

# 省力的手法による 主伐後の再造林の低コスト化

—静岡県における調査研究からの試算—



2018年3月

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

## はじめに

静岡県内のスギやヒノキの人工林は、現在では8割以上が利用可能な10齡級以上の林齡となっています。森林の多面的機能を持続的に発揮させていくためには、こうした成熟した森林資源を有効に活用し、高い生産性を確保する森林経営が必要です。静岡県では、県産材の生産性を高めるための立地条件が適した人工林を中心に、①森林施業の集約化、②路網の整備、③高性能林業機械の導入、④技術者の育成確保などの支援施策を実施し、利用間伐を重点的にした木材増産に取り組んできました。しかし、高まる木材需要に応え、今後も持続的に木材の安定生産・供給を行い、偏った林齡を平準化するためには、次世代への更新を伴う主伐（皆伐）を進めていくことが必要です。主伐を行なった場合、放置しておけば林地の荒廃が進み、森林資源の枯渇につながる恐れがありますので、再造林を行なう必要がありますが、現状では主伐後の植栽と育林、獣害対策等の経費が、伐採によって得られる収入を大きく上回ると試算され、主伐が進まない要因となっています。この状況を打開するために、再造林においてのコスト削減は、静岡県のみならず我が国の林業再生にとって緊急の課題となっています。そのため、森林・林業研究センターでは「新成長戦略研究」（2013～2017年度）として再造林の省力化に関するプロジェクト研究を進めてきました。それらの成果を本冊子にとりまとめましたので、活用していただければ幸いです。

## 目次

1. 静岡県の実業の現状と解決策	1
2. 低コスト化の方法	
① 地拵え	3
② シカ対策	5
③ 苗木運搬	7
④ 成長に優れる苗木の植栽	9
⑤ コンテナ苗木の低密度植栽	11
⑥ 下刈り	13
3. 一貫作業システムの実証	15
4. 再生林のシミュレーション	17



# 1. 静岡県の実業の現状と解決策

静岡県のスギ・ヒノキの人工林は、柱材、板材などの住宅資材として利用可能となる46年生以上の林齢の森林が83%を占めており、偏った林齢構成になっています。森林の多面的機能を持続的に発揮させていくためには、こうした成熟した森林資源を有効に活用し、偏った林齢構成を平準化させ、木材生産の持続性を確保する森林経営を構築していく必要があります。現状（2016年度）では、県産材の生産量は41.5万 $\text{m}^3$ /年で、そのうち主伐によるものが12.4万 $\text{m}^3$ /年、間伐によるものが29.1万 $\text{m}^3$ /年となっています。しかし、高まる木材需要に応え、今後も持続的に木材の安定生産・供給を行っていくためには、次の世代への更新（植林・育林）を伴う主伐（皆伐）を進めていくことが必要です。主伐を行った場合、放置しておけば林地の崩壊が進み、森林資源の枯渇が生じてしまいます。そのため、再造林を行う必要がありますが、現在の造林技術では植林から育林までの再投資経費が約240万円/ha必要であり、シカ等の獣害対策費95万円/haを含めると335万円/haとなって、伐採で得られる収入238万円/haを97万円/ha上回ることとなります（引用：2016年6月 林経協季報 杣径No.41（林野庁試算））。このため、木材が国際的価格競争に置かれている現状では、収益を確保できず、森林所有者の主伐に対する意欲が減退し、林業生産活動が停滞してしまいます。この状況を打開するためには、費用をかけない森林施業体系を構築、実現する必要があります。主伐した後の植林と育林に掛かる再投資経費の中で、初期の10年間に行う植栽と下刈りの占める割合が約6割となっていますので、短期間で草丈を上回る初期成長を重視した苗を植栽し、下刈り回数の低減を図ることが求められます。また、植栽効率が高く活着性に優れるコンテナ苗を使って伐採から植栽までを連続的に行う一貫作業システムを導入し、低密度植栽、下刈り手法やシカ対策の改良も合わせた、コスト削減の新システムを構築する必要があります。

本県では、木材生産量50万 $\text{m}^3$ /年を達成しつつ、このような新しい再造林システムを実践することによって生産性の高い主伐・再造林を進め、主伐による木材生産量を20万 $\text{m}^3$ /年に増大させることを2021年度の達成目標としました。

こうした新たな技術を普及するにより、森林資源の循環利用や林業所得の向上による林業の自立を促進し、森林の多面的機能の発揮や、持続可能な森林経営構築の実現を目指していきます。



○ 静岡県内森林資源の現状

46年生以上が83% (人工林)  
偏った林齢構成

木を育てる時代から利用の時代へ転換

○ 静岡県産材生産の現状

41.5万m<sup>3</sup>/年 (2016年度)  
(主伐 12.4万m<sup>3</sup> 間伐 29.1万m<sup>3</sup>)

○ 問題点

高い再造林経費

主伐収入  
238万円/ha

<

割合の大きい初期経費を下げたい

植栽・下刈り支出 158万円/ha  
枝打ち・除間伐支出 82万円/ha  
シカ対策 59~164万円/ha

○ 解決策

低コスト主伐・再造林の推進

- ・高い生産性
- ・森林の世代交代促進
- ・林齢の平準化

従来型再造林

新しい再造林システム

主伐

皆伐 (秋・冬)

集材

全幹集材

地拵え

人力で枝条等を片付け

植栽

手作業  
3000本/ha

下刈り

全刈り5回  
(5年間)

育苗

露地  
裸苗

春季の植栽

エリートツリー

下刈り期間の短縮

コンテナ苗

施設育苗  
植栽期間が長い  
植栽容易  
活着良好



低密度植栽  
2000本/ha

シカ対策の改良



伐採と植栽の  
一貫作業

伐採  
全木集材  
地拵え  
苗木搬入  
植栽

同時

下刈りの改良  
(全刈り・坪刈り)



○ 2021年度目標

50万m<sup>3</sup>/年  
(主伐 20万m<sup>3</sup> 間伐 30万m<sup>3</sup>)



## 2. 低コスト化の方法

### ① 地拵え

伐採・搬出後に再び造林する場合、苗木の植栽場所を確保するために、散乱した枝条を整理する必要があります。従来は、伐倒後にチェーンソー等による枝払いを行った幹のみの集材をしていたため、大量の枝条を人力により整理をしていました。これを全木集材（伐倒木の枝葉を残したまま集材）に切替えることで、林内に残る枝条を減らすことができます。さらに、傾斜が緩やかな場所では集材に用いたグラップル等の林業機械で地拵えすることにより、人力よりも経費削減が可能となります。

#### 標準的な経費



人力による地拵え  
21.7～34.6万円/ha

#### 調査結果に基づく試算



人力による地拵え  
22.4万円/ha



グラップルによる地拵え  
11.0万円/ha

### 今後の課題・留意点

ていねいに地拵えした場合とある程度省力化した場合では、経費に大きな違いが表れます。地拵えの程度がその後の苗木植栽や下刈りの作業にどのような影響を及ぼすのかについては明らかではありません。地拵えの程度と植栽、下刈りの効率性について検討する必要があります。



## 実証試験データ・経費試算根拠

- ・試験地

富士市大淵 ほぼ平坦 面積 0.35ha

- ・調査結果

グラップルによる地拵えの作業時間 13.57hr/ha

人力による地拵えの作業時間 20.0hr/ha・人

- ・経費試算根拠

機械地拵え作業単価 特殊運転手 21,500円/hr

機械損料 2,620円/hr

アタッチメント 549円/hr

燃料費 103円/hr

共通仮設費 7.50%

人力地拵え作業単価 普通作業員 19,900円/人・日

特殊作業員 21,500円/人・日

諸雑費 2.00%

共通仮設費 7.50%



## ② シカ対策

植栽後の苗木がシカやカモシカ等に食害されることがしばしば起こります。そのため、何らかの獣害対策が必要です。縦張りネット柵や国有林での設置例が多い金網柵に比べて、斜め張り柵（さいねっと）は資材費や設置経費が安価で、初期の投資額は低く抑えられます。

### 標準的な経費

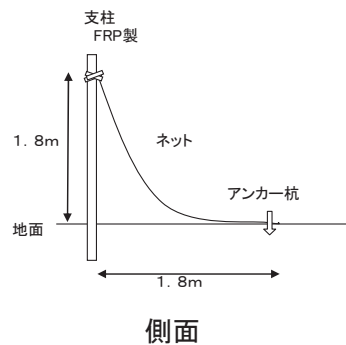
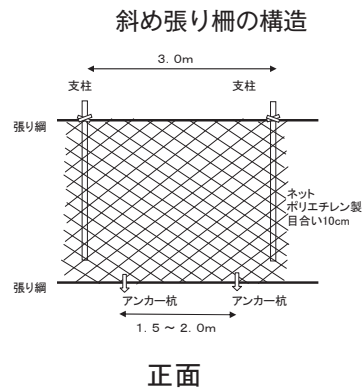


金網柵 164.2万円/ha



縦張り柵 64.3万円/ha

### 調査結果に基づく試算



斜め張り柵 46.7万円/ha

(出典 埼玉県寄居林業事務所森林研究室 公益社団法人埼玉県農林公社)

### 今後の課題・留意点

倒木やシカが絡まることにより、斜め張り柵が破損した事例がありました。ネットの目合いが約10cmで、ノウサギが侵入する心配もあります。縦張り柵や金網柵と同様に、設置後の見回り点検や破損箇所の補修が必要です。





## 実証試験データ・経費試算根拠

- ・調査地

南伊豆町蛇石 傾斜約5度

- ・資材

さいねっと（斜め張りネット）

（埼玉県寄居林業事務所森林研究室、公益社団法人埼玉県農林公社）

- ・調査結果

柵張り108m

支柱打ち込み、ネット張り、裾のアンカー杭留め、出入り口の設置に要した時間 3人作業で 241分

- ・経費試算根拠

資材費 266,840円/ha（400m）（販売見積り額）

設置作業単価 19,900円/人・日

共通仮設費 7.50%

### ③ 苗木運搬

トラック等で搬入した苗木を植栽場所へ小運搬する場合、従来は人力で背負子などを使って担ぎ上げていました。伐採から植栽までを一時期に行う一貫作業システムを取り入れれば、伐採や集材に引き続いて苗木を植栽することになり、緩傾斜地では車両系機械（フォワーダ等）を使って苗木を効率的に運ぶことができます。集材に用いた架線系機械（高速自走式搬器、スイングヤーダ等）で苗木を運搬することにより、急傾斜地でも作業の効率化や運搬経費の削減が可能となります。運搬時間が減るだけでなく、作業の負担も少なくなります。

培地付きのコンテナ苗であれば、乾燥に耐えることができますので、運搬した場所にまとめてネットや枝条で覆うことにより、シカ等の食害を防いで保管することができます。調査現場では、15日間保管した後に植栽しても苗は問題なく活着しました。

#### 標準的な経費



人力で背負って運搬

3.5万円/ha  
※3000本/ha

#### 調査結果に基づく試算



人力

3.1万円  
~4.6万円/ha



高速自走式搬器

0.1万円/ha



スイングヤーダ

1.4万円/ha



ネットと枝葉  
による苗木保管

#### 今後の課題・留意点

シカ柵設置後では機械による苗木運搬が難しくなるため、機械による運搬はシカ柵設置前の作業となります。

高速自走式搬器やスイングヤーダでは、一度に大量の苗を運ぶことができます。苗木を入れる吊り袋やカゴ等を工夫することで、より多くの苗を一度で運搬することが可能となれば、運搬経費がさらに下がります。



## 実証試験データ・経費試算根拠

### ・試験地

浜松市天竜区龍山町瀬尻 傾斜約35度  
沼津市戸田 傾斜約37度

### ・運搬機械・距離

高速自走式搬器（ウッドライナー） 220m  
スイングヤード 120m

### ・調査結果

高速自走式搬器による運搬	コンテナ苗650本	4分05秒/回
人力による運搬	コンテナ苗 50本	22分57秒/回

スイングヤードによる運搬	コンテナ苗120本	7分32秒/回
人力による運搬	コンテナ苗 50本	17分26秒/回

機械運搬作業単価	特殊運転手	21,500円/hr
	機械損料	2,620円/hr
	燃料費	103円/hr
	共通仮設費	7.50%

人力運搬作業単価	普通作業員	19,900円/人・日
	共通仮設費	7.50%



#### ④ 成長に優れる苗の植栽

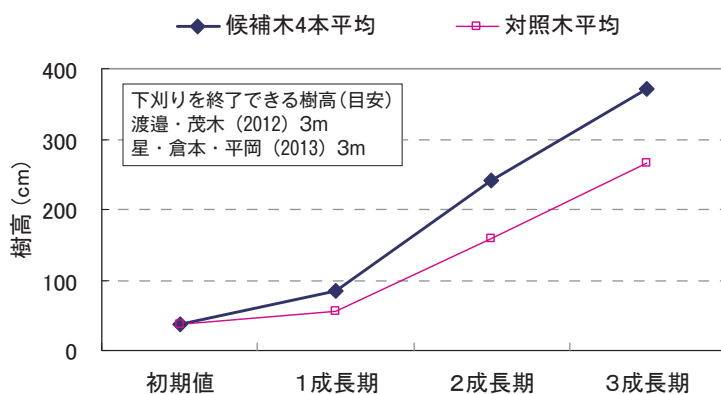
下刈りは、造林コストの約4割を占めると試算されています。そのため、短期間で草丈を上回る初期成長に優れる苗を植えることで、下刈りの回数を減らす必要があります。優良な精英樹を親とした交配苗を植栽したところ、対照木よりも初期成長に優れるものが得られ、これら優良候補木の平均樹高は植栽から3年目には下刈り終了の目安とされる3mを越えていました。また、若齢時ではありますが、材の強度が対照木よりも優れ、雄花着生量が少ないまたは無花粉であることも確認され、下刈りの低コスト化につながる有望な候補木と言えます。

##### 標準的な経費



全刈り 5回  
75.4万円/ha

##### 調査結果に基づく試算



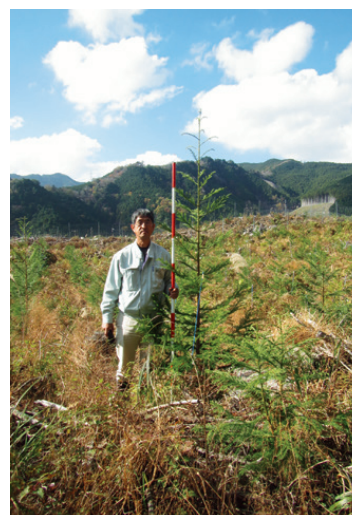
優良候補木の成長 (浜松市天竜区龍山町瀬尻)

精英樹系統  
全刈り 4回  
60.8万円/ha

優良系統  
全刈り 3回  
46.2万円/ha

優良系統では、3成長期後には樹高3m以上となるため、3年間(3回)の下刈りで終了

文献 渡邊・茂木 (2012) 岐阜県森林研究所研究報告41, 1-6  
星ら (2013) 森林遺伝育種2, 132-135



#### 今後の課題・留意点

優れた初期成長を示し、雄花着生量が少なく、材の強度が対照木以上であった優良な候補木の今後の成長推移を見守り、10年生の以上の成木になった時点で、エリートツリー等の認定を受ける必要があります。



## 実証試験データ・経費試算根拠

### ・試験地

浜松市天竜区龍山町瀬尻 1	ほぼ平坦	調査対象木220本
浜松市天竜区龍山町瀬尻 2	傾斜約25度	調査対象木521本
浜松市天竜区熊	傾斜約25度	調査対象木264本
富士市大淵	ほぼ平坦	調査対象木731本

### ・調査結果

植栽したスギ調査対象木の3成長期後の樹高を測定し、樹高偏差値65以上の優良候補木を選抜

(優良候補木は、若齢期において精英樹系統よりも材の強度が高く、少花粉系統よりも雄花着生量が少ない 天竜区熊試験地の2本は無花粉)

#### (天竜区龍山町瀬尻 1 試験地)

優良候補木 1 本	383cm
調査対照木の平均	299cm

#### (天竜区龍山町瀬尻 2 試験地)

優良候補木 4 本	357～391cm
調査対照木の平均	287cm

#### (天竜区熊試験地)

優良候補木 2 本	298～316cm
調査対照木の平均	236cm

#### (富士市大淵試験地)

優良候補木12本	284～324cm
調査対照木の平均	216cm

### ・経費試算根拠

下刈り標準経費 3000本/ha全刈り  
初回17.0万円/ha、2回目以降14.6万円/ha  
優良系統の植栽で下刈り3回を想定



## ⑤ コンテナ苗の低密度植栽

施設で育苗でき、林地への植栽できる期間が長く、活着が良好であるコンテナ苗は、植栽効率が高く短時間で多くの本数を植栽することが可能なため、植栽経費の低減につながります。また、苗木代と植栽経費、将来の間伐経費を下げるため、植栽密度を低く抑えるという方法があり、他地域では2000本/haの植栽密度にしても合板用の並材として品質的に問題がない材が生産できるとした事例がいくつかあります。コンテナ苗の特徴を生かしたうえで、材の用途によって低密度植栽を導入することも、植栽経費を下げる方法の一つです。

### 標準的な経費



裸苗



3000本/ha  
唐鋤植栽

63.0万円/ha  
※苗木小運搬を含む

### 調査結果に基づく試算



コンテナ苗



2000本/ha  
唐鋤植栽  
(急傾斜地)

47.8万円/ha  
※苗木小運搬を含む



2000本/ha  
ダブル植栽  
(中～緩傾斜地)

49.0万円/ha  
※苗木小運搬を含む

### 今後の課題・留意点

コンテナ苗は植栽可能な期間が長く活着が良いことが大きな特徴ですが、標高が高く、冬季に土壌が凍結するような場所では、凍上や寒風によって枯死する場合があります。現状のコンテナ苗の価格は裸苗よりも高くなっていますので、育苗期間を短縮する等の方法により、価格を下げる必要があります。





## 実証試験データ・経費試算根拠

### ・試験地

(ディブル植栽)

南伊豆町蛇石 傾斜20度

富士市大淵 傾斜 5度

川根本町崎平 傾斜20度

島田市高熊 傾斜30度

(唐鋤植栽)

浜松市天竜区龍山町瀬尻 傾斜約30度 面積0.35ha

### ・調査結果

ディブル（コンテナ苗植栽専用器具）による植栽 4 調査地  
平均380本/人・日（288～486本/人・日）

唐鋤による植栽 343本/人・日

### ・経費試算根拠

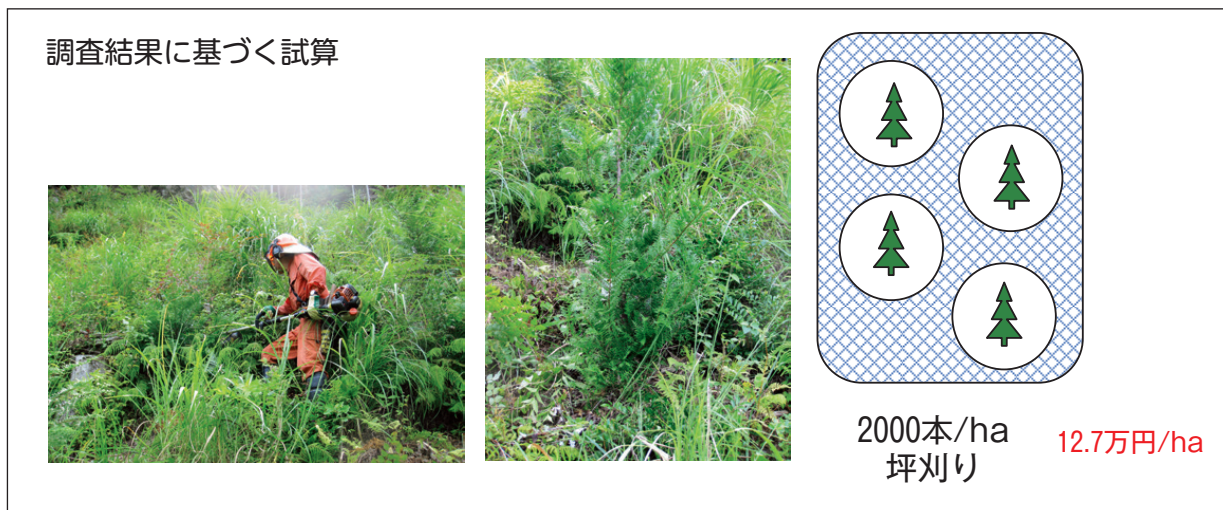
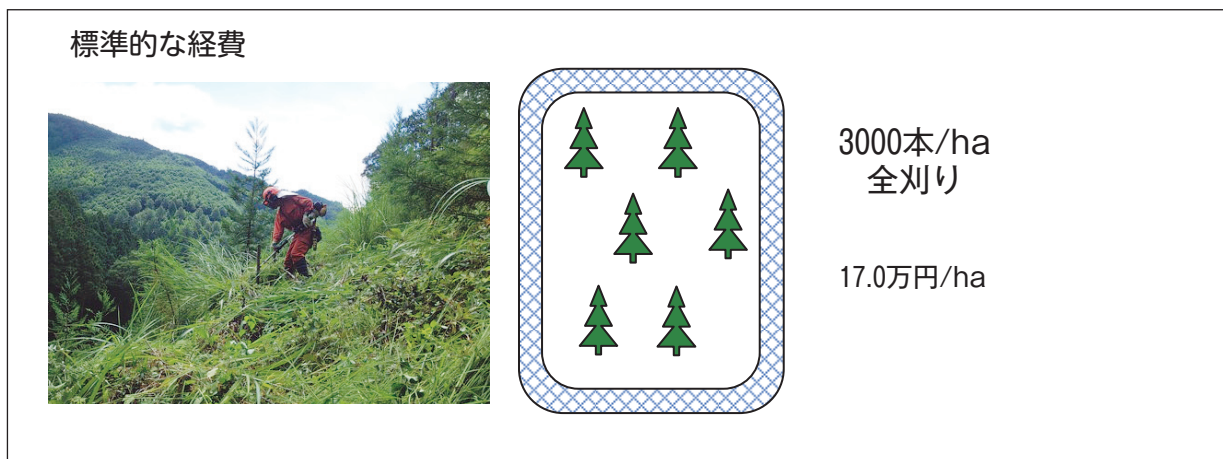
コンテナ苗価格 170円/本

植栽作業単価 19,900円/人・日

共通仮設費 7.50%

## ⑥ 下刈り

造林コストの約4割を占めると試算される下刈りの経費削減には、初期成長に優れる苗木を植栽することで下刈りの回数を減らす以外に、下刈りの手法を改良することも一つの方法です。従来は苗木植栽地の全面を刈っていました。植栽密度を2000本/ha程度に抑えて、苗木の周辺のみを刈る坪刈りで下刈り経費の削減が可能となります。全刈りから坪刈りに変更すると苗木の肥大成長はやや遅れますが、伸長成長には差が認められず、草や灌木の高さを越えるまでの期間は変わりません。坪刈りのみでは刈り残した場所から雑木が伸びてしまうため、数年間の下刈り期間中に、状況に応じて全刈りと坪刈りを選択して経費の削減を図ることが必要です。



### 今後の課題・留意点

シカ対策には柵張りが有効ですが、倒木や獣の噛み切りにより柵が破損し、シカ等が侵入する場合があります。全刈りに比べて坪刈りは、他の植物が存在するため、たとえシカ等が侵入しても苗木の食害が少なくなる可能性があります。スギ苗547本を植栽し、坪刈りを行った調査現場では、柵が破られてシカが侵入した形跡がありましたが、被害木は10本以下でした。



## 実証試験データ・経費試算根拠

- ・試験地

浜松市天竜区西藤平 傾斜35度

- ・調査結果

密度3000本/haの植栽地で全刈りに対する作業時間割合  
2000本/ha坪刈り 75%

伊藤ら（2015）静岡県農林技術研究所研究報告8, 89-93

- ・経費試算根拠

特殊作業員 2.85人/ha

普通作業員 2.85人/ha

諸雑費 2%

共通仮設費 7.50%

特殊作業員賃金単価 21,000円/人・日

普通作業員賃金単価 19,900円/人・日



### 3. 一貫作業システムの実証

2015～2016年度に、静岡県内各地で伐採から植栽までの一貫作業による事業が行われました。各施工地での地拵え、シカ対策、苗木植栽にかかった作業方法、作業人数、作業時間等の記録から経費をまとめた結果を示しました。施工地によって経費が大きく異なっていました。

標準的な経費			
地拵え	人力	21.7～34.6万円/ha	
シカ柵	縦張り	59.5～68.8万円/ha	金網柵 164.2万円/ha
苗木植栽	63.0万円/ha		

調査結果に基づく試算					
2015年度施工地					単位:万円/ha
作業\施工地	南伊豆町	静岡市葵区	川根本町	島田市	浜松市天竜区
傾斜	20度	40度	20度	30度	45度
地拵え					地拵えなし
グラップル	46.8	-	-	-	-
人力	8.7	48.5	24.0	37.0	-
小計	55.5	48.5	24.0	37.0	-
シカ対策	斜め張り	縦張り	縦張り	斜め張り	斜め張り
資材費	28.8	49.6	49.6	28.8	28.8
運搬費	設置費に含まれる	設置費に含まれる	設置費に含まれる	設置費に含まれる	設置費に含まれる
設置費	18.0	14.8	19.6	18.3	12.8
小計	46.8	64.4	69.2	47.1	41.6
植栽					
苗木費	34.0	35.1	34.0	34.0	34.0
小運搬費	植栽費に含まれる	植栽費に含まれる	植栽費に含まれる	植栽費に含まれる	植栽費に含まれる
植栽費	19.7	23.0	18.4	21.2	19.8
小計	53.7	58.1	52.4	55.2	53.8
<b>合計</b>	<b>156.0</b>	<b>171.0</b>	<b>145.7</b>	<b>139.3</b>	<b>95.4</b>
標準的な経費に対する割合(%)	96.3	105.6	89.9	85.9	58.9
2016年度施工地					単位:万円/ha
作業\施工地	河津町	沼津市	島田市	浜松市天竜区	
傾斜	20度	37度	30度	20度	
地拵え				地拵えなし	
グラップル	15.4	-	32.1	-	
人力	29.1	17.3	46.5	-	
小計	44.5	17.3	77.7	-	
シカ対策	斜め張り	斜め張り	苗木保護ネット	縦張り・斜め張り	
資材費	28.8	28.8	155.5	32.2	
運搬費	設置費に含まれる	設置費に含まれる	設置費に含まれる	設置費に含まれる	
設置費	16.6	14.4	46.0	19.3	
小計	45.4	43.2	201.5	51.5	
植栽					
苗木費	35.1	34.0	34.0	34.0	
小運搬費	植栽費に含まれる	3.8	植栽費に含まれる	植栽費に含まれる	
植栽費	17.9	12.8	25.3	28.2	
小計	53.0	50.6	59.3	62.2	
<b>合計</b>	<b>142.9</b>	<b>111.1</b>	<b>294.9</b>	<b>113.2</b>	
標準的な経費に対する割合(%)	88.2	68.6	338.5	70.2	



## 調査結果に基づく試算

2017年度施工地		単位:万円/ha	
作業\施工地	沼津市	浜松市天竜区	
傾斜	35度	30度	
<b>地拵え</b>			
グラップル	12.5	35.0	
人力	10.9	24.3	
小計	23.4	59.3	
<b>シカ対策</b>			
資材費	斜め張り 28.8	斜め張り 28.8	
運搬費	設置費に含まれる	設置費に含まれる	
設置費	13.6	33.2	
小計	42.4	62.1	
<b>植栽</b>			
苗木費	34.0	34.0	
小運搬費	植栽費に含まれる	植栽費に含まれる	
植栽費	26.2	14.0	
小計	60.2	48.0	
<b>合計</b>			
標準的な経費に 対する割合 (%)	77.8	104.5	



## 今後の課題・留意点

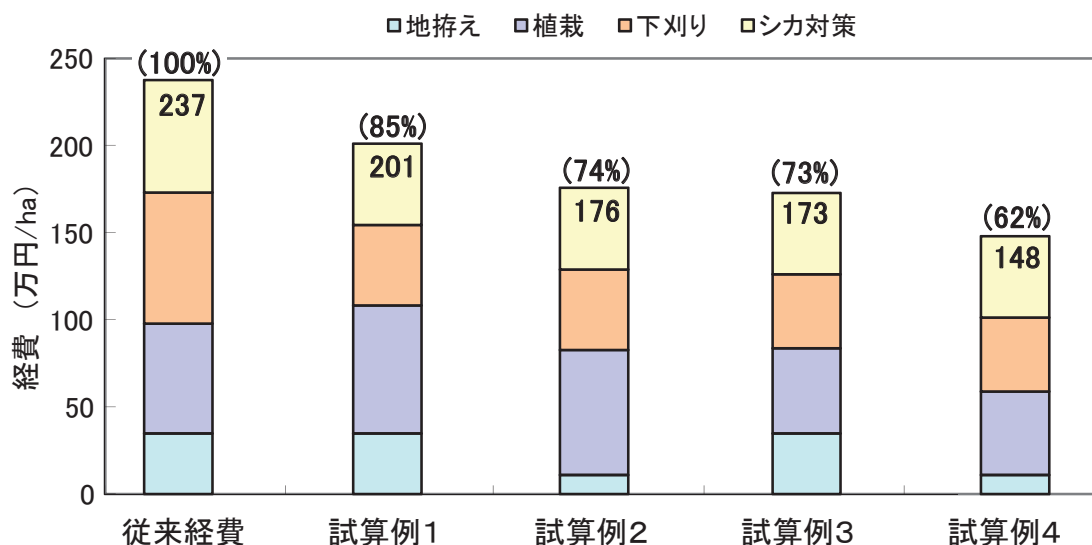
地拵えの程度と数年後の下刈りにかかる経費の関係を明らかにする必要があります。シカ柵を設置しても何らかの要因によって柵が破損する場合がありますので、設置後の見回り等の対策が必要です。シカ対策に苗木保護ネットを導入した施工地では、その経費が大きくなりましたが、シカ等によって林床の植物が食べられて下刈り経費の削減につながる可能性もあります。

## 4. 再造林のシミュレーション

調査結果に基づいて、再造林の経費を試算しました（再造林の方式を4パターンでシミュレーション）。地拵え、植栽、下刈り、シカ対策の合計で、従来は約237万円/haの経費がかかります。今後の需要拡大が予想される並材生産を目標に、緩傾斜地で林業機械による地拵えを行い、斜め張り柵を設置した後に2000本/haの密度で今後生産が始まるエリートツリー等のコンテナ苗をディブルで植栽し、下刈りを全刈り1回、坪刈り2回で済ませることを想定した場合、150万円/ha以下の経費となり、低コスト化が期待できます。これを実現させるためには、傾斜が緩く道から200m以内の人工林のような、主伐に適する場所で優先的に取り組みむことが重要です。

調査結果に基づく試算

従来経費	試算例1	試算例2	試算例3	試算例4
優良材生産	優良材生産	優良材生産	並材生産	並材生産
—	急	中～緩	急	中～緩
—	架線系	車両系	架線系	車両系
人力	人力	機械	人力	機械
3000本	3000本	3000本	2000本	2000本
精英樹	エリートツリー	エリートツリー	エリートツリー	エリートツリー
裸苗	コンテナ苗	コンテナ苗	コンテナ苗	コンテナ苗
唐鋤	唐鋤	ディブル	唐鋤	ディブル
縦張り柵	斜め張り	斜め張り	斜め張り	斜め張り
全刈り5回	全刈り3回	全刈り3回	全刈り1回 坪刈り2回	全刈り1回 坪刈り2回





## おわりに

主伐・再造林地の標高や地形、林況、下層植生等の条件によって、経費は大きく異なります。また、林家の経営目標や意向によっても、林業機械の導入や植栽密度、シカ対策の手法、苗の種類が異なり、それが経費に反映されます。この冊子に示した手法や経費試算は、再造林の低コスト化における個々の事例として理解していただき、今後の実証によってより良い手法を検討していく必要があります。

2018年3月

静岡県農林技術研究所 森林・林業研究センター

### 省力的手法による主伐後の再造林の低コスト化

—静岡県における調査研究からの試算—

2018年（平成30年）3月

編集・発行 静岡県農林技術研究所  
森林・林業研究センター

浜松市浜北区根堅2542-8  
電話：053-583-3121  
FAX：053-583-1275



ふじのくに  
**森林の都**  
しずおか