

# IV 低コスト化に向けた手法・技術・事例

## 1 主伐時の林業機械の活用【機械地拵え】

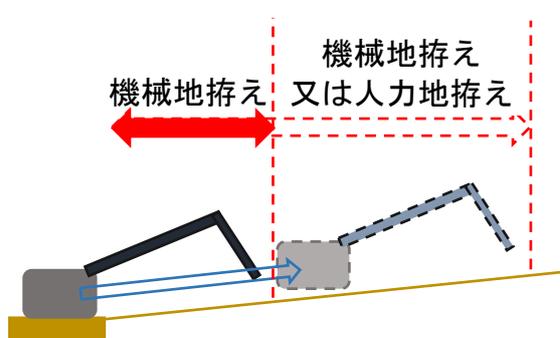
### (1) 使用機械

グラップル、ロングリーチグラップル等

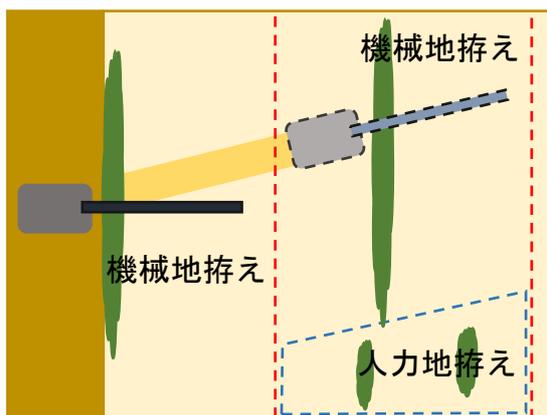
### (2) 作業上のポイント

機械地拵えは、機械のアームの長さを考慮し、地形等現地条件に合わせて作業範囲を決めます。

#### 【緩傾斜地】

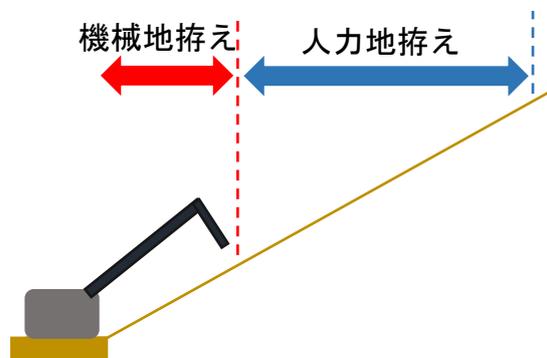


- ・簡易な道（土工伴わない等）で林内を移動することで、広範囲で機械地拵えを行うことが可能です。

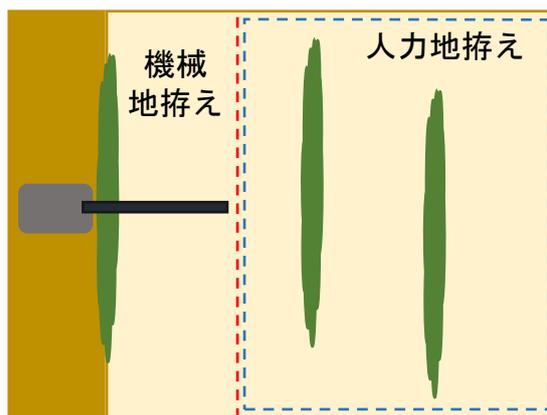


- ・機械地拵えできない範囲は人力地拵えを行います。
- ・枝条残材は作業道沿いや林内に整理します。

#### 【中～急傾斜地】



- ・グラップル等のアームの届く範囲で機械地拵えを実施し、残りは人力地拵えを行います。



- ・枝条残材は作業道沿いや林内に整理します。
- ・全木集材により人力地拵えの区域を縮小できます。
- ・ロングリーチグラップルの使用で人力地拵えの区域を縮小できます。

【参考：低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集（森林総合研究所）】

### (3) 地拵えの種類とメリット・デメリット



- ・地拵えは、時間と労力をかけすぎると逆に高コストとなります。
- ・地表をきれいにすることが目的ではなく、植栽を行うために必要な地表整理であることを意識してください。

#### ① 枝条残材放置

- ・この状態では植付が困難又は不可能。
- ・下刈り作業は困難。
- ・この状態から再造林(地拵え～植栽)を行うと最も高コストとなる。



#### ② 人力地拵え

- ・すべて人力地拵えを行うことは、低コスト化につながらない。
- 機械・人力地拵え併用で低コスト化
- ・裸苗もコンテナ苗も植付は容易。
  - ・下刈り時に障害物が少ない。



#### ③ 機械地拵え

- ・再造林経費を抑えることが可能。
- ・コンテナ苗は植付が可能。
- ・機械地拵えの程度によっては裸苗も植付が可能。  
(必要に応じて人力地拵えを実施)
- ・枝条等があるため下刈り時に注意。



#### ④ 枝条等搬出(森林バイオマス活用)

- ・枝条等を搬出して森林バイオマスとして活用する場合、主伐の採算性が取れるならば、最も低コスト化・省力化につながる。
- ・植付作業は最も容易。
- ・下刈り時に障害物が最も少ない。



#### (4) 機械地拵えをどこまでやるか

再造林経費を抑えることが可能な機械地拵えを実施する場合、以下について造林業者や下刈り業者と打合わせるなど、各事業者における「地拵え」の目安を決めておきましょう。

CHECK! 

- ・ 現地は機械地拵えのみで実施可能か（人力地拵えは必要か）
- ・ 機械地拵えをどの程度までやるか（どの程度なら許容か）
- ・ 今後の保育作業にどの程度影響があるか

#### 【機械地拵えの事例（人力地拵えが不要と思われる事例）】



## 2 主伐時の林業機械の活用【機械による苗木運搬】

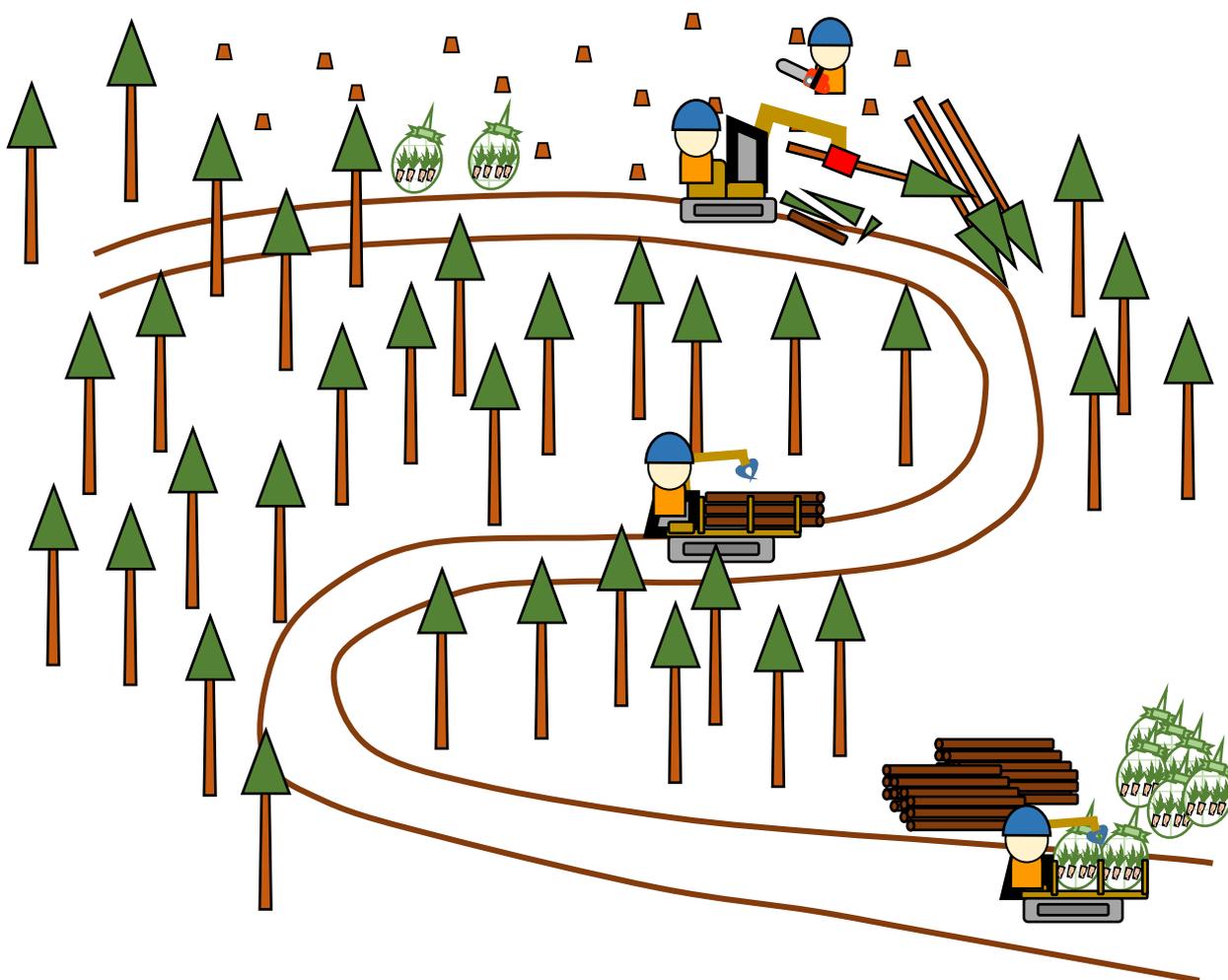
### (1) 使用機械

【車両系】フォワーダ、【架線系】スイングヤーダ、タワーヤーダ等

### (2) 作業内容

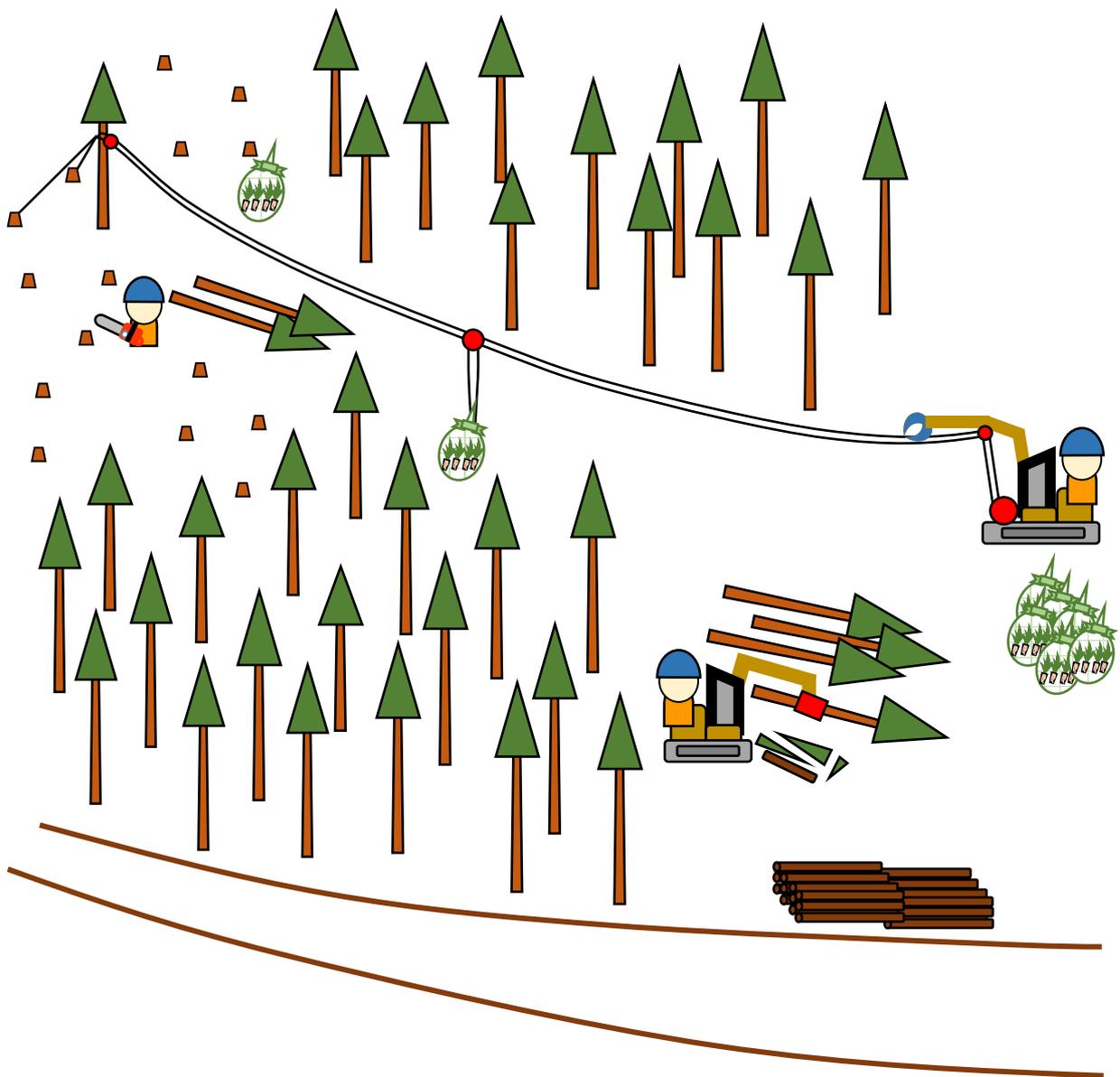
#### ① 車両系搬出の場合

- ・トラック等で山土場まで苗木を運びます。
- ・フォワーダで搬出してきた材を下ろした後、苗木を積み込み、植栽予定箇所まで運搬します。
- ・植栽箇所に着いたら、作業の支障とならないように作業道沿い等に一定の間隔で苗木を置いておきます。
- ・シカ防護柵やシカ食害防止防護筒等の鳥獣被害防止資材も併せて運搬します。



## ② 架線系搬出の場合

- トラック等で山土場まで苗木を運びます。
- 架線から材を下ろした後、苗木を架線につるし、先山まで運搬します。
- 先山では、索張方式に応じて荷下ろしポイントを定め、苗木を置いておきます。
- シカ防護柵やシカ食害防止防護筒等の鳥獣被害防止資材も併せて運搬します。



### 3 低密度植栽

【参考：平成 29 年度低密度植栽技術の導入に向けた  
調査委託事業報告書（林野庁）】

#### (1) 定義

低密度植栽とは、従来の 3,000 本/ha より植栽本数を少なくした造林手法です。

#### (2) メリット

- ・ 単位当たりの植栽本数を少なくすることで植栽作業が省力化され、作業時間の短縮につながります。
- ・ 造林事業者は、生産性の向上（ヘクター当たりの人役数や作業日数の抑制）により、年間の事業量を増大させることができます。
- ・ 森林所有者は、植栽経費（苗木代や植付経費）を抑えられるため、負担額を減らすことができます。

植栽本数 (本/ha)	スギ（裸苗）		
	標準単価 (千円)	補助金額 (千円)	負担額 (千円)
3,000	1,138	774	364
2,500	1,033	806	227
2,000	928	724	204
1,500	823	642	181

160 千円  
削減

※H30. 10. 1 以降申請適用版の造林補助事業標準単価を採用。

※補助率は、2,500 本/ha 以下は 78%、3,000 本/ha は 68%。

※再造林の個人等単価、間接費 25%、人力地拵の単価を採用。手数料等は考慮しない。

#### (3) 留意点

##### ① 植栽本数

- ・ 植栽本数は生産目標によって決めることが重要です。
- ・ 1,000 本/ha 以下は、ウラゴケ(細りの大きいもの)形質になりやすい可能性があります。

##### 【植栽本数による違い（スギ・ヒノキの場合）】

植栽本数	植栽間隔	生産目標	形質	植栽コスト	保育コスト	
3,000 本/ha 以上	1.8m 以下	良質材	良 ↑ ↓ 注意	高	高	
3,000 本/ha	1.8m	一般材		↑ ↓ 低	↑ ↓ 低	↑ ↓ 低
2,500 本/ha	2.0m					
2,000 本/ha	2.2m					
1,500 本/ha	2.6m					
1,000 本/ha 以下	3.2m 以上	一般材・低質材				

※生産目標や形質等は、保育施業の内容によっても異なります。

## ② 植栽・保育作業

### 【植栽】

- ・植栽間隔が変わるため、作業に慣れるまで植栽効率は一時的に落ちる可能性があります。尺棒の長さの変更等で対応可能です。

### 【下刈り・つる切り】

- ・植栽木の間隔が広がるため、通常より下刈り期間が増す可能性があります。また、つる植物が侵入しやすいため配慮が必要です。
- ・つる切りは下刈り終了時まで確実に実施します。

### 【除伐】

- ・低密度植栽の場合、下刈り終了後も広葉樹が進入・再生する可能性があるため、必要に応じて従来の時期より前倒して除伐を実施します。

### 【枝打ち・間伐】

- ・木材の生産目標により回数や方法は異なります。

## ③ 気象害

- ・1,000本/ha以下では幼齢期に気象被害（雪害等）を受ける可能性が高まります。

## （４）低密度植栽の推進について

再造林を計画する際は、各市町の市町村森林整備計画との整合を図りつつ、下記を参考にして現地条件や生産目標に応じた低密度植栽について検討してください。



従来から一般材生産として、3,000本/ha植栽が定着してきましたが、国有林等での検証結果を踏まえれば、2,000～2,500本/ha植栽でも一般材生産としては十分であると考えられます。

※市町村森林整備計画で定める本数より少ない場合は、林業普及指導員又は市町の林務担当部局との相談が必要であることに留意してください。

## (5) 低密度植栽の実証試験（近畿中国森林管理局）

広島県福山市の新元重山国有林において、低コスト化や公益的機能の発揮の観点で、植栽本数密度別試験地（1,000 本区、1,500 本区、2,000 本区、3,000 本区）の調査研究が続けられています（2032 年度までの予定）。

なお、この試験地は、地位が高い林分であることに留意が必要です。

### 低密度植栽の林分【H28 撮影：新元重山国有林】



### ① 「植栽本数の違いによる成林状況の一考察」（岩田・村上 2002）

#### <29～30 年生時の調査結果>

- 造林作業工程（植付、下刈り）は、植栽本数が少ないほど小さくなる傾向。
- 1,000 本区は、他の試験区と比較して枝が太く、大きい枝張り。
- 上位木（胸高直径が大きな個体 1,000 本）の胸高直径は、大差なし。
- 形状比は、植栽本数が少ないほど低い。
- 細り率が高さ 7.2m まで大差ないことから、元玉から 3 番玉までは、低密度植栽による影響が小さい。

## ②「植栽本数の違いによる成林状況の一考察」(石堂 2011)

### <39～40年生時の調査結果>

- 胸高直径は、いずれの試験区も順調に成長。
- 形質不良木出現率は、1,000本区において、スギで2割、ヒノキで3割あり、他の試験区での1割以下に比べて高い(切捨間伐の未実施、若齢時の蔓茎類の繁茂によるものである可能性)。
- 形状比は、植栽本数が少ないほど低い。
- 収量比数は、植栽本数が多いほど高い。

## ③「低密度植栽で造成されたスギ・ヒノキの標準伐期齢を越えた林分の林分構造及び材質(幹形・強度)調査結果について」(堂藺・藤原 2015)

### <41～42年生時の調査結果>

- 胸高直径は、植栽本数が少ないほど大きくなる傾向があるが、林分閉鎖以降の肥大成長には大差がない。
- 林分材積は、1,000本区が他の試験区に比べて小さい。
- 細り率について、スギでは、植栽本数によって大差がない。ヒノキでは、1,000本区において変化量が大きく、歩留まりが悪い。
- 応力波伝播速度調査の測定値から推計した静的ヤング率について、スギは、1,500本区以上の植栽本数で、製品品質規格の下限のヤング率基準をほとんど上回る。ヒノキは、1,500本区では、製品品質規格の下限のヤング率基準を上回るものが90%。
- この試験地は地位が高い(1等級に該当)事例である。地位が中等程度の場合の結果は不明であり、別途検証が必要。

## 4 コンテナ苗の活用

【参考：コンテナ苗基礎知識（林野庁）】

### (1) コンテナ苗について

#### ① コンテナ苗とは

育成孔（キャビティ）の内側にリブ（縦筋状の突起）や細長いスリット（縦長の隙間）を設けた容器の使用やその他の方法により、水平方向の根巻きを防止し、垂直方向に空気根切り※した根鉢付きの苗のこと。

※根が空気に触れると自然に根の成長が止まること。

#### ② コンテナ苗の特徴

- ・成形性が高く、植付時に扱いやすい。
- ・「リブ」等により根巻きによる根の変形が起こらない。
- ・自然と根切りができる（空気根切り）。



#### ③ コンテナ容器

- ・マルチキャビティコンテナ（150cc、300cc）
- ・Mスターコンテナ 等



【マルチキャビティコンテナ】



【Mスターコンテナ】

#### ④ コンテナ苗のメリット

##### 【苗畑段階】

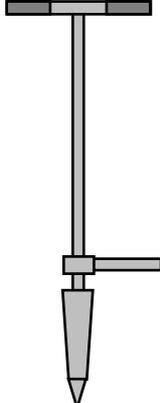
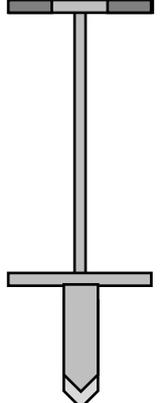
- ・根切りが不要である。
- ・除草が容易である。
- ・ビニールハウスで育てる等、育て方次第で育苗期間を短縮できる。
- ・機械化により育苗に係る労力を削減でき、かつ生産規模拡大により低コストで大量生産が期待できる。
- ・裸苗に比べ、小面積で多くの苗木を生産できる。

##### 【植付段階】

- ・植付現場での保管等の扱いが容易である。
- ・専用の植付器具をうまく使用することで植付時間を短縮できる。また、植付作業に熟練を要しない。
- ・植付の適期拡大が期待できる。

#### ⑤ 植付器具

- ・クワ
- ・専用器具

専用器具の一例			
ディンプル		スぺード	
<ul style="list-style-type: none"><li>・先端がコンテナ根鉢の形。</li><li>・土壤に押し込むだけで植え穴を空けることができ、作業が効率的。</li><li>・堅密土壤、礫や根茎等の多い土壤では刺さりにくい。</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>・形状は数種類ある。</li><li>・主に先端が尖っていてエッジが付いている。</li><li>・バーに足をかけて土壤に突き刺し、前後左右に動かして穴を空ける。</li><li>・根茎等の多いところでは先端を使って切断できる。</li></ul>	

※専用器具を用いる場合は、コンテナ苗の根鉢の大きさ（150cc 又は 300cc）に合ったものを使います。

※現地の条件に合った器具を用いることで、植付作業の効率化が期待できます。

※土壤や傾斜、地被物などの条件や作業の安全性など、全般的に考慮すれば、クワの汎用性が高いという報告があります。

## ⑥ コンテナ苗の植付の手順

### 【植付箇所への運搬】

- ・苗木袋やカゴ等を利用して運搬します。
- ・運搬中に根鉢が崩れないように十分注意します。
- ・根鉢があるため、裸苗のような仮植は不要ですが、シートや枝葉等で覆うなど乾燥に留意します。



### 【地表物の除去】

- ・植付箇所を決め、穴を空ける前に、軽く地表物を除去します。



### 【植穴掘り】

- ・大きさのあった器具で、器具の先端部が少し埋まるくらいの穴を空けます。
- ・深すぎた場合は、土で埋め戻します。



### 【植え付け】

- ・根鉢と土の間(下部・側部)に隙間がないように接着させます。
- ・根鉢全体が埋まるように植えつけます。
- ・根鉢が雨等で浮き上がらないように足で踏んでしっかり締め固めます。



### 【乾燥防止】

- ・植え付け前に除去した地表物を苗木周辺に戻します。



## (2) コンテナ苗に関する試験・調査（いずれも国において試験研究中）

### ① コンテナ苗の活着について

- ・ 8月の植栽でも活着率は94%以上であり、どの時期に植栽しても、活着率は適期に植付した裸苗と同程度又はそれ以上だった。

### ② コンテナ苗の植付効率について

- ・ 唐クワを使っても裸苗の丁寧植えより約2倍早く植え付けできる。
- ・ ひとクワ植えでは、専用の植栽器具と同程度の効率である。
- ・ 器具の違いで植付効率に多少の差が見られる。
- ・ 植付場所の条件(傾斜・土壌等)によって作業効率の良い植付器具が異なる。

### ③ コンテナ苗の成長について

- ・ 全国で収集された試験データの比較において、樹種別や全体でもコンテナ苗の平均成長率は裸苗と変わらない。

#### 注意！

コンテナ苗であっても、苗木の状態(根鉢や葉量)、植え方、環境条件などによっては、枯れることがあります。

## (3) コンテナ苗の普及に向けた課題

- ・ コンテナ苗は、裸苗に比べ、多くのメリットがある一方、単価が高い（現状では裸苗の2倍程度）という課題があることから、大量生産や生産技術の改良等により、低価格化を図る必要がある。

## 5 下刈りの省力化

### (1) 下刈り回数見直しの検討

#### ① 下刈りは補助対象林齢上限まで必要か

- 補助事業の対象林齢（1回刈：針葉樹は6年生まで、広葉樹は10年生まで）に関わらず、植栽木が雑草木の高さを十分に越えていれば、下刈りの省略を検討します。（ツル植物の繁茂の恐れがある場合は除く。）

#### ② 再造林後の1年目の下刈りは必要か

- 一貫作業により植生が繁茂する前に植栽すれば、再造林後1年目の下刈りは省略できる場合があります。（ツル植物の繁茂の恐れがある場合は除く。）

#### 【省略に当たってのポイント】

- ☑ 植栽木が雑草木の高さを十分に越えているかどうか。
- ☑ 植栽木が周囲の雑草木に覆われないかどうか。
- ☑ ツル植物の繁茂しそうでないかどうか。

※例えば、下刈りを1回省略した場合、約18万円/ha程度の保育経費の軽減につながります。（負担額で4万円/ha程度）

### (2) 下刈り方法の見直し（部分刈りの導入（坪刈り、筋刈り））

- 山口県造林補助事業施業基準において、坪刈りは「造林木の周囲を半径約0.8mの円形に刈り払うもの」、筋刈りは「造林木に沿って約1.1m幅で带状に刈り払うもの」としています。
- 低密度植栽と部分刈りとの組み合わせにより、刈払い面積の削減が可能です。ただし、植栽木を中心に刈り払うため、作業が掛り増しになる可能性があることに留意が必要です。

植栽本数(本/ha)	全刈面積	坪刈り面積	筋刈り面積
3,000	100	60	60
2,000	100	40	50

※全刈面積を100とした場合の部分刈り面積の指数

- 部分刈り後は、植栽木が被圧されないよう、雑草木の繁茂状況に留意する必要があります。

### (3) 将来の初期保育の省力化

- 今後、早生樹（センダンなど）や特定母樹（初期成長に優れ花粉発生量が少ない）の苗木を用いることで、下刈り回数の削減など、初期保育に係る経費をさらに抑えることが期待できます。

## 6 各手法の組み合わせによる低コスト化の推進

一貫作業、コンテナ苗の活用による低密度植栽、下刈り回数削減といった低コスト化を図ることで、植栽～保育経費を抑えることができます。

### ○従来の再生林と保育

(スギ(裸苗) 3,000本/ha 植栽、下刈り6回、保育間伐2回とした場合)

(単位:千円)

区分	林齢 施業	1年	1~6年	11年	20年	30年	合計	
		植栽 (人力地拵)	下刈	除伐 枝打	保育間伐 (25%)	保育間伐 (25%)		
スギ (裸苗) (3,000本 /ha)	標準経費	1,138	1,092	401	232	232	3,095	
	所有者負担額	364	240	128	51	51	834	
	成立 本数	前	3,000	3,000	2,900	2,650	1,800	
		後				1,987	1,350	
	収量 比数	前				0.77	0.80	
		後				0.67	0.71	

### ○低コスト化した再生林と保育

(スギ(コンテナ苗)2,000本/ha 植栽、下刈り5回、保育間伐1回とした場合)

(単位:千円)

区分	林齢 施業	1年	2~6年	11年	→	30年	合計	
		植栽 (人力・機械 併用地拵)	下刈	除伐 枝打	→	保育間伐 (25%)		
スギ (コンテナ苗) (2,000本 /ha)	標準経費	1,048	910	401	→	232	2,591	
	所有者負担額	231	200	128	→	51	610	
	成立 本数	前	2,000	2,000	1,950	→	1,750	
		後					1,312	
	収量 比数	前					0.79	
		後					0.70	

(想定条件) ※現地等によって条件は異なります  
 植栽(地拵え) : 一貫作業により機械地拵えを実施(一部人力地拵え)  
 植栽(植付) : コンテナ苗を活用し、低密度植栽を実施  
 下刈り : 1年目の下刈りを省略  
 除伐・枝打ち : 従来と同時期に1回実施  
 保育間伐 : 低密度植栽のため、従来と比べ1回削減

上記試算は以下による

※標準経費: 造林補助事業標準単価(H30.10.1以降申請適用版、個人等単価、間接費25%)、手数料等は考慮しない。

※補助率: 再生林は従来が68%、低コストが78%、下刈り・保育間伐はいずれも78%、除伐・枝打ちはいずれも68%

※成立本数、収量比数: 「人工林林分密度管理図(北近畿・中国地方 スギ林分密度管理図)」及び

「山口県スギ人工林樹高成長曲線(地位2)」による

※実生スギとコンテナスギは同じ樹高成長と仮定

※間伐する林齢は同じとし、収量比数が0.60~0.80となるよう間伐率を調整

504千円  
削減

224千円  
削減

成立本数  
も同程度

### ○低コスト化によるメリット等

CHECK!

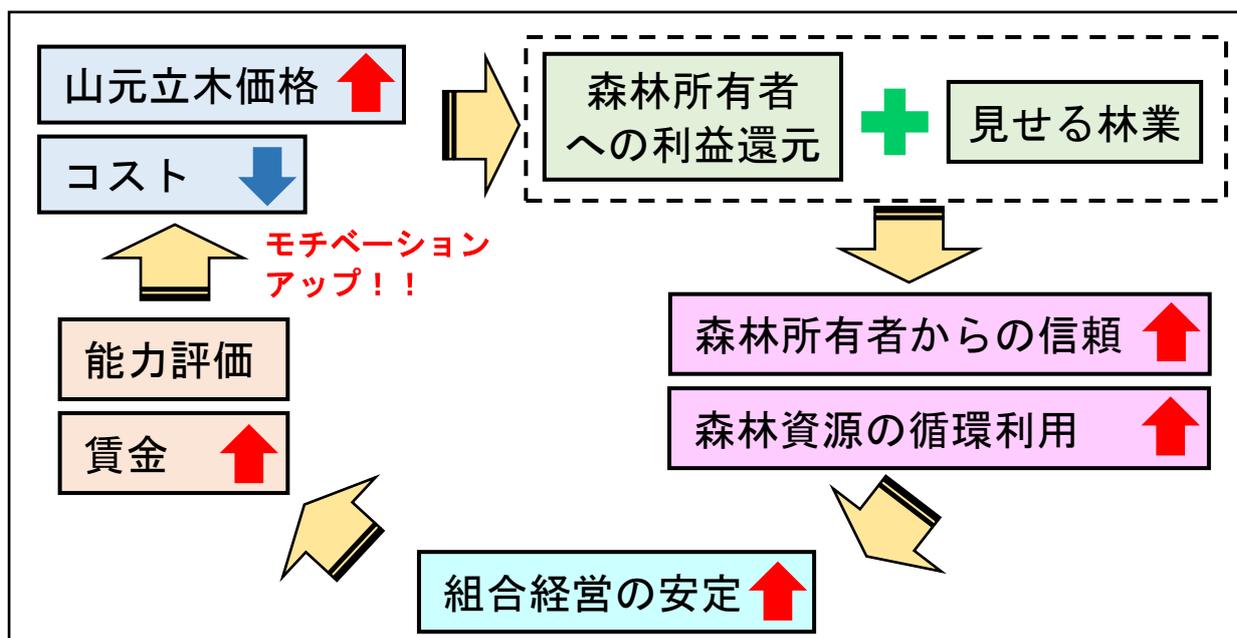
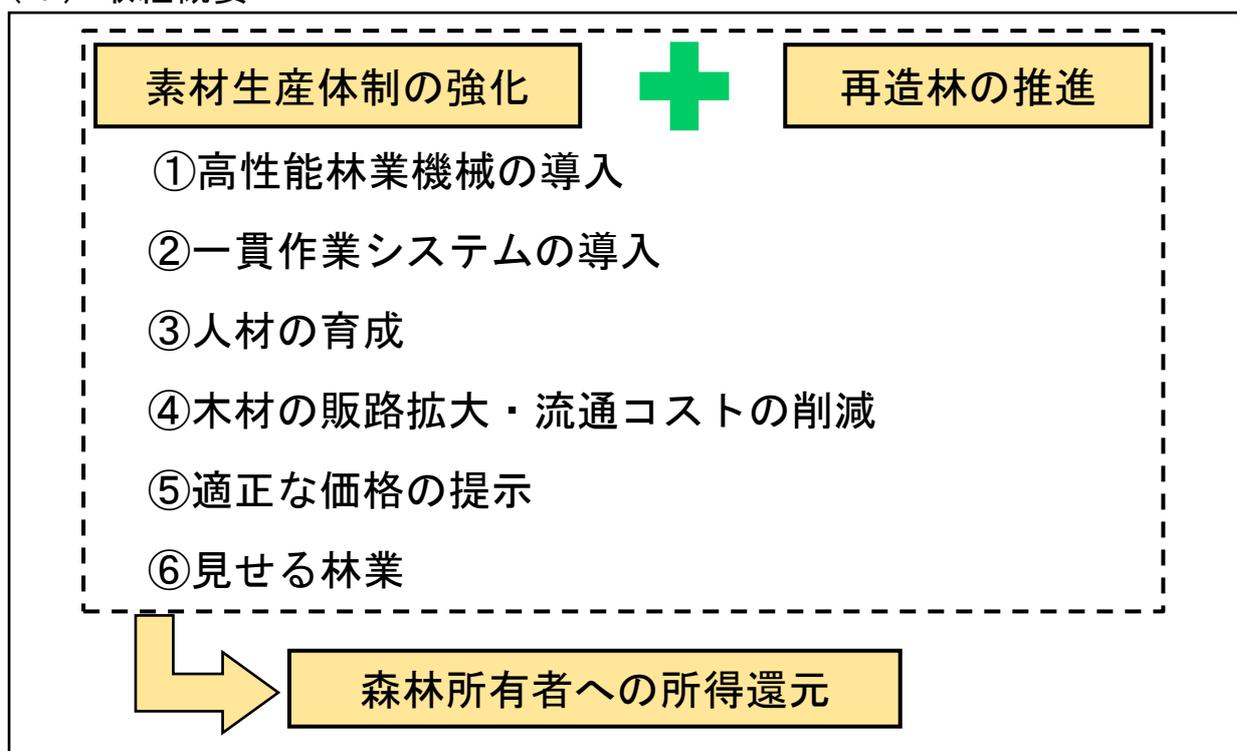
区分	従来手法	低コスト化手法	メリット	デメリット
地拵え	人力地拵え	機械地拵え (人力との併用)	労務軽減、経費削減、機械稼働率向上	連携に伴う調整が必要
植栽本数	3,000本/ha	2,000 ~2,500本/ha	労務軽減、経費削減	下草やツルの繁茂の可能性
苗木	裸苗	コンテナ苗	植栽作業の効率化、植栽時期の平準化	価格が高い、供給本数の懸念
下刈り (スギ・ヒキ)	6回	5回以下	労務軽減、経費削減	下草やツルの繁茂の可能性

## 7 先進事例の紹介

### 1 A森林組合（鹿児島県）の事例

鹿児島県のA森林組合では、全国に先駆けて高性能林業機械等による主伐－再造林の一貫作業に取り組んでおり、素材生産や再造林の実績を大きく伸ばしています。その取組を一部紹介します。

#### (1) 取組概要



## (2) 一貫作業の取組事例

### 【事例①】機械地拵えの状況（グラップル使用）



### 【事例②】ロングリーチグラップルによる機械地拵え状況



### 【事例③】 造材ポイントの枝条残材の状況



### 【事例④】 造材状況



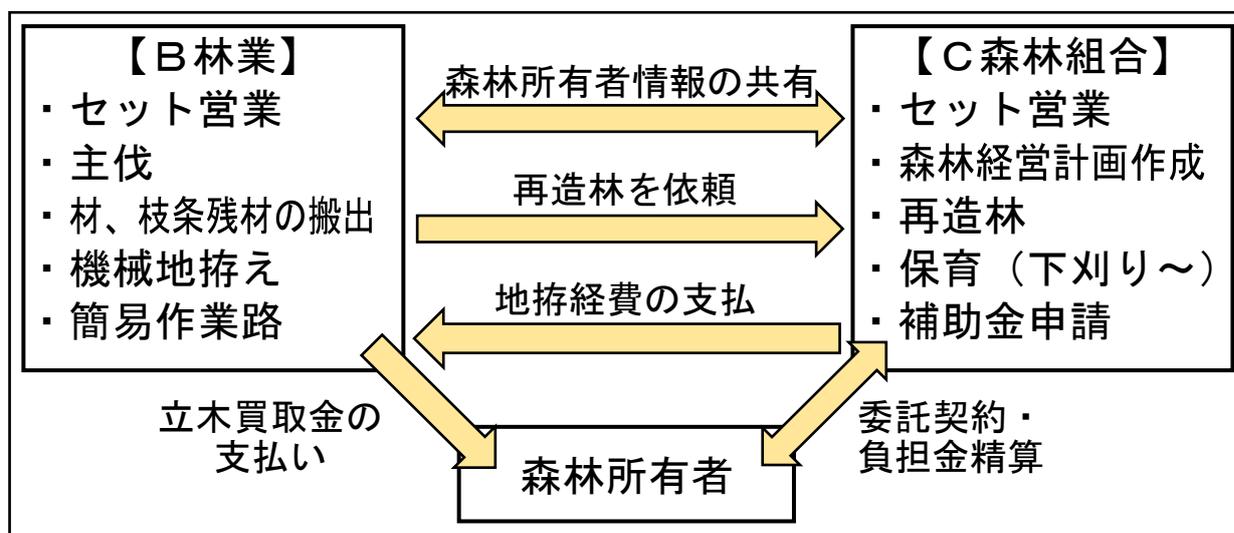
## 2 B林業とC森林組合（山口県）の事例

山口県内のB林業とC森林組合では、主伐と再造林のセット営業により、主伐後の再造林につなげる取組を行っています。

B林業は主伐時の機械を使用して機械地拵えを行い、C森林組合が実施する再造林の低コスト化につなげています。

なお、条件の良い場所（公道に近い・人目につく）を中心とした積極的な営業や、機械地拵えによりきれいな現場を見せるなどの工夫をされており、それが評判となり次への仕事につながっているとのこと。

### （1）取組概要



### （2）一貫作業の取組事例

#### 【事例①】 機械地拵えの状況



#### 【事例②】 機械地拵えの状況

