


図-5 従来工法(左)と3本寄せ植え工法(右)の植栽パターン

c) ツリーシェルター工法

植栽木をツリーシェルターで保護することで、シカやウサギなどの動物による食害や誤伐等の影響を防ぐ工法である。2016(平成28)年度以降一部の地区で導入している。



図-6 ツリーシェルターの例

d) 早期樹冠閉鎖を目指した植栽方法の選定

植栽方法別に活着率を比較すると、ツリーシェルターで物理的に植栽木を保護しているツリーシェルター工法が最も高く、従来工法が最も低い値を示した(図-7)。

3本寄せ植え工法は、従来工法より活着率が約20%高い値を示しており、効果的な植栽方法であることが確認できた。

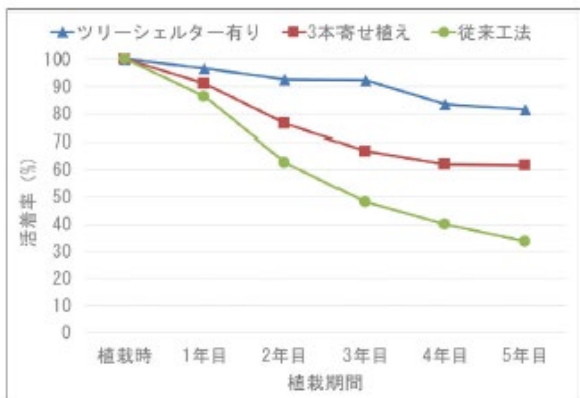


図-7 植栽方法の違いによる活着率の経年変化

一方で、早期樹冠閉鎖を達成するためには、立木密度を高く維持することが重要であり、この目標を達成するためには従来工法が最も適している。

従来工法と3本寄せ植え工法で活着率が同じ場合の立木密度(植栽箇所数)を比較すると、従来工法では43箇所/400㎡、3本寄せ植え工法では25箇所/400㎡で、立木密度(植栽箇所数)は従来工法の方が多くなる。

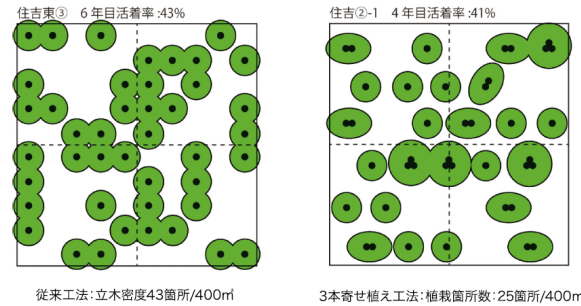


図-8 従来工法と3本寄せ植え工法における立木密度の違い

しかし、従来工法は活着率が低いため、現状では効果が確認されていない。

そこで、誤伐対策と早期樹冠閉鎖の両方を目指すために、立木密度と活着率の高い工法を組み合わせた「ツリーシェルター工法+従来工法」を有効な整備手法として採用することとした。

なお、3本寄せ植え工法は2本以上の植栽木が生育している地点が複数存在するため、一箇所あたりの樹冠は大きくなる可能性がある。

よって、現時点では「ツリーシェルター+従来工法」が最も有効な植栽方法であり、次いで、「3本寄せ植え工法」も有効な方法と考えられる。

前述の視点を踏まえ、植栽方法は、「ツリーシェルター+従来工法(2m間隔で植栽)」と「3本寄せ植え工法」のいずれかの方法をフローに基づき選定することとする。なお、3本寄せ植え工法の場合にはツリーシェルターは不要とする。

ネザサが繁茂する状況や急傾斜な立地条件、さらにはニホンジカの分布拡大等植栽木の生長阻害要因を考慮して植栽方法を選定することが重要である。

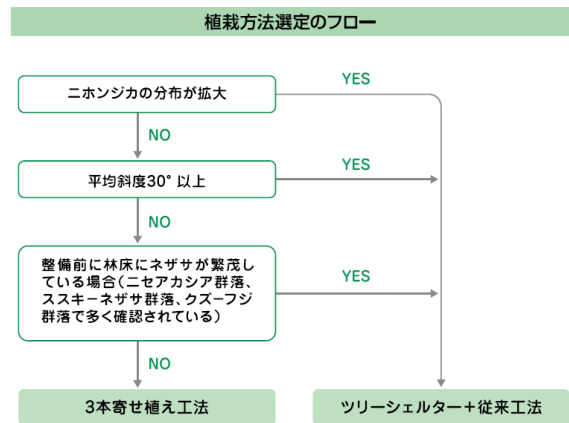


図-9 植栽方法選定のフロー

(4) 危険木への対応

住宅地や道路等との境界において枯損木等の倒木による危険が予測される場合は低林管理や低木植栽を行う。なお、倒伏の危険性のある樹木を把握するために対象木の樹勢（枝先の枯れ、葉の多さ、葉の色など）、幹の腐朽や空洞の有無、根元の腐朽や根の張り具合などの観察を定期的に行うことが重要である。

また、斜面对策施設において自然環境や景観に配慮した施工として樹木を残して施工する場合においても、将来の維持管理を考慮して倒伏しやすい樹種や大径木化する樹種は伐採する必要がある。さらに、孤立木で残さず、3本以上のまとまりで残す必要がある。

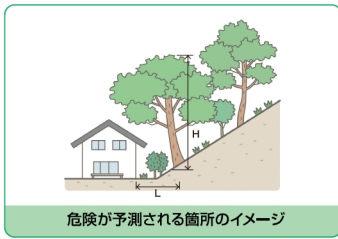
また、樹木を残して施工した場合は、将来危険木対策として伐採する可能性があり、監視が必要となる。

伐採する樹種と保存する樹種は、植物の分類に関する知識を有する技術者等の意見を踏まえ選定することが望ましい。

倒伏しやすい樹種：ニセアカシア、ニワウルシ、ソヨゴなど

生長が早く大径木化する樹種：クスノキ、アラカシなど

危険が予測される箇所の低林管理等のイメージ(危険木対応)



危険が予測される箇所のイメージ

伐採による低林管理のイメージ

- ・危険木の伐採
- ・伐採後の萌芽などを定期的に管理する。
- ・危険木は原則として地際で伐採する。
- ・萌芽再生を促す場合は、樹種の特徴に応じて地際伐採か高切りを選択する。
- ・高切りした樹体が枯死した場合は、危険木となるため注意が必要である。

低木植栽による低林管理のイメージ

- ・危険が予測される範囲を全て伐採し、低木種を植栽する(植栽候補樹種はP.48を参照)。
- ・植栽木の撫育作業をおこなう。

危険が予測される箇所

樹木が倒伏、落下したときに、樹木が保全対象に直接到達する範囲。

(例) 現状の植生樹高(H) > 保全対象までの平面距離(L)で、かつ樹林と保全対象との間に緩衝となるものがない

図-10 危険木対応

3.新たな取り組み

樹林整備及び斜面对策に伴い生じる伐採木は、残置すると流木になるおそれがあることから、搬出することが望ましい。

搬出した樹木の有効活用として、2023年度より、神戸市の主催する「こうべ森と木のプラットフォーム」に参画し、発生した伐採材を木材として活用する試みを開始している。

森とまちをつなぐ

こうべ森と木のプラットフォーム

地域の財産である森林を育み、活用し、次世代へ繋いでいく。公民共創のプラットフォームがスタートします。

<p>地域の森林を育む</p> <p>地域の森林を育むため、森林所有者の皆様をサポートします。森林整備のメリットと負担について、これまでの事業例や木材活用の可能性についてもご提案します。お気軽にご相談ください。</p>	<p>関わり創出</p> <p>森林に関わる機会を創出し、森林を育み、森林循環に貢献する担い手育成に取り組みます。新たな担い手となるプレイヤーも募集しています。</p>
<p>ストック・流通支援</p> <p>市内の製材・加工事業者等のご協力と協力を、森林整備等で発生した針葉樹、広葉樹の丸太や一次製材品のストック・流通支援に取り組みます。森林と都市をつなぎ、情報が交差する場をつくります。</p>	<p>木材を活かす</p> <p>公共建築物、市内建築物、家具等への地域産材の活用の促進、コーディネートを行います。また、森林の価値を高める取り組みを行います。地域の森林に貢献したい木材の使い手の皆様、お待ちしております。</p>

主催：神戸市

図-11 こうべ森と木のプラットフォームちらし



図-12 六甲砂防事務所の工事で発生した伐採材(プラットフォームのストックヤードに搬出)

「こうべ森と木のプラットフォーム」では、森林を適切に維持していくためには、保全の視点での管理だけではなく木材活用を含んだサイクルが重要と考え、公民共創により各主体の取り組みを加速化し、森林循環の仕組みを構築することを目指している²⁾。

六甲砂防事務所では、これまで工事等で発生した伐採木は廃棄物として処分してきたところであるが、今後はこのプラットフォームを通じて伐採木を市場に流通させる取り組みを推進していこうと考えている。

4. おわりに

今後は、マニュアルに基づき実施した調査及び整備・管理に関するデータを活用し、改善すべき事項が明らかになった場合は、樹林整備手法について適宜見直すことが必要である。

マニュアルの改訂に関する課題については、次の通りである。

○早期樹冠閉鎖を目指した整備手法の導入

早期樹冠閉鎖することで根茎のネットワークを構築し、土砂災害に強い樹林を整備することとなる。それには、

植栽木の活着率を高める必要がある。動物による食害、ササ刈り時に発生する誤伐、植栽方法の不備による活着不良などの生長阻害要因を極力排除し、活着率を高める整備手法を導入する必要がある。

○費用対効果の高いツリーシェルターの導入

令和5年度時点で導入しているツリーシェルターは、施工費が苗木と同等の価格であり、非常に高価なため全面的な導入が困難な状況である。このため、安価で食害対策や誤伐防止対策に効果ある素材を探す必要がある。

本稿は著者が六甲砂防事務所所属時の所掌業務について記述したものである。

参考文献

- 1) 六甲山系グリーンベルト整備事業樹林整備マニュアル (案) 2023年10月 国土交通省六甲砂防事務所
- 2) こうべ森と木のプラットフォーム ホームページ <https://www.hyogoforest.or.jp/kobe-mori-platform/>