

低コスト森林施業技術研究への  
取組と成果



## I はじめに

現在、青森県の豊富なスギ人工林の多くは本格的な利用期を迎え、木材の生産量は増加傾向にあり、平成二十八年度の素材生産量は一、〇五四千 $\text{m}^3$ と平成二十年前後と比較して約五割増となっている。

一方、スギの材価低迷が続くなどにより、林業の経営環境は依然として厳しいことから、皆伐した林地にコストのかかる再造林を行わない傾向にあり、県林政課の最近の調査によると再造林の実施率は約二五%となっている。皆伐跡地が再造林されないことにより、林業経営の持続性、将来的な森林蓄積の減少及び森林の健全性の維持等が懸念されている。

これらの問題に対処するために、本県では、平成二十七年一月策定した「青い森再造林推進プラン」で、低コスト再造林に取り組み、森林の多面的機能の持続的な発揮、資源の循環利用を図り、次世代に豊かな森林をつないでいくこととしている。

本稿では、再造林の推進に向けて、林業研究所が平成三十年度まで取り組んだ「低コスト森林施業技術の高度化」に関する研究の成果について紹介する。

## II 研究項目と成果

### 1 一貫作業システム（地拵え）

近年、低コスト森林施業として、伐採後、期間を置かずには地拵え・植栽する「一貫作業システム」が注目されている。一貫作業システムでは、伐採に使用した林業機械で引き続き機械地拵えを行うことで、作業経費を削減できるとされている。

そこで、一貫作業システムにおける機械地拵えの作業経費を算出するために、県内の造林予定地で地拵え作業の功程調査を行った。地拵えは、人力地拵え（写真1）とグラップル等で行う



写真1 人力地拵え  
左：人力地拵え後の林地、右：人力地拵え作業状況



機械地拵え（写真2）を対象とし、さらに機械地拵えを枝条等の除去程度によって機械地拵え（省力）（写真2左上）と機械地拵え（丁寧）（写真2左下）に区分した（省力…幹部分や長大な枝、灌木類を除去し、仕上がりは人力地拵え同等。丁寧…小さな枝等も可能な限り除去。）。

調査の結果、機械地拵えは人力地拵えに比べて二・〇～五・二倍程度効率が高かった（表1）。作業経費について



写真2 機械地拵え  
 左上：機械地拵え（省力）、右：機械地拵え作業状況、  
 左下：機械地拵え（丁寧）

表1 地拵え作業工程調査結果

調査地	前生樹種	傾斜	地拵え方法	人工（人日/ha）	人力地拵え(人工数)を100とした場合の比率※1	経費※2
A	アカマツ	25°～	人力	20.1 人日/ha	214	339,690 円/ha
B	スギ	0～15°	人力	9.4 人日/ha	100	158,860 円/ha
B	スギ	0～15°	機械(丁寧)	4.6 人日/ha	49	186,484 円/ha
B	スギ	0～15°	機械(省力)	1.8 人日/ha	19	72,972 円/ha
C	スギ・カラマツ・アカマツ	5～15°	機械(丁寧)	2.5 人日/ha	27	101,350 円/ha
D	スギ・アカマツ	15～25°	機械(丁寧)	3.1 人日/ha	33	125,674 円/ha
E	スギ	10～20°	機械(丁寧)	4.7 人日/ha	50	190,538 円/ha

※1 最も一般的な、前生樹種がスギで平坦～緩傾斜地の調査地Bにおける人力地拵え人工数を基準とした。

※2 経費は平成30年度標準単価を用いて算出した。



写真4 コンテナ苗植栽状況



写真3 スギコンテナ苗

では、機械地拵え（省力）では人力地拵えの半分以下に削減できたが、機械地拵え（丁寧）では、人力地拵え以上になる場合もみられた。

2 コンテナ苗植栽

コンテナ苗は、育成孔（キャビティ）の内側にリブやスリットを付けることで根巻きを防止し、容器の底面を開けることで空気根切りができる容器（キャビティコンテナ）によって育成した根鉢付きの苗である（写真

3)。

青森県では、平成二十七年度に林業用の苗木にコンテナ苗の規格が設定され、二十八年度から適用されている。

コンテナ苗は植栽しやすいため、苗木を従来の裸苗からコンテナ苗に変えることで、植栽作業効率の向上が期待される。

そこで、県内六箇所のスギコンテナ苗植栽地において、植栽作業工程を調査した。

裸苗は唐鍬による従来の方法で、コンテナ苗はダブルを用いて植栽された(写真4)。

調査の結果、調査地Fの裸苗植栽と比較すると、コンテナ苗植栽の方が作業効率が良く、裸苗の約一・五〜二・五倍であった(表2)。

また、今回の調査では、傾斜や地摺え方法によって植栽効率に大きな違いは見られなかった。

以上の結果から、県内の多くの林地において、コンテナ苗を用いた効率的な造林を行うことが可能と考えられる。

また、植栽されたスギコンテナ苗の活着状況を調べたところ、すべての調査地で生存率九〇%以上と良好で、健全率もおおむね七〇%を超えており、順調な生育が見られた(表3)。

表2 植栽作業工程調査地の概要と調査結果

※ 1日の植栽作業時間=8時間

調査地概要					調査結果		
調査地	面積 (ha)	傾斜	前生樹	地摺え方法	植栽苗の種類 (スギ)	植栽効率 (本/人日)※	裸苗を100とした 場合の比率
F	2.4	0~15°	スギ	機械 (丁寧)	裸苗	187	100
					コンテナ苗150cc	374~423	200~226
G	0.2	10~20°	スギ	機械 (丁寧)	コンテナ苗300cc	284	152
					コンテナ苗150cc	313	167
H	0.1	25°~	アカマツ	人力	コンテナ苗150cc	305	163
I	2.7	5~15°	スギ	無地摺え (全木集材)	コンテナ苗150cc	331	177
J	2.5	0~15°	スギ	機械 (丁寧)	コンテナ苗150cc	472	252
K	4.7	15~25°	スギ	無地摺え (全木集材)	コンテナ苗150cc	329	175

表3 植栽したコンテナ苗の生育調査結果 (H30成長期終了時)

調査地	調査本数 (本)	生存率 (%)	健全率※ (%)	平均樹高 (cm)	平均根元 直径(mm)	備考
L	228	93.0	77.6	69.8	14.0	3成長期経過
M	100	92.0	85	146.1	31.1	3成長期経過
N	140	92.1	82.9	63.8	18.4	3成長期経過 (1成長期目は8~10月)
O	199	92.0	68.3	79.1	10.9	2成長期経過

※ 健全率は成長に影響のある被害を受けていない植栽木の割合





写真5 低密度植栽林調査状況

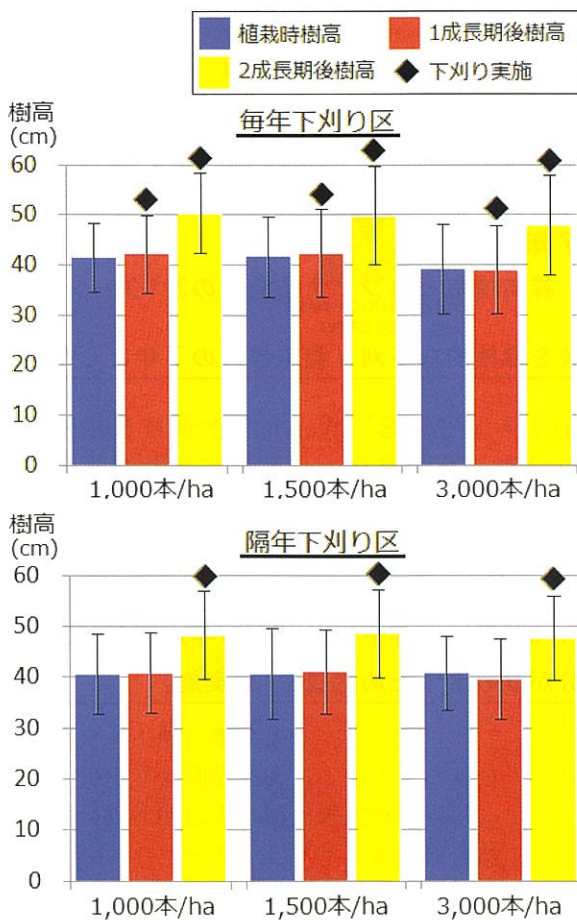
**3 低密度植栽**  
 本県のスギ林では、以前は三千本/ha植栽が多かったが、最近は二千五百本/ha程度の植栽が多くなっている。また、平成二十八年度からは、造林補助金の対象となる植栽本数の下限が緩和され、スギで二千本/haから千本/haに変更になるなど、低密度植栽が実施しやすくなっている。  
 低密度植栽は、従来よりも植栽本数を少なくする作業方法だが、植栽本数は厳密に決まっていなかったため、今回は二千本/ha以下の場合を低密度植栽の目安とした。  
 低密度植栽のメリットとしては、苗木代や植栽作業経費を削減できること

表4 低密度植栽されたスギ林の調査結果

調査地概要					調査結果						
調査地	林齢(年)	面積(ha)	調査本数(本)	除間伐	植栽時密度(本/ha)	調査時密度(本/ha)	平均胸高直径(cm) ±標準偏差	平均樹高(m) ±標準偏差	林分材積(m <sup>3</sup> /ha)	形状比	収量比数
P	65	0.72	101	無	1,000	841	43.0±9.3	32.4±3.1	1,896.4	75.3	0.91
Pの対照林	60	6.12	74	有	2,000	620	39.6±6.4	25.6±2.0	894.7	64.6	0.71
Q	58	0.31	164	無	1,700	1,366	33.2±7.5	27.3±4.0	1,674.9	82.2	0.97
Qの対照林	60	0.85	99	有	3,000	825	36.7±8.9	27.0±2.5	1,186.9	73.6	0.83

※対照林は各低密度植栽林の近隣にある林齢の近い林分を選定した。

図1 低密度植栽試験地における植栽木の初期成長(樹高)



と、成立本数が少ないため除間伐の作業経費を削減できること等が挙げられる。一方、デメリットとしては、相対的に肥大成長が大きくなり年輪幅が広く材強度が低くなること、ウラゴケ(樹幹上部が細く下方部が太い「たけのこ状の樹幹型」)。形状比(樹高/胸高直径)が低い。)の樹形になること等が一般的に言われている。  
 低密度植栽した場合のデメリットについて検討するために、低密度植栽された六十年生程度の壮齢林二林分を調査したところ(写真5)、低密度植栽林の成長は、近隣の対照林と比較しても直径成長や樹高成長は同程度以上(表4)、形状不良木もほとんど見ら

れなかった。また、樹幹解析を行ったところ、ウラゴケ等の特徴的な形状は見られなかった。  
 さらに、並行して取り組んだ低密度植栽林の木材強度に関する研究において、通常の植栽密度の林分と低密度植栽林の木材強度には大きな違いは見られないという結果が得られた。  
 低密度植栽されたスギコンテナ苗の生育については、植栽試験地(密度別に千本/ha、千五百本/ha、三千本/haの植栽プロットを設けた試験地)における生育調査の結果、植栽木の生存率は九五%と良好で、植栽密度の違いによる初期成長の差は見られなかった(図1)。



このように、低密度植栽した林分でも、成長や材質に大きな違いは見られなかったことから、低密度植栽によるコスト削減が有効であることが分かった。コンテナ苗を利用する場合は、苗木代が裸苗に比べて割高なため、低密度植栽を組み合わせることが有効と考えられる。

#### 4 下刈り省力化

造林地の植栽木を被圧する雑草木を除去する下刈りは、スギの場合標準的に七年程度実施されている。下刈り軽費を抑えるために、全国各地で下刈り回数削減や下刈り方法の改良への取り組みが試行されている。

そこで、スギコンテナ苗を植栽した造林地に、毎年下刈り区と隔年下刈り区を設けて「下刈り省力試験地」を設定し、試験地内の植栽木の初期成長を調べたところ、両試験区で違いはみられなかった(図2)。

また、競合植生による被覆状況及び下刈り作業効率の調査の結果、両区に大きな違いは見られなかった。

これらの結果から、林分の条件(前生林の樹種や林齢・成立本数、周囲の林況等)にもよると思われるが、本県のスギ造林地において隔年下刈りによる省力下刈りを導入することは可能と考えられた。

図2 下刈り省力試験地における植栽密度別植栽木の初期成長(樹高)

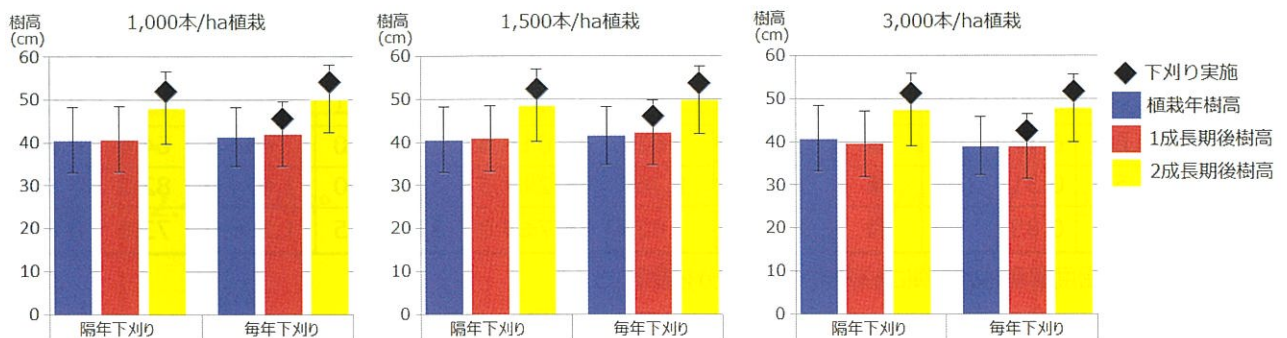


表5 低コスト施業モデル

<p><b>【提案モデル】</b>  <b>機械地拵え - 裸苗・コンテナ苗植栽 - 隔年下刈り - 除間伐なし</b>  <b>(1,000本/ha) (3回/7年)</b></p> <p>注1) 苗木価格の変動を考慮して、裸苗植栽とコンテナ苗植栽の2パターンを提示した。          注2) 経費比較のため、下刈り年数を標準的な下刈り実施年数の7年とした。</p>	
<p><b>【経費】 (60年伐期)</b></p> <p><b>①裸苗植栽の場合 1,283,460 円/ha</b>          (内訳) 機械地拵え:65,675円、裸苗植栽:261,075円、隔年下刈り(3回/7年):687,940円、          間伐1回:268,770円(60年伐期の場合、林分が混み合うため間伐を1回実施)</p> <p><b>②コンテナ苗植栽の場合 1,350,290 円/ha</b>          (内訳) 機械地拵え:65,675円、コンテナ苗植栽:327,905円、隔年下刈り(3回/7年):687,940円、          間伐1回:268,770円(60年伐期の場合、林分が混み合うため間伐を1回実施)</p>	

※経費は平成30年度標準単価を用いて算出した。

また、経費を試算したところ、毎年下刈りと比較して隔年下刈りでは二〇％～三五％程度の下刈り経費削減になることがわかった。

### 5 低コスト施業モデル

今回の研究結果から、本県における有効な低コスト施業モデルを検討した(表5)。なお、経費の積算については、青森県の平成三十年年度標準単価を基準に算出した。

提案した低コスト施業モデルの経費と、現在行われている標準的な施業方法及び最もコストの高い施業方法の経費を比較すると、低コスト施業モデルの経費は、県内の標準的な施業方法の経費の五〇％程度となり、大きな経費削減効果が得られることが分かった。

## Ⅲ 提案モデルのポイント

1 一貫作業システム…地拵え方法では省力機械地拵えが最も低コストで、人力地拵えと比較して、経費及び人工数を約七〇％削減することが可能である。

2 苗木…コンテナ苗の植栽効率は裸苗の約一・五～二・五倍だが、コンテナ苗の苗木代が裸苗より割高で、植栽効率での経費削減分よりも苗木代の差額が大きいため、裸苗植栽の方がわずかに低コストになる。

経費に大きな違いはないため、植栽時期及び苗木調達の手やすさ、活用する補助金の条件等により苗木を選択するとよい。

3 植栽密度…低密度植栽されたスギ林は、生育・形質は良好で、ウラゴケ等の形質も確認されなかった。植栽密度を二千五百本/haから千本/haにすると、経費を五〇～六〇％削減できると試算された。

また、青森県民有林収穫予想表により除間伐回数を推定すると、四十五年伐期では除間伐なしまたは除伐なし間伐一回に削減でき、六十年伐期では除伐なし間伐一回に削減できる。

以上のことから、千本/haの植栽密度で造林し、除間伐の回数を削減する方法が有効と言える。

4 下刈り…今回の調査で隔年下刈りが可能であることが推察されたことから、提案モデルの省力下刈り方法を隔年下刈りとした。しかし、植栽木と下草の生育は林分によって大きく異なるため、対象林分をよく観察し、適切な省力下刈りを実施するべきである。

森林づくりには、経営方針に適した施業方法を選択することが重要である。例えば、無節等の役物生産を行う場合には、従来の施業方法が適しており、本稿で提案した低コスト施業モデルは、四十五～六十年程度で並材を収

穫できるようなモデルになっているため、低コストでの森林造成を検討する際に活用できる。また、従来の施業方法を行う場合でも、実施可能な範囲で各低コスト施業技術を取り入れて、経費削減に取り組んでいただきたい。

## Ⅳ おわりに

施業コストを削減するには、対象森林及び事業体の状況に適した施業方法の選択が重要となることから、今回コスト削減効果が確認された施業方法が

試行されることを期待する。

なお、本研究の一部は、生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」の支援を受けた「優良苗の安定供給と下刈り省力化による一貫作業システム体系の開発」によって行った。

青森県産業技術センター

林業研究所 主任研究員

矢本 智之