

■主伐・再造林の推進

-低コスト施業による効率的な再造林-

令和7年3月
京都府農林水産部林業振興課

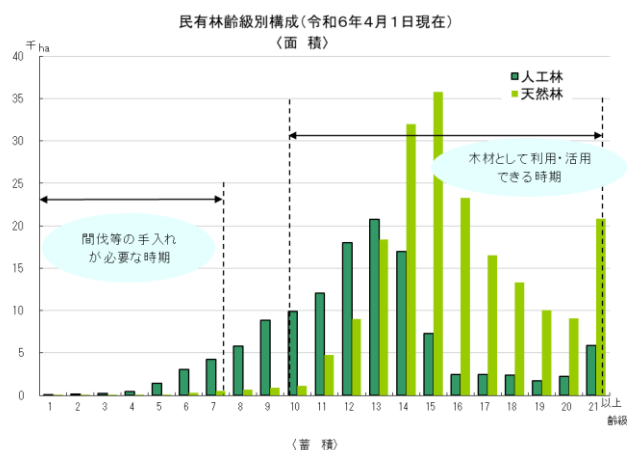


目 次

はじめに	…1	6. 獣害対策	
1. 低コスト施業とは	…2	(1) 単木保護資材	…11
2. 再生林にあたっての条件		(2) 獣害防護柵	…11
(1) 立地条件・採算性の検討	…3	(3) 見回りコストの低減	…11
(2) 現場条件を調べる高度な情報	…4	7. 早生樹（コウヨウザン）の植栽	
3. 一貫作業の実践（伐採・搬出）		(1) コウヨウザンの特徴	…13
(1) 作業システムの検討	…5	(2) コウヨウザンの植栽適地	…13
(2) 作業道の開設	…5	(3) コウヨウザンの獣害対策	…14
(3) 集材	…6	(4) 京都府内における コウヨウザン植栽地	…14
4. 一貫作業の実践（地拵えと運搬）		8. コスト比較	
(1) 地拵え	…7	コストの検討ポイント	…15
(2) 運搬	…8	コストの試算	
(3) ドローンの活用	…8	（従来方式と一貫作業の比較）	…16
(4) 苗木の保管・仮植	…8	9. モデル事業地の諸元	…17
5. 一貫作業の実践（植栽・低密度植栽）		10. 参考情報	…18
(1) コンテナ苗の特徴	…9	11. 低コスト施業に関する補助事業	…18
(2) 低密度植栽	…10		

はじめに

京都府においては人工林の約8割が10齢級以上となっており、収穫期を迎えています。そのため、「伐って、使って、植えて、育てる」といった森林資源の循環利用を行うことが重要となっています。



しかし、木材価格の低迷や獣害対策に伴うコストの増加が影響し、森林所有者の林業経営に対する関心は薄れており、主伐・再生林が十分に進んでいません。林野庁の試算では、主伐の収入だけでは造林や保育の費用を賄えないという結果も出ています。

このような状況を受けて、国が策定する「森林・林業基本計画」（令和3年6月）においては、伐採から再生林・保育に至る収支をプラスに転換する「新しい林業」を展開するとされており、新技術の導入により、再生林や保育にかかるコストを削減する「低コスト施業」を進めていくことが重要です。京都府でも、令和2年度から「主伐・再生林一貫作業」や「早生樹植栽」のモデル林造成試験を行っており、その知見が蓄積されているところです。

本書では、試験から明らかになった低コスト施業の有効性や参考情報を整理しました。森林資源を持続的に利用するために、再生林に積極的に取り組んでいきましょう。

1. 低コスト施業とは

林業の収益性向上のために、経費の削減が必要です。特に、経費の大半を占める造林の初期費用の削減が重要です。「主伐・再造林一貫作業」を中心とした低コスト施業の考え方、技術が開発されています。

低コスト施業の中心的な考え方に、バラバラに行っていた伐採と植栽を一体的に実施することで工程間の無駄を省く、一貫作業があります。そのため一貫作業では、伐採・植栽を同一の作業者が行うか、伐採業者と植栽業者間の連携を密にして作業にあたるのが重要となります。

近年、「低コスト施業」を目指して様々な技術が開発されていますが、それぞれの造林・保育技術がすべての現場に当てはまるわけではありません。現場の条件や、植栽後に目標とする森林の姿に合わせた作業メニューの取捨選択が鍵となります。



一貫作業
伐採・搬出作業と並行、または連続して植栽を終わらせる施業のことをいいます。伐採・搬出に用いる林業機械を地寄せや運搬に活用することで作業を効率化します。

低密度植栽
従来よりも少ない植栽密度で苗木を植えます。苗木代や植栽作業のコストを縮減できるほか、除伐・間伐の回数減によるコスト縮減も期待されています。

獣害対策
野生動物による食害から苗木を守るため、単木保護資材や防護柵を設置します。設置後の見回り・補修が重要で、ドローンを使った点検も試みられています。

早生樹の植栽
従来のスギやヒノキに代えて、成長の早い早生樹を植栽します。植栽から収穫のサイクルを短くすることで、収益を得る機会の増加が期待されています。

コンテナ苗植栽
コンテナ容器で育苗された根鉢付きの苗木を植えます。活着がよく、植栽できる期間が長いので、一貫作業に適しています。植栽の効率向上も期待されています。

下刈回数省略
苗木の成長に支障が生じない範囲で下刈り回数を減らす方法です。単木保護資材と組み合わせることで、下刈りの省略が可能な場合もあります。

ドローン運搬
ドローンを使用して苗木や資材を運搬する方法です。急傾斜地など、アクセスが困難な場所での作業効率の向上や安全性の向上が期待されています。

2. 再造林にあたっての条件

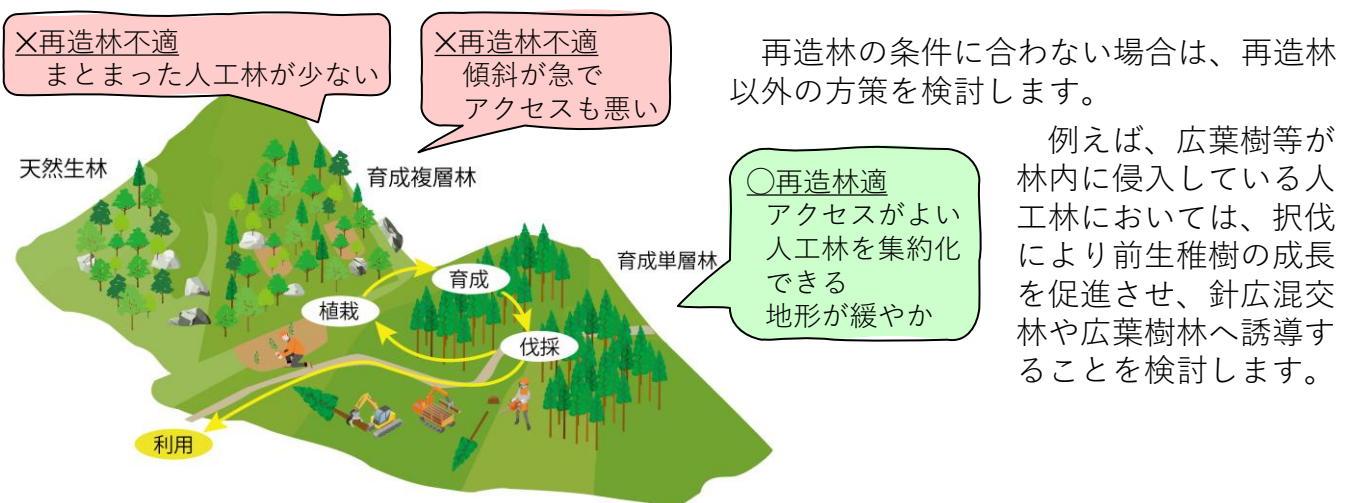
ひとくちに主伐・再造林といっても、現場の条件は様々です。主伐・再造林を検討するにあたり、再造林に適した土地であるか判断する必要があります。事業前に立地条件を確認し、再造林しても採算性が確保できるのか十分に検討しましょう。

(1) 立地条件・採算性の検討

林業に適した場所でない、たとえ低コスト施業を実施したとしても、採算性を確保することはできません。目指す森林の姿（目標林型）が実現可能か、現地の立地条件から再造林後の採算性が期待できるかなどを、十分に検討する必要があります。

参考までに、採算性の良し悪しを判断する視点や指標として以下が挙げられます。

視点	参考となる指標
植栽木の成長が期待できる場所であるか。	地位が中程度以上(下記参照)
一定のまとまりをもった森林であるか。	集約化されている区域、 森林経営計画が策定されている区域
アクセスがよく、木材搬出の作業性がよいか。	林道等の路網から近い区域 (搬出距離が150m未満)
保育や維持管理、収穫の作業性はよいか。 災害リスクの低い場所であるか。	地形が急峻でない区域 (斜度35°未満)



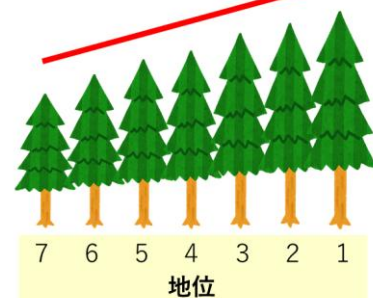
【地位】

その土地の木材生産力を示す指標です。同種同齢の主林木の樹高が基準となります。

京都府では地位を「1～7」の値で区分し、数値が小さいほど木材生産力の高い立地条件となります。森林簿に記載の地位が「1～4」であれば、中程度以上と判断できます。

ただし、森林簿に記載されている地位は、林班や流域単位で適用しているため、尾根部をはじめ、地形条件や土壌条件によっては局所的に木材生産力が低い場合があることに留意が必要です。近年は、航空レーザ測量成果を活用して、地位を詳細に把握する試みを実施されています。

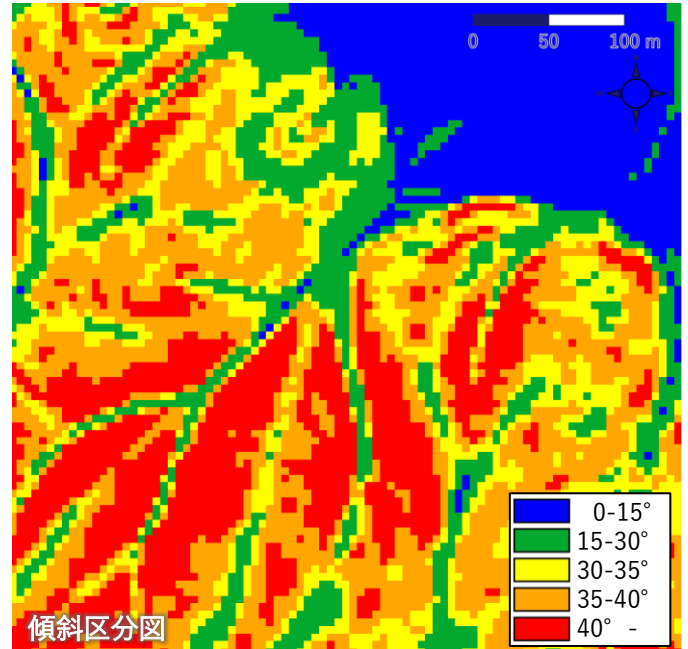
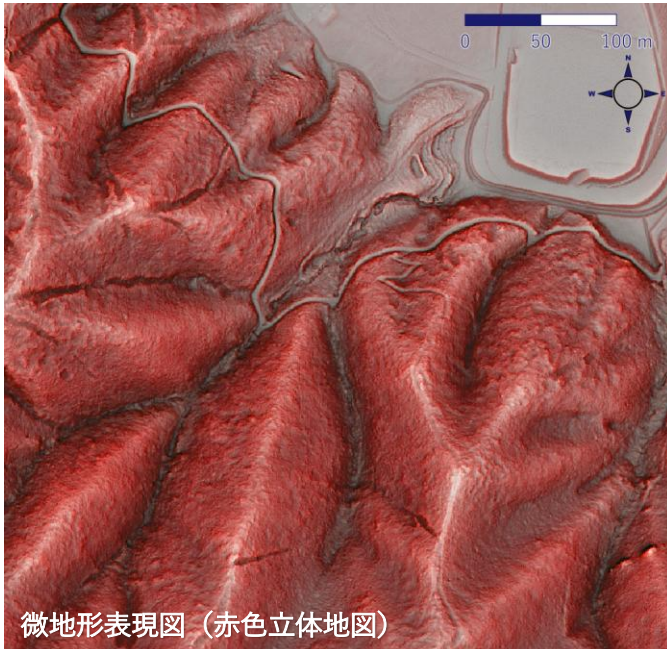
地位は同種・同齢の主林木
の樹高により決定



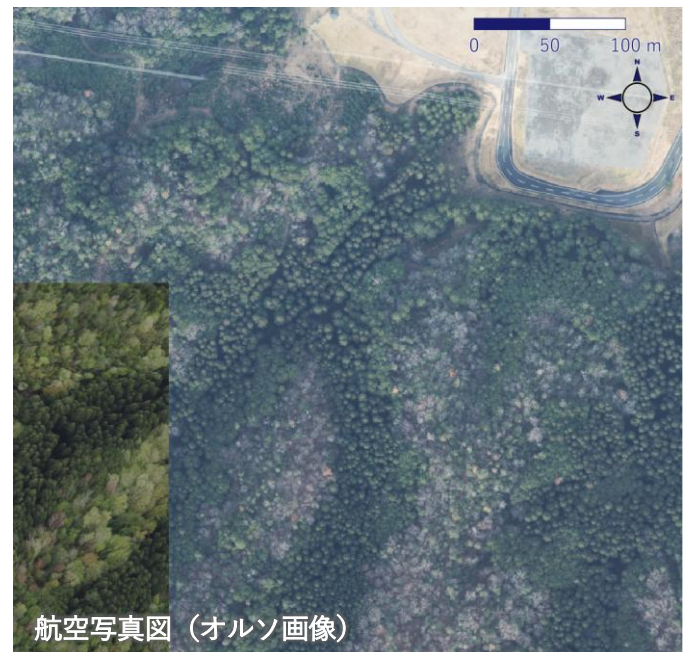
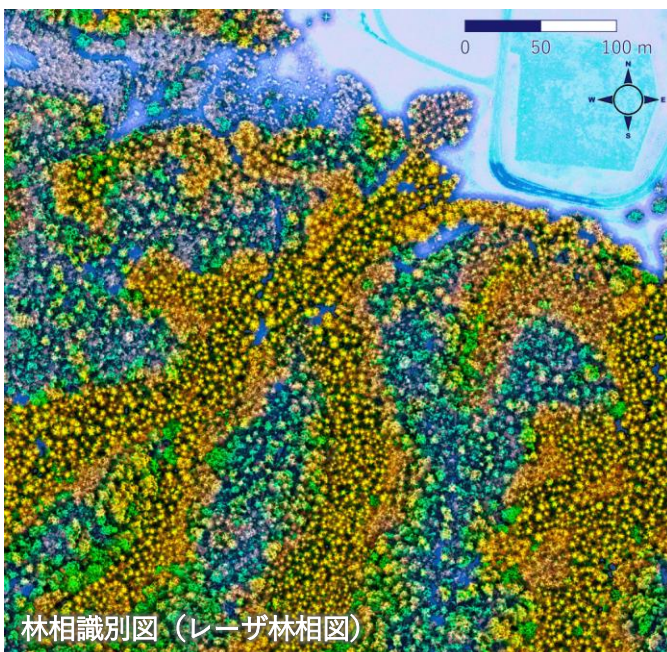
(2) 現場条件を調べる高度な情報

近年、最新の測量技術を活用した林業のICT化が注目されています。京都府では、航空レーザ測量成果を活用して高度な森林情報を整理し、オープンデータ化を進めています。

現場の地形やアクセスなどの条件を、事前に詳しく把握することで作業効率を最大化するとともに、収支予測の精度を上げることがポイントとなります。



左の微地形表現図からは地形の細かな凹凸や既設路網、露岩地などを、右の傾斜区分図からは路網に不向きな急傾斜地（傾斜角が35°以上の斜面など）を把握し、路網計画や施業手法の検討に活用します。



左の林相識別図（レーザ林相図）は、樹種によってレーザを反射する力が異なる特徴を利用して作成した図面です。右の航空写真図では判断しづらい樹種の違いや、山影の中の状況、木の大きさや手入れの度合いなどを判断するために活用できます。

3. 一貫作業の実践（伐採・搬出）

収益性を向上させるためには、伐採・搬出時における効率を高めることが重要です。そのため、一貫作業の各工程の連携をイメージし、作業道の線形や規格、土場の配置等を工夫しましょう。

(1) 作業システムの検討

現場の地形や規模などの条件に応じて、効率のよい作業システムを検討します。

傾斜が緩やかであれば、ハーベスタやフォワーダによる車両系作業システムが効率的となります。

傾斜が急な現場では、作業道を張り巡らせることが難しいため、架線による全木集材が適しています。状況に応じて、車両系・架線系の併用も検討します。

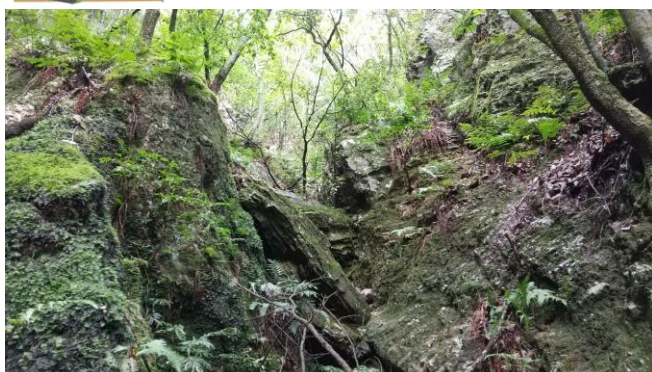
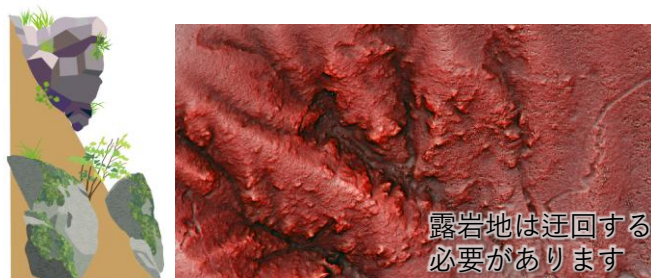
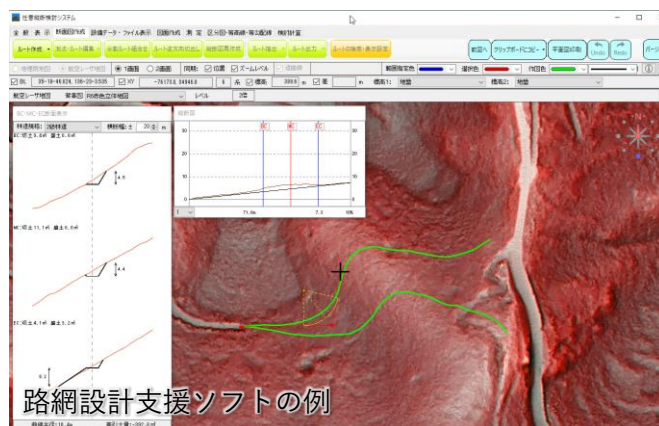
傾斜区分	作業システム	林業機械の組み合わせ
緩傾斜地 0~15°	車両系 作業システム	伐倒/造材/木寄せ : ハーベスタ 山土場への運搬 : フォワーダ トラックへの積込 : グラッブル
中傾斜地 15~30°	車両系 作業システム	伐倒 : チェーンソー 木寄せ : ウインチ付きグラッブル、スイングヤード 造材 : プロセッサ 山土場への運搬 : フォワーダ トラックへの積込 : グラッブル
急傾斜地 30~35°	架線系 作業システム	伐倒 : チェーンソー 山土場への集材 : 架線集材機、自走式搬器 造材 : プロセッサ トラックへの積込 : グラッブル

(2) 作業道の開設

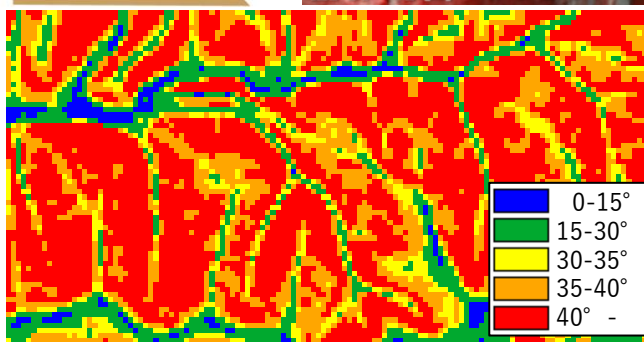
作業道は、伐採木の搬出だけでなく、造材や枝条処理、地拵えなどの作業にも適した線形を検討します。一貫作業では苗木や資材を一時的に保管する場所が必要な場合もあります。

事前に、微地形表現図等により現場の地形条件を把握し、路網設計支援ソフト等を積極的に活用することで、効率的な線形を検討することができます。

作業道は、保育や獣害防護柵の点検などにも活用するので、壊れにくい作業道を作ることがトータルコストの縮減に繋がります。微地形表現図や傾斜区分図から開設を避けるべき地形を考慮し、災害に強い作業道を作ることが重要です。



路網開設を避けるべき地形：露岩地



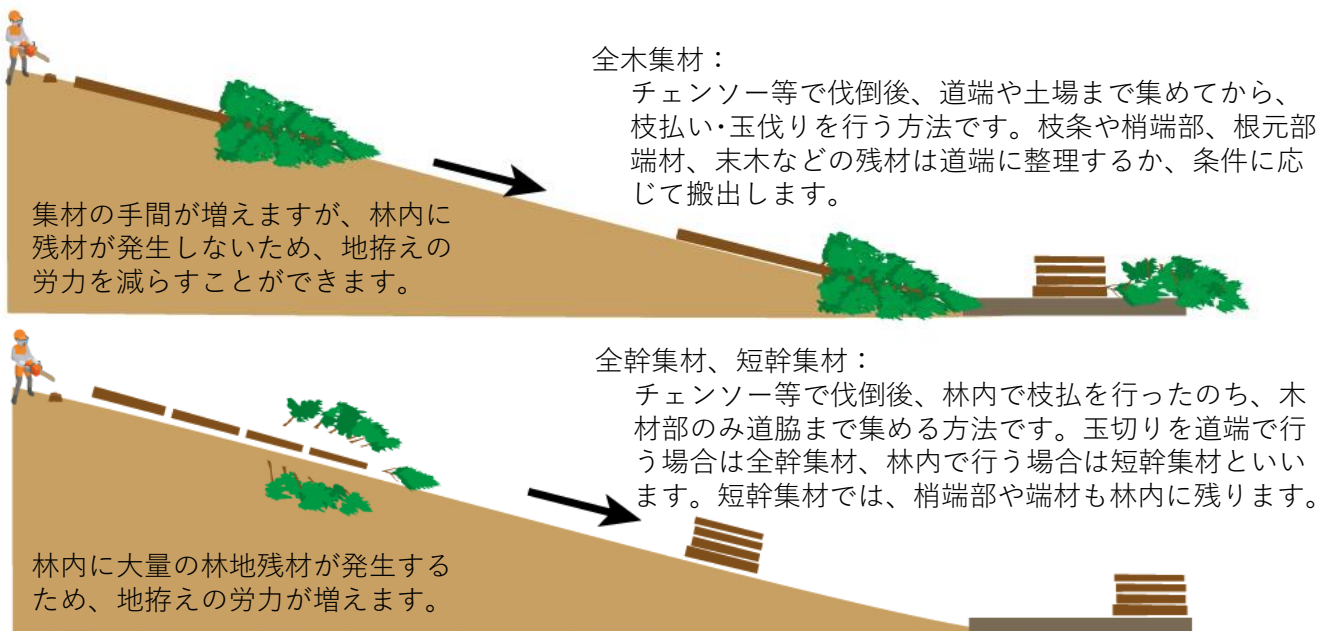
路網開設を避けるべき地形：急傾斜地

(3) 集材

集材方法は、全木集材・全幹集材・短幹集材に分けられます。

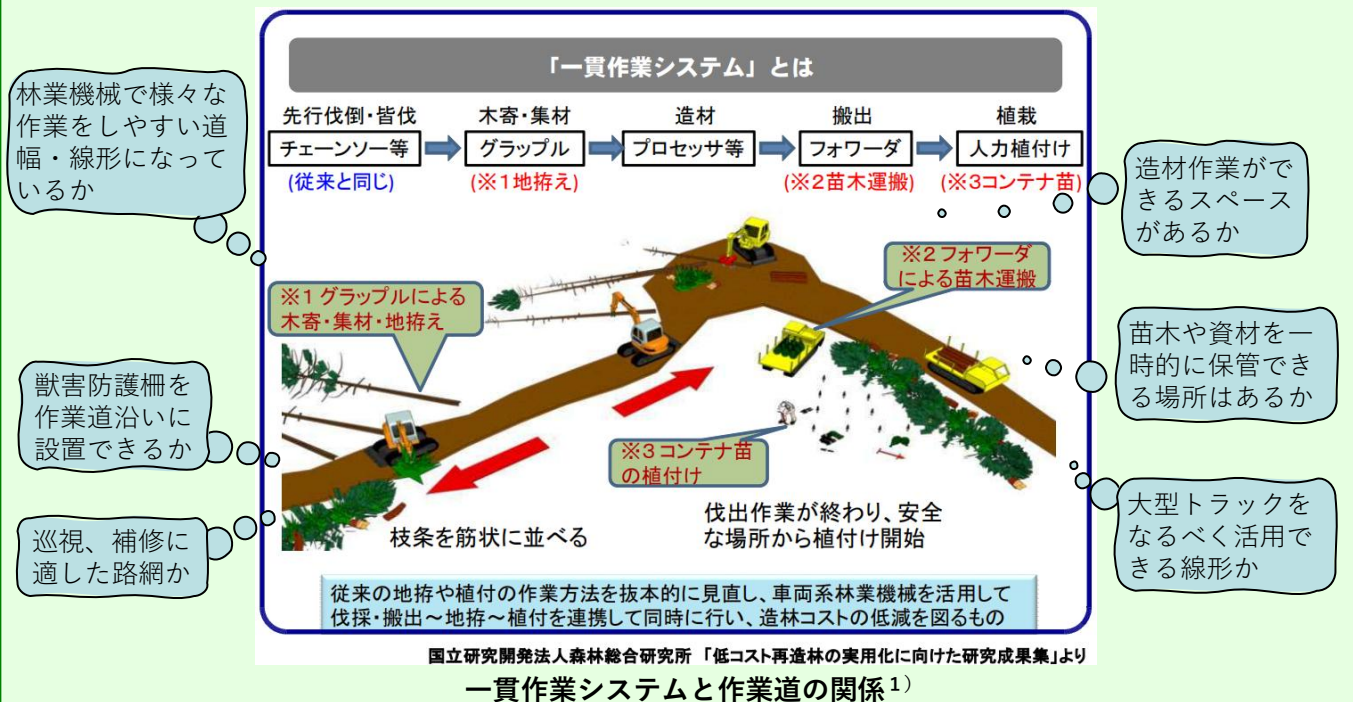
これまで、必要な幹の部分のみを集める全幹集材・短幹集材が一般的でした。この方法では、大量に発生する林地残材を、地拵え作業時に人力で整理する必要があります。

一貫作業では、つづく植栽や下刈作業もイメージしながら集材方法を工夫し、作業全体で効率化します。そのため、造材作業を行う場所や枝条の集積場所をあらかじめ計画しておくことが必要です。また、植栽や獣害防護柵設置を予定する箇所は丁寧に残材整理を行いましょう。



～路網開設にあたりイメージしておく作業～

一貫作業では、伐採・搬出だけでなく、様々な作業を作業道の近くで行います。どこでの作業をするのか、作業の干渉が発生しないか、植栽完了後の維持管理にも十分活用できるかなど、作業道を最大限活用できるように、線形計画を考えます。



1) 一貫作業システムマニュアル

(関東森林管理局茨城森林管理署 森林技術・支援センター、国立研究開発法人 森林総合研究所 平成28年)

4. 一貫作業の実践（地拵えと運搬）

一貫作業では、伐採・搬出に用いた林業機械を、地拵えに活用します。同時にフォワーダや架線の回送を活用することで、苗木や資材の運搬を効率的に行います。

(1) 地拵え

地拵えは、集材（木寄せ）で使用したグラップルなどの大型林業機械を用いることで、効率的に行うことができます。人力での作業と比較して2～9倍の生産性があるとの報告もあります。緩傾斜地や、作業道からアームが届く範囲では、積極的に機械地拵えを採用することで大幅なコスト縮減や労務軽減につなげることができます。

アームが届かない範囲や急傾斜地では、従来どおり、人力による地拵えを実施します。

一貫作業では、伐採・搬出時に、地拵えや植栽をどのように進めるかをイメージしながら、各現場にあわせた工夫が必要です。



機械地拵え

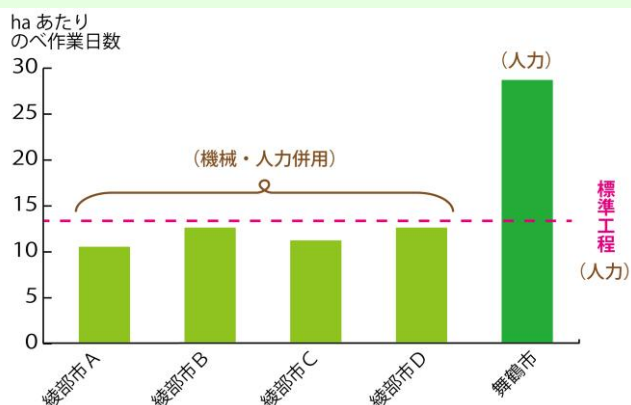


人力地拵え

～京都府モデル林での機械地拵えによるコスト縮減効果～

京都府の試験では、機械地拵えを採用した全ての箇所では、効率的な作業ができました。なるべく人力による地拵えを減らせるように作業計画を立てることがポイントです。

一方、急傾斜で機械地拵えを採用できなかった施業地では全て人力地拵えを行うことになり、生産性が下がりました。これは、全木集材を行わなかったため、斜面に大量の枝条が残っていたことが要因の一つと考えられます。先進事例では、全木集材を行うことで地拵えそのものを無くしています。伐採・搬出の作業者と、植林の作業者の連携により、トータルでの作業効率を高めることが重要です。



斜面に枝条を残すと地拵え・植栽工程の人力作業が大幅に増える

(2) 運搬

一貫作業では、運搬にフォワーダや架線を活用します。材や枝条の搬出後に回送されるフォワーダに、植栽時に必要となる苗木や、獣害対策の資材を積載して運搬します。架線作業システムを採用した現場では、集材後の架線を残して資材搬入に活用することで、急傾斜地でも運搬経費の削減が可能です。

斜面での人力による運搬は負荷の高い作業であるため、林業機械を活用することで労務負担を大きく軽減でき、安全性の向上にも寄与します。



フォワーダを用いた、苗木・資材の運搬²⁾



架線を用いた、苗木・資材の運搬³⁾

(3) ドローンの活用

急傾斜地などの車両が入れない斜面に苗木や資材を大量に運び入れる場合は、ドローンの活用が考えられます。

オペレータの委託費が追加コストとなるため、現時点では必ずしもコスト削減に繋がらない場合がありますが、大幅な作業負荷の軽減や安全性の向上につながります。



ドローンへのフックアップ



ドローンによる苗木の運搬

(4) 苗木の保管・仮植

フォワーダの稼働期間と植栽開始のタイミングが異なる場合は、植栽場所で一時的に苗木を保管する必要があります。一貫作業で用いることが多いコンテナ苗であれば、一定期間、乾燥に耐えることができます。なるべく直射日光の当たらない箇所でブルーシートや枝条で覆って保管することで、根が乾燥することを防ぎます。

なお、裸苗は乾燥に弱いため、現場への運び込みから植栽まで期間が空くと考えられる際は、仮植が必要です。

2) 低コスト造林技術の導入に向けて（林野庁 平成30年）から引用

3) コンテナ苗を活用した主伐・再造林技術の新たな展開（国立研究開発法人森林総合研究所 平成28年）から引用

5. 一貫作業の実践（植栽・低密度植栽）

一貫作業は、裸苗と比べて植栽適期が長いコンテナ苗を使用することが一般的です。根鉢があるため乾燥に比較的強く、植え付けが容易といった特徴があります。苗自体の価格は従来の裸苗よりも高くなりますが、低密度植栽などを組み合わせることで、トータルコストの低減が可能です。

なお、従来の裸苗も植栽適期であればコンテナ苗より安価で入手しやすいため、一貫作業にも十分使用できます。

(1) コンテナ苗の特徴

コンテナ苗は根鉢があり、従来の裸苗と比べて植付けが容易とされています。植栽作業効率が高く、短時間で多くの本数を植栽できます。

活着しやすい特徴があり、枯損に伴う補植を減らすことができます。また、植栽適期が長く、真夏と積雪期以外は作業が可能です。

コンテナ苗の植栽器具には、従来の唐鋤の他、コンテナ苗用に開発されたディブルやスペードといった機材があり、熟練作業員でなくても効率的に作業ができます。植栽時には、根鉢と土を密着させることに注意し、深植えしないようにします。



コンテナ苗の植栽に用いる植栽器具の種類と特徴⁴⁾

名称	写真	長所	短所
唐鋤		<ul style="list-style-type: none"> ・使い慣れている ・斜面では振り下ろし距離が短い ・入手しやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・土が硬い、根茎・岩石が多い所では何度と振り下ろす必要あり ・緩傾斜地では腰を深く曲げる ・苗木の根系サイズに的確な植穴が作りにくい
改良鋤		<ul style="list-style-type: none"> ・刃幅を短くし、根茎に引っ掛かりにくい ・刃先を鋭利にし、根茎に当たった際、根切りがしやすい 	<ul style="list-style-type: none"> ・土が硬い、根茎・岩石が多い所では何度と振り下ろす必要あり ・緩傾斜地では腰を深く曲げる ・苗木の根系サイズに的確な植穴が作りにくい ・唐鋤を加工する必要あり
ディブル	 先鋭型 先鈍型	<ul style="list-style-type: none"> ・コンテナ苗の根鉢と穴の大きさが合い植付け生産性の向上 ・足踏みペダルで脚力も使用可 ・腰を曲げずに植穴掘りができ、労働強度の軽減に繋がる 	<ul style="list-style-type: none"> ・礫質土壌や根茎が多い箇所では土に刺さりにくい ・先鈍型は、特に刺さりにくい ・入手が難しい場合がある ・急傾斜地では使いづらい
スペード		<ul style="list-style-type: none"> ・足踏みペダルで脚力も使用可 ・硬質土壌で手足の力を用い植穴掘りが可能 ・腰を曲げずに植穴掘りができ、労働強度の軽減に繋がる 	<ul style="list-style-type: none"> ・苗木の根系サイズに的確な植穴が作りにくい ・入手が難しい場合がある ・急傾斜地では使いづらい
プランティングチューブ		<ul style="list-style-type: none"> ・腰を曲げずに植穴掘りから植付けまで可能 ・チューブ内に苗木を落とすだけで植付けられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・持ち運びには重い ・土中に刺した部分が開かない事がある ・入手が難しい場合がある ・大規模な使用事例がない ・急傾斜地では使いづらい

4) 低コスト造林技術の導入に向けて（林野庁 平成30年）から改変

(2) 低密度植栽

苗木の植栽本数を減らすことで、植栽経費を大幅に削減することができます。京都府内では、2,000～3,000本/haの植栽密度が一般的ですが、低密度植栽では1,500～2,000本/haで植栽します。京都府の地域森林計画において、成長に優れたエリートツリーなどを活用する場合は、1,500本/ha程度の低密度植栽を推進しています。

低密度植栽は、用いる苗木が減ることで様々な経費を減らせます。下刈り時に苗木を避ける動作が減るため、下刈り作業時間も減る傾向があります。

一方で、低密度植栽にはデメリットもあります。特に、年輪幅が一定で密な無節材の生産を目標とする場合には不向きとなります。また、林冠閉鎖が遅れるため、下刈り回数が増える傾向があるほか、積雪地では雪害が発生する可能性があります。

これらのことから低密度植栽は、合板や集成材などの加工向け並材の生産を短期間で目指す場合に適しています。なお、保安林の指定施業要件により、低密度植栽ができない場合があるため注意してください。

低密度植栽のメリット

- 苗木代や資材代の縮減
- 植栽時の労務費の縮減
- 除伐・間伐回数の低減

低密度植栽のデメリット

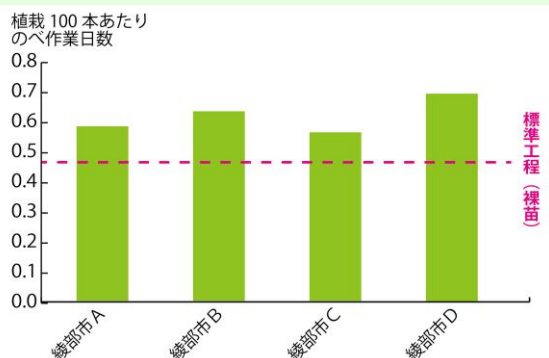
- ✗ 通常の植栽密度よりも肥大成長が促進され、年輪幅が広がりやすい
- ✗ 樹幹がウラゴケになりやすく、歩留まりが低下する

～京都府モデル林での コンテナ苗植栽によるコスト縮減効果～

一般的に、コンテナ苗は植栽作業効率が高いとされますが、京都府の試験地では、裸苗の標準的な作業日数よりも多くなりました。通常よりも植栽効率が低くなった要因として、以下が考えられます。

- ・ コンテナ苗を植え付けた経験がなく、裸苗と同様の作業を行ってしまった。
- ・ 施業地内の運搬に機械を活用できなかった。
- ・ 施業地内に急傾斜地があり、効率的に作業できなかった。

コンテナ苗を初めて扱う作業者は、事前に取り扱方法や作業手順を確認しておくことが重要です。また、コンテナ苗は根鉢がついていることにより裸苗より体積が増えるため、可能な限り運搬を機械化することが必要です。



植栽状況：急傾斜地での苗木・資材の人力運搬は負荷の高い作業



植栽状況：傾斜が40°を超える斜面は作業効率が著しく落ちるため再生林に不向き

6. 獣害対策

京都府内における植林地では、特にシカによる食害が顕著となっています。そのため、植栽時の獣害対策が必要不可欠となっています。獣害対策は大きなコスト要因となりますが、適切に実施することで苗木の健全な生育を促し、下刈りの省略につなげることができます。

(1) 単木保護資材

植林地が小面積で植栽本数が少ない場合は、苗木を一本ずつ保護する単木保護資材が効果的です。単木保護資材にはチューブ型やネット状の資材があります。

苗木ごとに保護するため、保護材の破損が発生しても植林地全域に獣害が拡大しにくい特徴があります。

また、苗木周辺の雑草や雑木をシカが採食するため、単木保護資材を用いることで、下刈りの省略が期待できます。



(2) 獣害防護柵

単木保護資材は、植栽本数に比例してコストが上昇します。そのため、植林地が大面積で植栽本数が多い場合は、獣害防護柵のコストメリットが大きくなります。

獣害防護柵は、尾根等の安定した箇所を選んで設置します。沢筋や崖地では、流れてきた土砂や落石で防護柵が倒伏・破損する可能性があるため、このような地形は避けます。

また、斜面方向の設置距離が長いと資材の運搬、設置時の労働負荷が増えるため、なるべく等高線に平行に設置するよう検討します。

現地の地形条件によっては、オーガ（穴あけ機）や電動杭打機などの使用を検討します。



(3) 見回りコストの低減

獣害対策では、初期コストだけでなく、巡視・点検・補修を含めたトータルコストを考慮しておく必要があります。

例えば、獣害防護柵を森林作業道脇に設置することで、巡視・点検コストの縮減や、労働負荷を低減することが可能です。

また、視認性の高い白色や蛍光色のネットや杭を用いることで、破損に気づきやすくなります。急傾斜地では、ドローンを活用した点検も有効です。





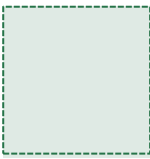







【参考】 獣害対策資材の選択 ～獣害防護柵か単木保護資材か～

獣害対策資材は、事業地の外周などを支柱とネットで囲う「獣害防護柵」と、苗木1本1本を保護する「単木保護資材」に大別されます。どちらが適しているか、各現場の被害程度や、地形条件、施業規模、設置にかかる総コスト等により検討します。

設置コストは、設置箇所の面積や形状にも左右されます。

一般に、広い面積で外周延長が短い形状の事業地では、獣害防護柵が安価になります。一方、小面積で細長い形状の林地など、外周延長が長くなる事業地では、単木保護資材が安価になります。

また、密仕立や中仕立で植栽する場合は植栽本数が多くなるため、単木保護資材の資材費や労務費が増加します。

獣害防護資材のコスト比較	①10m×100m 細長い事業地	②33m×33m 正方形の事業地	③100m×100m 正方形の事業地
事業地の形状			
面積	0.1ha	0.1ha	1ha
外周延長	220m	132m	400m
獣害防護柵	 374千円	 224千円	 680千円
中仕立 植栽本数(3,000本/ha)	300本	326本	3,000本
単木保護資材	300千円	 326千円	 3,000千円
低密度植栽 植栽本数(1,500本/ha)	150本	163本	1500本
単木保護資材	 150千円	 163千円	1,500千円

※獣害防護柵は1,700円/m、単木保護資材は1,000円/本として試算(ともに資材費・設置費用込み)

なお、急傾斜地や細かな谷が入り組んでいる現場では、落石や土砂の流入で獣害防護柵が破損するおそれが高くなります。そのような現場では、獣害防護柵と単木保護資材を併用するなど、点検や補修等の維持管理を踏まえた工夫が必要です。



【獣害防護柵】

▲破損のおそれが高い環境

- ・ 崖、急斜面 (落石)
- ・ 林縁直近 (倒木)
- ・ 獣道をまたぐ箇所 (シカの絡まり)
- ・ 谷をまたぐ地形 (土砂の流入)



5) シカ害防除マニュアル (国立研究開発法人 森林研究・整備機構 森林整備センター 令和2年) から引用

6) 林内に設置した侵入防止柵の管理技術 (岡山県農林水産総合センター森林研究所 令和4年) から引用

7) 鳥獣被害防止対策 (近畿中国森林管理局 森林技術・支援センター) から引用

7. 早生樹（コウヨウザン）の植栽

林業の収益向上のためには、収穫サイクルを短くすることも重要です。近年、成長が早いコウヨウザンが注目されており、府内でも苗木の生産や植栽が始まっています。京都府では、植栽適地の把握や京都府に適した系統の選抜を進めています。

(1) コウヨウザンの特徴

コウヨウザンは、中国・台湾に分布するヒノキの仲間で、中国の主要林業樹種となっています。日本国内での成長速度はスギの約2倍と大変優れています。また、萌芽しやすい特徴があり、収穫後に植栽の手間を省ける可能性があります。

材質・用途はスギとほぼ同じであり、育林方法も特に異なる点はないため、従来の造林システムに容易に組み入れることができます。

これらの特徴から、有望な早生樹として期待されています。

なお、材表面に休眠芽の痕跡や微細な白色の針状結晶（セドロール）が現れることがあり、弱点ともなる特徴も理解した上で植栽を検討しましょう。



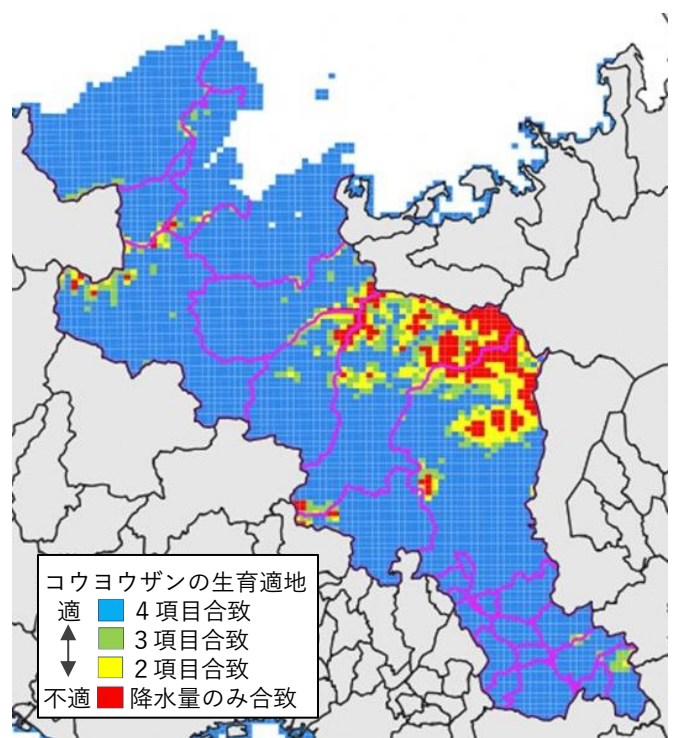
(2) コウヨウザンの植栽適地

コウヨウザンは、南方系の樹種であり、温かな環境を好みます。日本国内の植栽地の情報から、以下の条件が適しているとされます。⁸⁾

- ・年平均気温 12°C以上
- ・暖かさ指数 90°C・月以上
- ・寒さ指数 -15°C・月以上
- ・降水量 1000～3000mm

上記4項目の指標について京都府内の条件を調べたところ、京都市・南丹市北部などの高標高地を除いて、ほとんどの箇所では植栽に適した気象条件であると考えられました。

一方、コウヨウザンは乾燥に弱く、スギより植栽適地が狭い可能性があります。尾根に植えてはならないとされていますが、早生樹としての成長が期待できる適地把握のため、引き続き地形や土壌の条件を調べています。



8) コウヨウザン、センダン、キハダ、ウルシ、イタヤカエデ、ウダイカンバの所在地データベースの作成（山田ら 2017）

(3) コウヨウザンの獣害対策

モデル植林地では、シカによる食害が見られました。比較対象として植栽したスギと比べて被害を受けた頻度が高いため、コウヨウザンは食害を受けやすい特徴があると考えられます。特にネットで網目が荒い単木保護資材で、引き抜き等の被害事例が多く見られました。そのため、網目の細かい資材（写真：中）や、プラスチック製で硬い保護資材（写真：右）などを用いて、獣害対策を丁寧に行う必要があります。



(4) 京都府内におけるコウヨウザン植栽地

京都府内では、8箇所でコウヨウザンの既往植栽地が確認されています。モデル林造成事業では、6箇所でコウヨウザンのモデル植林地を設けました。引き続き、生育状況をモニタリングし、コウヨウザンの植栽適地の把握や、保育上の課題を明らかにしていきます。




8. コスト比較

主伐・再造林を進めるための技術それぞれについて、低コスト化を考えるためのポイント、コスト増を見込んでおくべき事項、試算の考え方などについてまとめました。

 **一貫作業** 主伐から再造林までを一貫で作業し、工期短縮・効率化を狙います。一方、機械経費の増加などを織り込んでおく必要があります。

作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●重機の回送削減・活用 ●地存え作業の機械化 	<ul style="list-style-type: none"> ●運搬作業にかかる労務費 ●工期の短縮による総労務費 	<ul style="list-style-type: none"> ●機械費用 	<ul style="list-style-type: none"> ●労働強度の低減 ●全体の作業品質の向上

 **低密度植栽** 従来より植栽密度を減らすことで、苗木代や作業費の縮減を狙います。一方、植栽本数が少なく局所的な枯死が成林を危うくする可能性があり、補植が必要となる場合のコストを考慮しておく必要があります。

作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●苗木本数の削減 ●単木保護資材の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ●苗木代・植栽の労務費 ●下刈り時間の短縮 ●獣害対策資材費 	<ul style="list-style-type: none"> ●補植が必要となる場合の植栽コスト ●下刈り回数（期間）増加 ●利用間伐の回数減や材質の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ●伐採可能径級への早期到達

 **コンテナ苗植栽** 植栽作業効率の向上や、作業時期の平準化によるコスト縮減を狙います。苗木代だけを比べると、裸苗よりも高くなるのが一般的です。

作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●植栽作業効率が高い ●活着率が高い ●植栽時期の自由度増 	<ul style="list-style-type: none"> ●植付け作業の効率化 ●補植コストの低減 	<ul style="list-style-type: none"> ●1本あたり苗木代上昇 ●小運搬の効率低下 	<ul style="list-style-type: none"> ●苗木成長の確実性向上 ●作業繁閑の平準化

 **獣害対策** 野生生物による食害から苗木を守る資材の設置等を行います。現在京都府内では、確実に成林させるためにほぼ必要な作業となっています。

作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●苗木の被食率の低下 	<ul style="list-style-type: none"> ●補植用の苗木代 ●下刈り回数の減少 	<ul style="list-style-type: none"> ●防除ネット等の資材費 ●設置・巡視・補修等の労務費 	<ul style="list-style-type: none"> ●成林の確実性の向上

 **下刈回数省略** 現場で苗木の成長に応じて下刈回数を減らす判断をし、コスト縮減を狙います。一方で、巡視等にかかる費用を織り込んでおく必要があります。

作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●作業回数の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ●下刈り作業の労務費 	<ul style="list-style-type: none"> ●要否判定のための巡視費用 	<ul style="list-style-type: none"> ●労働強度の低減

 **早生樹の植栽** 早く育つコウヨウザンなどの樹木を植えて、収穫機会を増やすことを狙います。苗木代の上昇や、知見の不足に伴う不確実性がリスクとして存在します。

作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●収穫機会の増加 	<ul style="list-style-type: none"> ●収穫増加による収入増 ●植栽コスト低減（萌芽更新した場合） 	<ul style="list-style-type: none"> ●1本あたり苗木代 	

 **ドローン運搬** ドローンによる運搬効率向上によるコスト低減を狙います。一方で、機材導入や運搬コストを織り込んでおく必要があります。

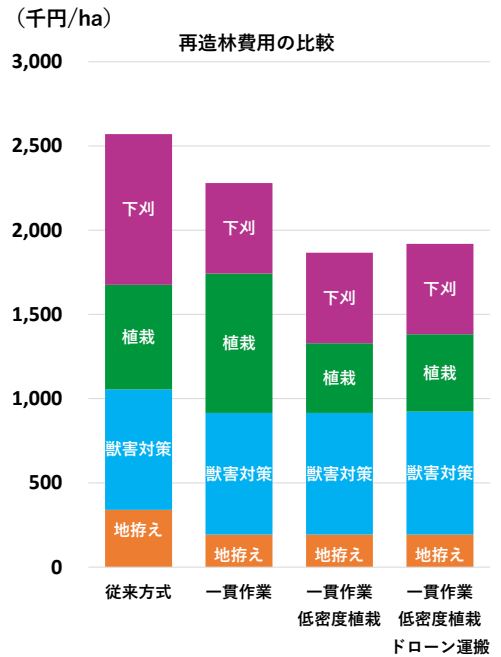
作業の特徴	主なコスト削減項目	主なコストアップ項目	その他の主なメリット
<ul style="list-style-type: none"> ●人力運搬作業の削減 	<ul style="list-style-type: none"> ●資材運搬にかかる労務費 	<ul style="list-style-type: none"> ●購入・保守費(自社機) ●操縦士の人件費、委託費 	<ul style="list-style-type: none"> ●労働強度の低減 ●作業安全性の向上

4つの皆伐・再造林手法を想定し、それらのコストを試算・比較しました。事業地の立地、傾斜、作業環境、形状などを考慮し、最適な手法を選択することで、コストの縮減が可能となります。

ここでは、従来方式および一貫作業での比較、また、低密度植栽やドローン運搬を取り入れた場合も検討しました。試算条件は、それぞれ表中に記載しています。

従来方式では、人力作業による労務費用が高くなりました。一方、一貫作業では、機械を使用するため労務費用を圧縮でき、トータルでのコストが安くなる試算結果となりました。ただし、コンテナ苗の採用により、植栽費が高くなる傾向があります。

この試算は、標準的な工程や単価を基にモデル的に算出したものです。実践する場合は、事業地の地形条件や作業環境などを考慮して労務工程や資材量を検討し、費用を積算する必要があります。



工程	従来方式	一貫作業	一貫作業 低密度植栽	一貫作業 低密度植栽 ドローン運搬
地拵え	340.4	192.9	192.9	192.9
獣害対策	714.5	722.5	722.5	730.0
植栽	620.9	826.9	413.4	459.2
下刈	895.0	537.0	537.0	537.0
合計	2,570.8	2,279.2	1,865.8	1,919.1

① 従来方式 ※再造林地1haあたりの試算

- 従来型の地拵えを実施、資材・苗木等の運搬は人力による
- 植栽本数は3千本/ha、裸苗を植栽
- 植栽後5年間を通じ、毎年1回の下刈りを実施

工程	項目	数量・工数	単価	費用
地拵え	地拵え作業	14.8 人日	23 千円/人日	340.4 千円
	獣害対策	獣害防護柵※1 [人肩運搬]	400 m × 1.7 千円/m 1.5 日 × 23 千円/人日	680.0 千円 34.5 千円
植栽	苗木代(裸苗)	3 千本	100 円/本	300.0 千円
	運搬労務費 [人肩運搬]	1.65 人日	23 千円/人日	38.0 千円
	植付労務費	12.3 人日	23 千円/人日	282.9 千円
下刈	下刈労務費(5年) [通常回数]	5 回	179 千円/回	895.0 千円
合計				2,570.8 千円

② 一貫作業(フォワーダ運搬) ※再造林地1haあたりの試算

- 一貫作業により地拵えを機械で実施、資材・苗木等の運搬はフォワーダによる
- 植栽本数は3千本/ha、コンテナ苗を植栽
- 植栽後5年間を通じ、2年に1回(5年間で3回)の下刈りを実施

工程	項目	数量・工数	単価	費用
地拵え	オペレータ労務費 機械費(グラブブル)	4.54 日	24 千円/日	109.0 千円 83.9 千円
	獣害対策	獣害防護柵※1 オペレータ労務費 機械費(フォワーダ)	400 m × 1.7 千円/m 1 日 × 24 千円/人日	680.0 千円 24.0 千円 18.5 千円
植栽	苗木代(コンテナ苗)	3 千本	190 円/本	570.0 千円
	オペレータ・運搬労務費 機械費(フォワーダ)	0.2 人日	24 千円/日	4.8 千円 3.7 千円
	植付労務費	10.8 人日	23 千円/人日	248.4 千円
下刈	下刈労務費(5年) [下刈回数省略]	3 回	179 千円/回	537.0 千円
合計				2,279.2 千円

③ 一貫作業/低密度植栽(フォワーダ運搬) ※再造林地1haあたりの試算

- 一貫作業により地拵えを機械で実施、資材・苗木等の運搬はフォワーダによる
- 植栽本数は1.5千本/ha、コンテナ苗を植栽
- 植栽後5年間を通じ、2年に1回(5年間で3回)の下刈りを実施

工程	項目	数量・工数	単価	費用
地拵え	オペレータ労務費 機械費(グラブブル)	4.54 日	24 千円/日	109.0 千円 83.9 千円
	獣害対策	獣害防護柵※1 オペレータ労務費 機械費(フォワーダ)	400 m × 1.7 千円/m 1 日 × 24 千円/人日	680.0 千円 24.0 千円 18.5 千円
植栽	苗木代(コンテナ苗) [低密度植栽]	1.5 千本	190 円/本	285.0 千円
	オペレータ・運搬労務費 機械費(フォワーダ)	0.1 人日	24 千円/日	2.4 千円 1.8 千円
	植付労務費	5.4 人日	23 千円/人日	124.2 千円
下刈	下刈労務費(5年) [下刈回数省略]	3 回	179 千円/回	537.0 千円
合計				1,865.8 千円

④ 一貫作業/低密度植栽(ドローン運搬) ※再造林地1haあたりの試算

- 一貫作業により地拵えを機械で実施、資材・苗木等の運搬はドローンによる
- 植栽本数は1.5千本/ha、コンテナ苗を植栽
- 植栽後5年間を通じ、2年に1回(5年間で3回)の下刈りを実施

工程	項目	数量・工数	単価	費用
地拵え	オペレータ労務費 機械費(グラブブル)	4.54 日	24 千円/日	109.0 千円 83.9 千円
	獣害対策	獣害防護柵※1 運搬費(ドローン)	400 m × 1.7 千円/m 0.25 日 × 200 千円/日	680.0 千円 50.0 千円
植栽	苗木代(コンテナ苗) [低密度植栽]	1.5 千本	190 円/本	285.0 千円
	運搬費(ドローン)	0.25 日	200 千円/日	50.0 千円
	植付労務費	5.4 人日	23 千円/人日	124.2 千円
下刈	下刈労務費(5年) [下刈回数省略]	3 回	179 千円/回	537.0 千円
合計				1,919.1 千円

※ 資材費+設置労務費として試算

9. モデル事業地の諸元

京都府では令和2年～令和5年にかけて、いくつかの府有林で低コスト施業に向けた試験施業を実施してきました。現在、これらのモデル事業で得られた知見を踏まえ、府有林の皆伐・再造林を推進しているところです。今後も、施業現場をとおして得られた知見・経験を蓄積し、広く京都府の林業振興に還元していく予定です。

	R3		R4			R5
地区名	綾部市A	舞鶴市A	綾部市B	綾部市C	綾部市D	亀岡市A
所在地	綾部市五津合町二ノ又谷ほか	舞鶴市白滝ハシ谷	綾部市陸合町三ツ口	綾部市陸合町三ツ口	綾部市陸合町三ツ口	亀岡市篠町王寺裏山
面積	0.48ha	0.35ha	0.24ha	0.27ha	0.24ha	0.30ha
標高	490-530m	280-340m	350-400m	350-400m	350-400m	370-400m
平均傾斜	15~35°	20~40°	15~35°	15~40°	15~35°	20~40°
前生樹	スギ153本	スギ47本	スギ237本	スギ219本	スギ289本	ヒノキ
伐採作業						
伐採期間	R3/3/7~4/15	R3/4/7~4/21	R4/7/20~9/17	R4/7/20~9/17	R4/7/20~9/17	R5/4/1~6/17
作業機械	チェーンソー グラップル ウィンチ	チェーンソー グラップル ウィンチ	チェーンソー ハーベスタ	チェーンソー ハーベスタ	チェーンソー ハーベスタ	チェーンソー フェラパンチャー グラップル キャリア
出材材積	98.4m ³	29m ³	163.0m ³	120.0m ³	128.0m ³	126.8m ³
作業工数	45人日	21.5人日	37.0人日	31.0人日	31.0人日	34.8人日
生産性	2.19m ³ /人日	1.35m ³ /人日	4.41m ³ /人日	3.87m ³ /人日	4.13m ³ /人日	3.64m ³ /人日
地拵作業						
地拵期間	R3/3/7~4/15	R3/4/7~4/21	R4/7/20~9/17	R4/7/20~9/17	R4/7/20~9/17	R5/4/27~6/7
作業方法	機械・人力併用	人力	機械・人力併用	機械・人力併用	機械・人力併用	機械・人力併用
作業機械	グラップル	チェーンソー	ハーベスタ グラップル	ハーベスタ グラップル	ハーベスタ グラップル	グラップル フェラパンチャー
作業工数	5.0人日	10.0人日	3.0人日	3.0人日	3.0人日	20.5人日
生産性	0.10ha/人日	0.04ha/人日	0.08ha/人日	0.09ha/人日	0.08ha/人日	0.01ha/人日
植栽作業						
植栽期間	R3/4/20~4/21	R3/4/26~5/11*	R4/11/10	R4/11/9	R4/11/8	R5/6/14~6/16
植栽樹種	1. コウヨウザン (コンテナ) 2. スギ(コンテナ)	コウヨウザン (コンテナ)	1. コウヨウザン (コンテナ) 2. スギ(コンテナ) 3. スギ(裸苗)	1. コウヨウザン (コンテナ) 2. スギ(コンテナ) 3. スギ(裸苗)	1. コウヨウザン (コンテナ) 2. スギ(コンテナ) 3. スギ(裸苗)	コウヨウザン (コンテナ)
植栽本数	1. 1140本 2. 230本	525本	1. 284本 2. 50本 3. 100本	1. 385本 2. 50本 3. 100本	1. 323本 2. 50本 3. 100本	525本
植栽密度	1. 3,000本/ha 2. 2,200本/ha	1,500本/ha	3,000本/ha	3,000本/ha	3,000本/ha	3,000本/ha
植栽器具	バチ鋏	唐鋏(改良鋏)	唐鋏	唐鋏	唐鋏	植林鋏
作業人日	8.0人日	18人日*	3.0人日	3.0人日	3.0人日	5.5人日
生産性	171.3本/人日	29.2本/人日*	144.67本/人日	178.33本/人日	157.67本/人日	100.36本/人日
※単木保護資材の設置作業を含む						
獣害対策						
対策手法	獣害防護柵 単木保護資材	獣害防護柵 単木保護資材	単木保護資材	単木保護資材	単木保護資材	獣害防護柵
実施期間	記録なし	植栽とまとめて記録	R4/11/13	R4/11/12	R4/11/11	R5/6/8~6/16
数量	記録なし	植栽とまとめて記録	252本	303本	272本	300m
作業人日	記録なし	植栽とまとめて記録	3.0人日	3.0人日	3.0人日	8.0人日
生産性	記録なし	植栽とまとめて記録	84.00本/人日	101.00本/人日	90.67本/人日	37.50m/人日
事業概要	既往の作業道の下部斜面。木寄せ・造材・積込はグラップルを用いた。トラックに直接積込。作業道付近は緩傾斜で機械地拵を実施できたが、事業地の大部分を占める急傾斜地は人力地拵。植栽本数が限られたため、苗木は人肩運搬し、使い慣れたバチ鋏で植栽した。	非常に急峻な地形。進入路が狭く、スイングヤードを使用できなかったため車両系システムを採用。グラップルでトラックに直接積込。急傾斜のため全て人力地拵。林地残材が多く、植栽範囲のみの坪刈り地拵とした。岩が多く、ディブルでは作業困難であったため、唐鋏により植栽。	急傾斜地で露出した岩場がある事業地。伐採では、ハーベスタが造材しやすいように伐倒方向を揃えた。木寄せは、ウィンチ・ハーベスタ・フォワーダを用いて整列した。地拵は作業道付近は機械地拵を実施。	急峻な事業地。伐採では、ハーベスタが造材しやすいように伐倒方向を揃えた。木寄せは、ウィンチ・ハーベスタ・フォワーダを用いて整列した。地拵は作業道付近は機械地拵を実施。	急傾斜地で露出した岩場がある事業地。伐採では、ハーベスタが造材しやすいように伐倒方向を揃えた。木寄せは、ウィンチ・ハーベスタ・フォワーダを用いて整列した。地拵は作業道付近は機械地拵を実施。	作業道の開設と並行して実施。作業道から届く範囲は機械地拵を行ったが、事業区域が小さく残材の集積により作業効率が低下した。植栽は使い慣れた植林鋏を用いた。苗木運搬にはキャリアを活用。獣害防護柵は、ロープ止め付きボールキャップを採用し、労務負担を軽減できた。

10. 参考情報

■ 林野庁ウェブサイト

「造林の省力化・低コスト化について」

低コスト再造林に関する各種の公開資料がまとめられています（手引、事例集、パンフレット、調査報告書など）。

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/syokusai.html>



■ 国立研究開発法人 森林総合研究所ウェブサイト

「低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集」

一貫作業に関する研究成果であり、再造林のコスト削減に向けた様々な技術やその考え方が整理されています。

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/3rd-chuukiseika7.html>



11. 低コスト施業に関する補助事業

京都府では、低コスト施業に関して幅広い補助制度を設けています。以下の各事業について、組み合わせて補助を受けることができます。

主伐・再造林一貫作業を行う

事業名	補助対象および要件	補助率（額）
森林整備事業 (花粉発生源対策促進事業)	◇ 一貫作業実施に対する補助 ・ 森林経営計画に基づくもので、施業地の面積が0.1ha以上であること ・ 植栽に使用する苗木は花粉症対策苗木のコンテナ苗とすること	40% (注1) (注5)
次世代につながる 森づくり事業	◇ 一貫作業のうち、植栽に対する補助 ・ 森林整備事業と併せて実施すること	15% (注2) (注6)
林業事業者木材 生産力向上支援事業	◇ 府内の市場等へ木材を搬出するための施業（主伐等）に対する補助 ・ 森林経営計画に基づく施業を行い、再造林が行われること ・ 自ら長期間（10年以上）森林経営を行う人工林で実施する、または生産性を向上（1.3倍以上）する計画を作成していること	定額 (注3)

低密度での植栽を行う

事業名	補助対象および要件	補助率
森林整備事業 (森林環境保全直接支援事業)	◇ 植栽（地拵え含む）に対する補助 ・ 施業地の面積が0.1ha以上であること	40% (注2) (注5)
次世代につながる 森づくり事業	◇ 植栽に対する補助 ・ 森林整備事業と併せて実施すること	15% (注2) (注6)

獣害対策を行う

事業名	補助対象および要件	補助率
森林整備事業 (森林環境保全直接支援事業、 花粉発生源対策促進事業)	◇ 獣害対策に対する補助 ・ 植栽または一貫作業と一体的に行われるものであること	40% (注4) (注6)
次世代につながる 森づくり事業	◇ 獣害対策に対する補助 ・ 森林整備事業と併せて実施すること	15% (注4) (注6)

(注1) 府が定める一貫作業の標準単価に、補助率をかけた金額が補助金となります（実行経費に対する補助ではありません）

(注2) 府が定める一貫作業（植栽部分）の標準単価に、補助率をかけた金額が補助金となります（実行経費に対する補助ではありません）

(注3) 府が定める伐採から搬出に係る標準単価の30%相当額となります（森林整備事業の補助金の交付を受ける場合は府が定める搬出に係る標準単価の30%相当額となります）

(注4) 府が定める獣害対策の標準単価に、補助率をかけた金額が補助金となります（実行経費に対する補助ではありません）

(注5) 実質補助率68%、ただし、市町村森林整備計画で「効率的施業区域」に指定されている場合は72% / 森林経営計画に基づかない場合の補助率は36%

(注6) 実質補助率25.5%、ただし、市町村森林整備計画で「効率的施業区域」に指定されている場合は27% / 森林経営計画に基づかない場合の補助率は13.5%



■ 主伐・再造林の推進

-低コスト施業による効率的な再造林-

令和7年3月 発行

発行者：京都府農林水産部林業振興課

〒602-8570

京都市上京区下立売通新町西入藪ノ内町

TEL：075-414-5001 FAX：075-414-5010

制作：アジア航測株式会社

本資料は、「令和2年度森林資源モデル林造成事業」のモデル林施業地等で得られた知見をもとに作成しました。