

# 成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発

—最適な植栽密度・下刈り回数の提示—

大矢信次郎・二本松裕太・田中裕二郎<sup>\*</sup>・小山泰弘

大苗による下刈り年数短縮効果の検証及び植栽密度による樹冠閉鎖年数の違いを明らかにするため、カラマツの植栽密度・大苗植栽試験地を佐久市と南牧村に設定した。初期樹高はコンテナ中苗<裸中苗<コンテナ大苗<裸大苗の順であったが、裸中苗の平均樹高は2成長期目にコンテナ大苗を超えた。3成長期後における裸大苗及び裸中苗の平均樹高は南牧で200cm、佐久で150cmを超え、現状ではコンテナ苗に比べて裸苗の方が大苗・中苗とも下刈り省力化に寄与すると考えられた。競合植生との競合状態から下刈りスケジュールを決定し初期保育コストを試算した結果、地拵えをグラップルで行い、競合植生がササであった南牧では、裸中苗と裸大苗で下刈りが不要となり、従来に比べて7割程度のコスト削減が見込まれた。また樹冠幅は、3成長期を経てもコンテナ苗は裸苗より有意に小さく、このことが樹高成長量にも影響を及ぼしている可能性が示唆された。

キーワード：カラマツ大苗、下刈り省力化、形状比、競合状態、機械地拵え、再造林コスト

## 1 はじめに

戦後の拡大造林期に造成された人工林の多くは現在 11~12 齢級に達しており、収穫可能な時期を迎えている（長野県林務部 2023）。人工林の木材資源を有効に活用し今後も循環させていくためには、再造林を着実に進めていくことが必要である。しかし、我が国の造林コストは諸外国と比較して突出して高く（島本 1998）、林業の収益性を低下させていることから、造林コストの削減が求められている。

そのため、筆者らは伐採と造林の一貫作業システムを導入し伐出機械を造林作業の一部に利用することを検討し、地拵えや苗木運搬等の経費が削減可能であることを示した（大矢ら 2016a, 大矢ら 2018）。また、機械地拵えによる A<sub>0</sub> 層の除去と棚積みは、埋土種子や雑灌木の根系の排除によって競合植生を抑制する効果があり、下刈り回数減少によるコスト削減が可能であることを明らかにしてきた（大矢ら 2021）。これらに加えて、従来に比べてサイズの大きい苗木（以下、大苗）を使用することによって競合植生との競争を緩和し、下刈り回数を減らすことも期待されている（大矢ら 2016b, 大矢・清水 2017, 小倉ら 2014, 林野庁 2022 など）。

一方、近年植栽コストの削減を目的として低密度植栽が検討されている（林野庁 2021）。苗木代や植栽の必要人工の削減だけでなく、保育間伐を不要にすることも目的としているが、樹冠閉鎖に至るまでに従来に比べて年数を要することが想定

され、除伐やつる切り等の必要性が高まることも懸念されている。

そこで本研究では、機械地拵えによる競合植生抑制効果に加えて、大苗の植栽による初期樹高の確保と競合状態の改善を組み合わせることによって、さらなる下刈り回数削減が可能か検証することを目的とする。また、カラマツの低密度~高密度植栽を行い、樹冠閉鎖年数を推定するため、カラマツ植栽木の樹冠サイズを経年調査した。

なお、本研究は戦略的プロジェクト研究推進事業「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」（平成 30~令和 4 年度、代表研究機関：森林総研）により、森林総研等と共同で実施した。また、本研究の成果の一部は日本森林学会大会（大矢ら 2022, 大矢ら 2023）において発表した。

## 2 調査方法

### 2.1 カラマツ大苗植栽による下刈り回数削減効果の検証

大苗による下刈り回数削減効果を明らかにするため、佐久市の大曲国有林（以下、佐久と略記）及び南牧村の団体有林（以下、南牧と略記）に大苗植栽試験地を設定した。佐久では、2019 年夏季~秋季に皆伐及び人力地拵えを行い、晩秋（11 月上旬）にカラマツのコンテナ中苗、裸中苗、コンテナ大苗、裸大苗の 4 種類の苗木を 300 本ずつ植栽した（植栽密度は 2.2 に記載）。南牧では、2019 年秋季~2020 年冬季に皆伐及びグラップルによる機械地拵えを行い、2020 年 4 月に佐久市と同様

<sup>\*</sup>元 林業総合センター育林地部

の4種類の苗木を320本ずつ植栽した。いずれも使用した苗木は東筑摩郡山形村産の2年生苗であり、平均苗高はコンテナ中苗が約40cm、裸中苗が約50cm、コンテナ大苗が約60cm、裸大苗が約90cm（佐久）及び70cm（南牧）であった。これらのうち、コンテナ中苗はJFA150 マルチキャビティコンテナ（根鉢容量150cc、40穴/コンテナ、育苗密度296本/m<sup>2</sup>）、コンテナ大苗はJFA300 マルチキャビティコンテナ（同300cc、24穴/コンテナ、178本/m<sup>2</sup>）で育苗されたものを植栽した。

両試験地において植栽直後に樹高と根元直径を測定し、以後は各成長期後（11月）に樹高及び根元直径を測定した。なお、樹高は山側地際から梢端までの高さをスライドスケールによりcm単位で計測し、根元径は地際から高さ5cmの幹径を防水デジタルノギスにより0.01mm単位で計測した。

また、各試験地における下刈りの要否を評価するため、両試験地とも各試験区を下刈りあり・なしに区分して管理し、各試験区の下刈りなしエリアにおいて各成長期の7月下旬～8月上旬に各植栽木の競合植生との競合状態を調査し、下刈りの要否を判断した。競合状態は、山川ら（2016）の競合状態の指標（図-1）を使用した。下刈りを必要とする判断基準は、C3及びC4と判断された植栽木の本数割合が合わせて20%を超えた場合とした。ただし、下刈りなしエリアでは競合状態の推移を把握するため、下刈り要否判断にかかわらず下刈りは行わなかった。

これらの結果を踏まえ、地拵え方法、競合植生タイプ、使用する苗木の種類ごとに下刈りスケジュールを決定し、地拵え～植栽～下刈りのコストを積算し比較した。

## 2.2 カラマツ植栽木の樹冠幅成長量の評価

植栽密度による林冠閉鎖年数の違いを明らか

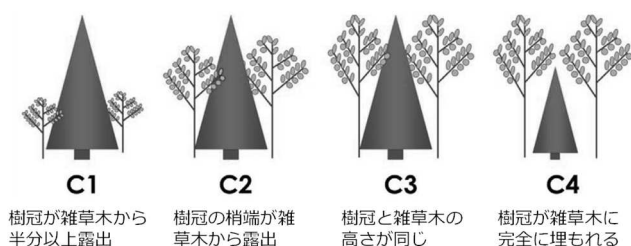


図-1 競合状態指標の模式図（原図：山川ら 2016）

にするため、2.1の佐久及び南牧で試験地を設定する際に低密度及び高密度植栽試験を兼ねて植栽を行った。佐久は低密度植栽試験地として、2019年11月にカラマツの裸中苗、裸大苗、コンテナ中苗、コンテナ大苗を1,000本/ha（極めて疎）、1,500本/ha（疎）、2,300本/ha（標準）の3密度で96～104本ずつ植栽した。南牧は高密度植栽試験地として、2020年4月に2,300本/ha（標準）、5,000本/ha（密）、10,000本/ha（極めて密）の3密度で105～120本ずつ植栽した。

両試験地において植栽直後に樹高と根元直径を測定し、以後は各成長期後（11月）に樹高、根元直径、樹冠幅を測定した。樹高と根元径は2.1と共通データとし、樹冠幅はスライドスケールを使用して最大傾斜方向及び等高線方向の2方向の枝張りの最大値を水平にcm単位で測定した。

## 3 結果および考察

### 3.1 カラマツ大苗植栽による下刈り回数削減効果の検証

#### 3.1.1 樹高成長の推移

植栽時の初期樹高は、佐久、南牧ともコンテナ中苗<裸中苗<コンテナ大苗<裸大苗の順であった（図-2）。1成長期目は、コンテナ中苗とコンテナ大苗の樹高成長量がいずれも有意に小さく、裸中苗の成長量が有意に大きかった（Tukey-Kramerの多重比較検定、 $p<0.05$ ）。1成長期目において、裸中苗の樹高はコンテナ大苗の樹高に佐久では並び、南牧では超えた。

2成長期目もこれらの傾向は大きく変わらず、裸中苗の樹高成長量が有意に大きかったが、佐久の裸大苗の樹高成長量がやや小さくなった。佐久、南牧とも裸中苗はコンテナ大苗より有意に樹高が高くなり、裸大苗との差も縮小した。

3成長期目になっても、コンテナ苗の樹高成長量が裸苗より小さい傾向は継続していたが、佐久ではコンテナ中苗の成長量と裸中苗・大苗の成長量の有意差がなくなった。3成長期後の裸大苗及び裸中苗の平均樹高は南牧で200cmを超え、佐久では150cmを超えており、南牧では既に平均的な競合植生高を上回った。

今回の2カ所の試験地における3成長期までの経過からは、裸苗の方が大苗・中苗とも樹高成

長に優れていた。後述するが、コンテナ苗の初期形状比の改善が初期の樹高成長の向上につながると考えられ、育苗技術の進展が望まれる。

### 3.1.2 根元直径成長の推移

植栽時の初期根元直径は、佐久、南牧ともコンテナ中苗<コンテナ大苗<裸中苗<裸大苗の順であった(図-3)。初期樹高とは異なり、コンテナ大苗は裸中苗より根元直径が細かった。1成長期目の根元直径成長量は、佐久ではコンテナ中苗が他に比べて有意に小さく、南牧ではコンテナ大苗が他に比べて有意に小さかった。2成長期目になると、佐久では4者の直径成長量に有意差はなくなったが、南牧ではコンテナ中苗のみ有意に小さかった。3成長期目も佐久では直径成長量に4者の差は認められなかったが、南牧では両裸苗に対

以上の結果から、コンテナ苗は裸苗に比べて低い根元直径成長を示したものの、その差は樹高成長に比べて小さく、特に佐久では2年目以降、裸苗との有意差がなかった。このことから、コンテナ苗は初期成長において樹高成長より直径成長を優先しているものと推察される。

### 3.1.3 形状比の推移

植栽時、コンテナ苗は裸苗に比べて根元径が細かったため、形状比が高かった(図-4)。コンテナ苗の形状比の平均値は、佐久では中苗 97, 大苗 114, 南牧では中苗 87, 大苗 97 でどちらも特に大苗の形状比が裸中苗・裸大苗より有意に高かった(Tukey-Kramerの多重比較検定,  $p < 0.05$ )。一方、裸苗の形状比は初期から中苗、大苗とも低く抑えられており、平均値で佐久では中苗 61, 大苗 85,

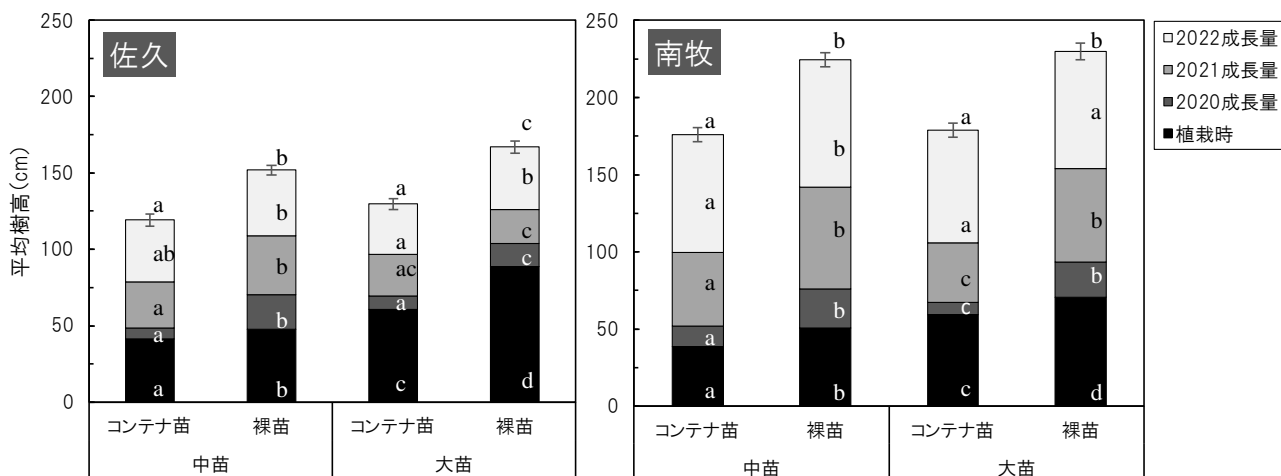


図-2 植栽木の樹高成長の推移

※初期値、各年成長量、2022 年期末の樹高において、同一アルファベットを含まない苗種間に有意差あり(Tukey-Kramer の多重比較検定,  $p < 0.05$ )  
 ※エラーバーは標準誤差  
 ※下列りありエリアにおける成長量のみを対象とした

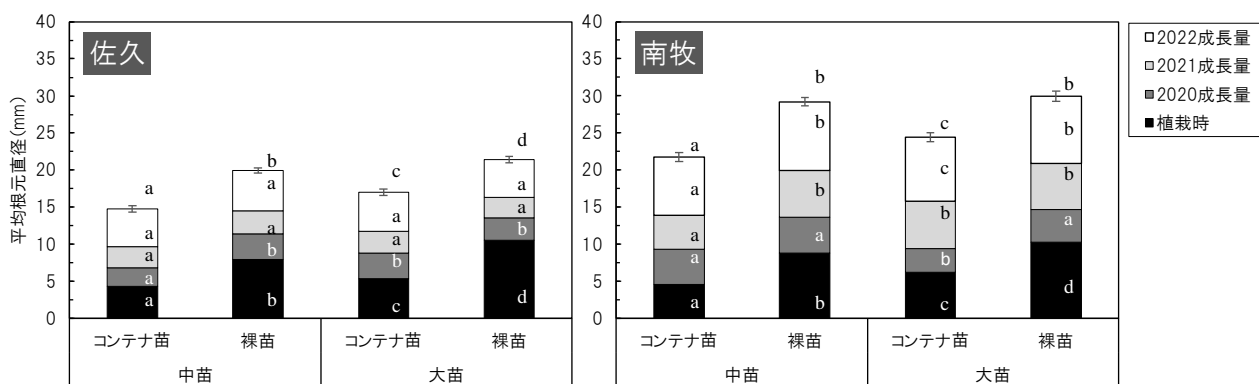


図-3 植栽木の根元直径成長の推移

※初期値、各年成長量、2022 年期末の樹高において、同一アルファベットを含まない苗種間に有意差あり(Tukey-Kramer の多重比較検定,  $p < 0.05$ )  
 ※エラーバーは標準誤差  
 ※下列りありエリアにおける成長量のみを対象とした

して両コンテナ苗の成長量は有意に小さく、特にコンテナ中苗の成長量が小さかった。

南牧では中苗 59, 大苗 70 であった。

1成長期目は、コンテナ苗は中苗・大苗とも樹

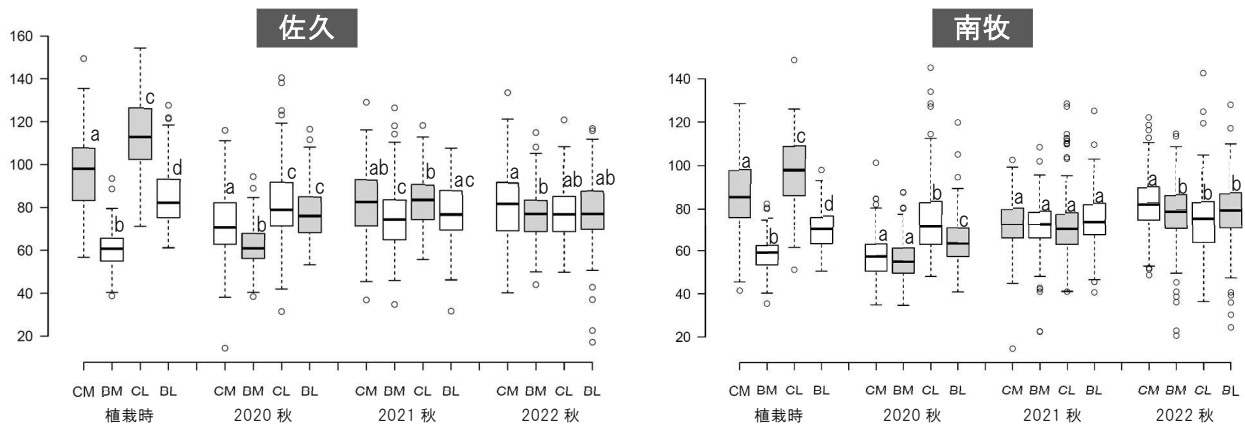


図-4 植栽木の形状比の推移

※CM:コンテナ中苗, BM:裸中苗, CL:コンテナ大苗, BL:裸大苗

※同一年の形状比において、各苗種間の同一アルファベットを含まない苗種間に有意差あり(Tukey-Kramerの多重比較検定,  $p < 0.05$ )

※下刈りありエリアの植栽木のみを対象とした

高成長より直径成長が促進され、2020年秋の形状比が佐久では中苗 73、大苗 81 に低下し、南牧では中苗 57、大苗 74 に低下した。一方、裸大苗・裸中苗は形状比に大きな変化はなく、苗種間の較差は縮小した。しかし、コンテナ苗の形状比は佐久、南牧とも依然として裸苗より有意に高かった ( $p < 0.05$ )。

2成長期後の2021年秋には、苗木の種類にかかわらず形状比は比較的安定した状態になり、佐久で80程度、南牧で70程度に収束した。3成長期後は形状比に大きな変化は認められなかったが、南牧の形状比はやや上がってどの苗種でも80程度となり、佐久と同程度になった。南牧では樹高成長量が大きかったため、形状比が上がったものと考えられる。

このようなコンテナ苗の形状比の変化は、植栽から1～2年程度は樹体の直立性を安定させるために樹高成長より直径成長に重点を置いた養分配分になる(八木橋ら2016)としたこれまでの報告と一致している。そのため、植栽後速やかに樹高成長させるためには、植栽の時点でコンテナ苗も裸苗並みの低い形状比であることが求められる。そのためには、現在のコンテナ苗育苗における極めて密な育苗条件を緩和し、下枝の枯れ上りを防ぎ着葉量を増加させることや、施肥によるコントロール等を行い、直径成長を促すことが必要と考えられる。

### 3.1.4 植栽木と競合植生の競合状態

植栽から1夏目(2020年8月)～3夏目(2022

年8月)におけるカラマツ植栽木と競合植生との関係を図-5に示した。競合状態C3+C4が20%を超えた場合に下刈りが必要、という判断基準にした結果、佐久では1夏目の裸大苗では下刈り不要と判断された。しかし、他の苗種では1～3夏目すべてにおいて下刈りが必要とされ、裸大苗でも2～3夏目は下刈りが必要と判断された。一方、南牧では1夏目と2夏目のコンテナ中苗では下刈りが必要と判断されたが、それ以外の苗種では1～3夏目すべてにおいて下刈りは不要と判断された。

佐久と南牧では競合植生の発達に大きな差が生じており、その主たる原因は2つと考えられる。一つは、地拵えの方法である。佐久では傾斜が急であり、作業道上からも機械が届かない場所であったため、人力地拵えにせざるを得なかった。そのため、機械によるA<sub>0</sub>層の除去や土壌表層の攪乱は全く生じなかったため、競合植生の回復が極めて早く進行したと考えられる。一方、南牧は緩傾斜地であり機械の林内走行が可能であったため、グラップルによる機械地拵えが行われた。機械走行による地表攪乱とグラップルによる枝条の移動に伴うA<sub>0</sub>層の部分的な除去が行われたと推察され、これらによって競合植生の回復が抑制されたものと考えられる。

また、2つ目の原因として、両試験地の植生タイプの相違が挙げられる。佐久、南牧とも主伐前の主林木はカラマツであったが、林床植生は大きく異なっていた。佐久では主伐前の林床に落葉広

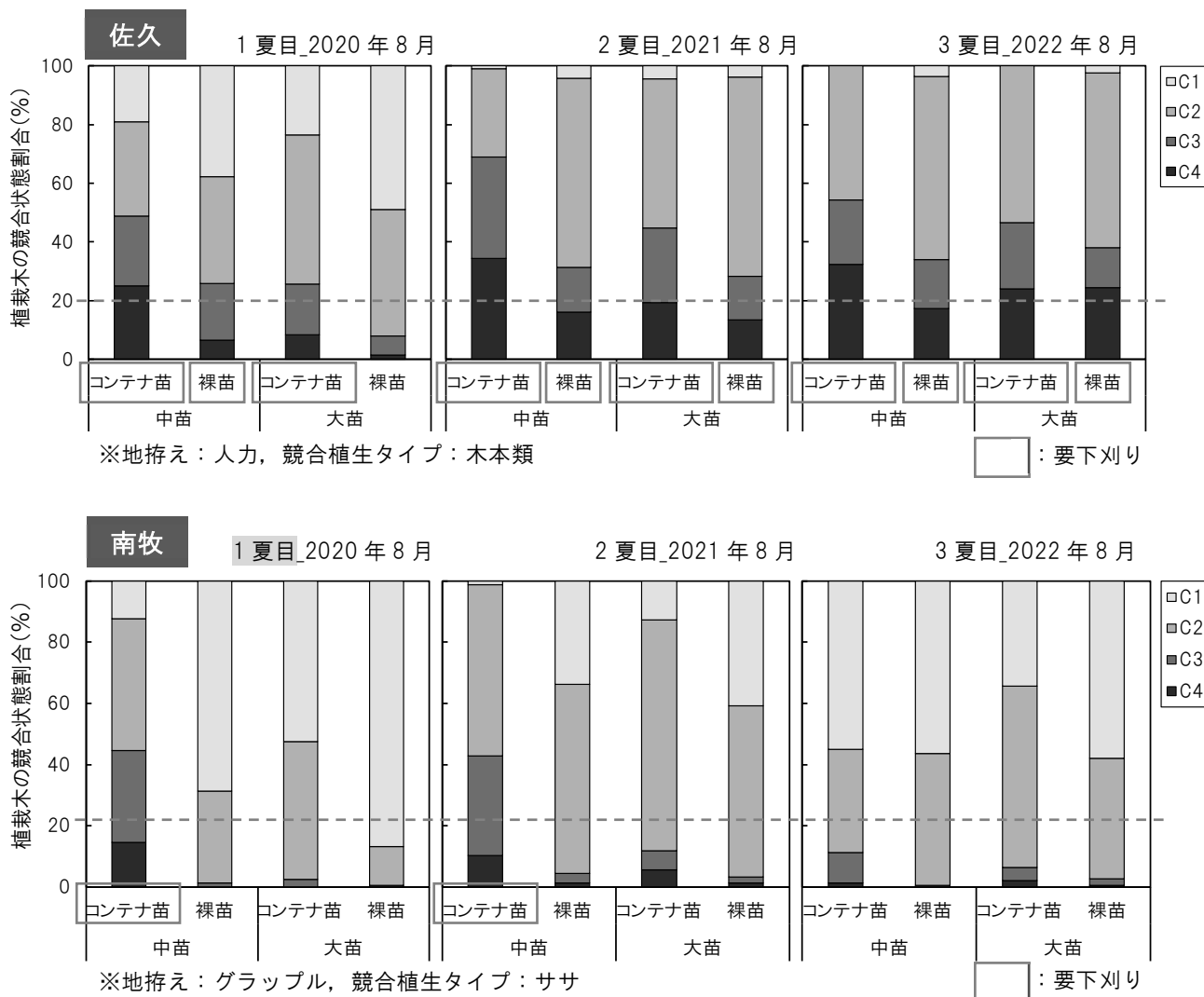


図-5 植栽木と競合植生の競合状態の推移と下刈り要否判断

葉樹の低木～中高木が密生していたのに対して、南牧では高さ1～1.5m程のクマイザサが密生していた。そのため、佐久では主伐後にこれら広葉樹の伐根から一斉に萌芽が生じるとともに、その隙間を埋めるように草本類が発生した。一方、南牧では主伐及び地拵えの作業時にクマイザサの地上部はほぼ失われていた。残った地下茎から速やかに再生し地表を覆ったものの、1～2夏目は稈高が50cm程度に抑えられていた。一部、水分条件の良い箇所ではタケネグサが優占する部分もあったが、元々ササが密生していたため他の木本類、草本類の伐根や種子が少なく、発生してきても密生するササに阻まれ成長が抑制されたものと推察される。その間に植栽したカラマツが成長し、競合状態が良好に保たれ、結果として南牧ではコン

テナ中苗植栽地以外では無下刈りのまま下刈り期を脱することができた。

以上のように、伐採地の履歴は様々であるが、佐久のように機械地拵えが困難かつ林床植生に木本類が多い林分では、下刈りを計画的に行うことをあらかじめ想定しておく必要がある。一方、南牧のように機械地拵えとササの組み合わせによって競合植生を抑制できる可能性のある林分では、主伐前からそのことを意識し、下刈りを省力化することを想定した地拵えを行うことが重要と考えられる。

### 3.1.5 カラマツ大苗等を利用した場合の初期保育モデルとコスト試算

以上の結果をふまえ、佐久および南牧の2試験地における3成長期の樹高成長と競合状態から初

期保育モデルを設定した。競合植生タイプと地拵え方法、植栽木の樹高によって下刈りのスケジュールを決定した(表-1)。佐久では、競合状態から判断すると3年目までほとんどの場合下刈りが必要である。ただし4年目には裸中苗と裸大苗は平均樹高が2mを超えると予想されるため下刈り不要とした。一方南牧では、競合状態が佐久ほど厳しくなく、コンテナ中苗でも3年目には競合植生のクマイザサの高さ(約1.2m)を超えたため、下刈りは2回のみとした。この結果、裸大苗を使用した場合は下刈り回数を従来の半分程度に

することが期待でき、さらに機械地拵えを行い、植生タイプがササなどで条件が良ければ下刈りを行う必要がない可能性も想定される。

次に、この初期保育モデルによる下刈りまでの造林コストを試算した(図-6)。機械地拵えを行い無下刈りが実現できた場合には、再造林費用は従来作業の1/3程度に低減できる可能性がある。機械地拵えが実施できず人力地拵えであったとしても、裸大苗であれば従来のコストの2/3程度にできる可能性があった。コンテナ大苗は植栽時の樹高は大きいですが、形状比が高く樹高成長が遅れ

表-1 各試験地における植栽苗の種類ごとの下刈りスケジュール

	-1年目		0年目		1年目		2年目		3年目		4年目		5年目	
	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
従来作業	中苗	裸苗	伐出		人力地拵え	植栽	下刈		下刈		下刈		下刈	下刈
一貫作業(佐久)	中苗	コンテナ苗		伐出	人力地拵え	植栽	下刈		下刈		下刈		下刈	
		裸苗		伐出	人力地拵え	植栽	下刈		下刈		下刈		下刈	
	大苗	コンテナ苗		伐出	人力地拵え	植栽	下刈		下刈		下刈		下刈	
		裸苗		伐出	人力地拵え	植栽	下刈		下刈		下刈		下刈	
一貫作業(南牧)	中苗	コンテナ苗		伐出	グラブ	フル地拵え	植栽	下刈		下刈				
		裸苗		伐出	グラブ	フル地拵え	植栽	下刈						
	大苗	コンテナ苗		伐出	グラブ	フル地拵え	植栽	下刈						
		裸苗		伐出	グラブ	フル地拵え	植栽	下刈						

※競合状態C4+C3が20%以上で下刈りを実施し、平均樹高2m以上に達すると予想されるまで下刈りを継続

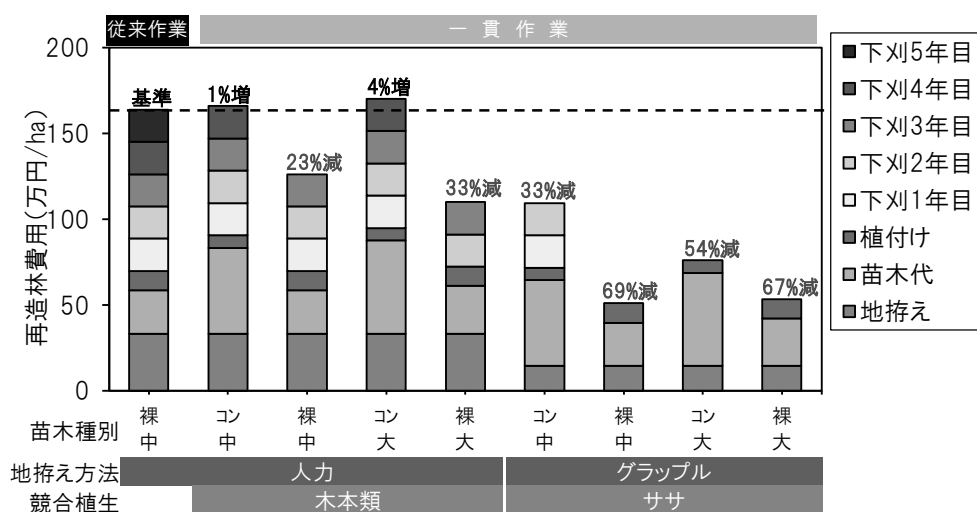


図-6 地拵え及びカラマツ苗木種別ごとの初期保育コスト比較

る傾向が認められたため、育苗時の形状比を改善するなど「植えたらすぐに伸びる」条件を整えることが課題である。

### 3.2 カラマツ植栽木の樹冠幅成長量の評価

今回の試験期間内である3成長期では、最も高密度に植栽した南牧の10,000本/ha植栽でも林冠閉鎖には至らなかった。そのため、ここでは各試験地における植栽密度の区分は除外し、苗種ごとの樹冠幅の成長量について述べる。

各苗種における樹冠幅の初期値（1成長期後）は、佐久、南牧ともコンテナ中苗及び大苗が裸苗に比べて有意に小さかった（図-7）。この原因は、裸苗は苗畑で育苗し、1年生の春に床替えを行う（一度掘り上げ、間隔を開けて植え直す）のに対して、コンテナ苗は密植状態で期間を通じて同じコンテナの中で育苗するため、成長に伴う枝の伸長が抑制されるとともに、下枝が被陰され徐々に枯れ上がるためと考えられる。

次に、樹冠幅の成長量については、佐久の裸大苗のみ2成長期目の成長量が有意に低かったが、それ以外は苗種間に有意差は認められなかった。2成長期末時点では佐久、南牧とも裸中苗と裸大苗の樹冠幅に有意差がなくなり、枝の成長に関しては十分な空間があればコンテナ苗と裸苗、また中苗と大苗の成長量の差は生じにくい可能性が示唆された。

裸苗とコンテナ苗の樹冠幅の差は、植栽時のものが3成長期を経てもほぼそのまま存在している。樹冠幅は枝の長さであり、葉の量と比例するため、樹高成長量や直径成長量にも影響を及ぼしている

と考えられる。そのため、コンテナ苗の育苗にあたっては初期の樹高成長を確実に確保するために、形状比を下げるだけでなく樹冠幅も裸苗に近づけることが求められる。

### 4 まとめ

大苗による下刈り年数短縮効果の検証及び植栽密度による林冠閉鎖年数の違いを明らかにするため、カラマツの大苗植栽、植栽密度試験を実施した。初期樹高はコンテナ中苗<裸中苗<コンテナ大苗<裸大苗の順であったが、裸中苗の平均樹高は2成長期目にコンテナ大苗を超えた。3成長期後における裸大苗及び裸中苗の平均樹高は南牧で200cm、佐久で150cmを超え、それぞれの競合植生より高くなった。現状ではコンテナ苗に比べて裸苗の方が大苗・中苗とも下刈り省力化に寄与すると考えられた。コンテナ苗の生産量は今後も増加することが見込まれるが、形状比が低く植栽後すぐに順調な樹高成長が見込める苗木にするよう、育苗技術の改良が望まれる。

競合植生との競合状態から下刈りスケジュールを決定し初期保育コストを試算した結果、地拵えをグラップルで行い、競合植生がササであった南牧では、裸中苗と裸大苗で下刈りが不要となり、従来に比べて7割程度のコスト削減が見込まれた。このように条件によっては無下刈りが可能となる一方で、競合植生の制御が困難な人力地拵え地では適切な下刈りを行う必要があり、伐採前から下刈り作業の人工の確保を検討しておく必要がある。

また、林冠閉鎖につながる樹冠幅の成長量は、

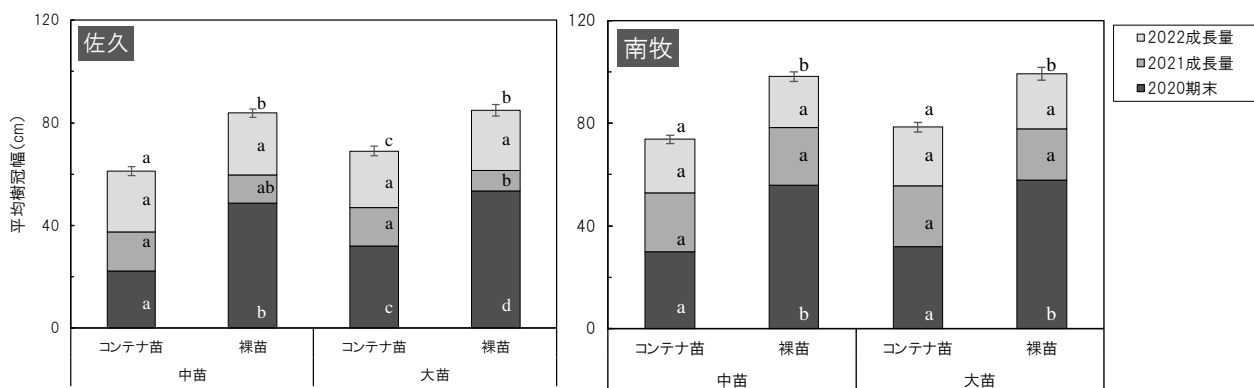


図-7 佐久市大曲国有林（左）、南牧村団体有林（右）におけるカラマツ植栽木の樹冠幅

※同一年において同一アルファベットを含まない試験区間に有意差あり（Tukey-Kramerの多重比較検定、 $p < 0.05$ ）

※エラーバーは標準誤差

※下刈りありエリアにおける成長量のみを対象とした

3成長期を経てもコンテナ苗は裸苗より有意に小さかった。林冠閉鎖が遅れることにより、除伐やつる切り作業の増加が懸念される。植栽本数を減らすことは、初期の活着率、生存率が少し下がるだけでも成立本数の大幅な減少を招きかねないため、今まで以上によりきめ細かな保育作業が必要となる。

再造林の低コスト化は林業採算性の改善に極めて重要であるが、収穫量が減少したり成林が危ぶまれたりしては本末転倒である。下刈りの省力化に関しても、植栽木と競合植生の競合状態を見極め、下刈りの可否を判断しなければならない。低コスト化とともに確実な成林を担保する技術の構築が今後も求められる。

## 謝辞

本研究の実施にあたっては、中部森林管理局、同東森林管理署、南佐久北部森林組合、双葉林業合資会社、長野県佐久地域振興局林務課、長野県林務部信州の木活用課の皆様にご多大なるご協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。なお本研究は、農林水産省委託プロジェクト「成長に優れた苗木を活用した施業モデルの開発」の支援を受けて行いました。

## 引用文献

長野県林務部(2023)長野県民有林の現況. 195pp, オンライン, (<https://www.pref.nagano.lg.jp/rinsei/sangyo/ringyo/toukei/minyurin/documents/r5zenketugou.pdf>) 2024年1月31日参照.

小倉晃・小谷二郎・千木容(2014) グラップルを使用したスギ大苗の植栽事例ー石川県石動山県有林ー. 石川県林試研報 46:7-9.

大矢信次郎・斎藤仁志・城田徹央・大塚大・宮崎隆幸・柳澤信行・小林直樹(2016a) 長野県の緩傾斜地における車両系伐出作業システムによる伐採・造林一貫作業の生産性. 日林誌 98:233-240.

大矢信次郎・清水香代・小林直樹(2016b) カラマツの各種苗木における植栽後3年間の成長量とそれに及ぼす下刈り手法の影響. 中森研 64:19-20.

大矢信次郎・清水香代(2017) カラマツのコンテナ苗と裸苗の活着に及ぼす植栽時期の影響: 秋季植栽の検討. 中森研 65:9-10.

大矢信次郎・中澤昌彦・猪俣雄太・陣川雅樹・宮崎隆幸・高野毅・戸田堅一郎・柳澤賢一・西岡泰久(2018) 緩傾斜地から中傾斜地における機械地拵え作業の生産性とコスト. 森林学誌 33:15-24.

大矢信次郎・倉本恵生・小山泰弘・中澤昌彦・瀧誠志郎・宇都木玄(2021) 機械地拵えによる競合植生抑制効果と下刈り回数の削減. 森林学誌 36:99-110.

大矢信次郎・二本松裕太・田中裕二郎(2022) カラマツ大苗植栽による下刈り回数削減の可能性. 日本森林学会大会発表データベース 133:140, オンライン, (<https://cir.nii.ac.jp/crid/1390292472549874560?lang=ja>) 2023年1月31日参照.

大矢信次郎・二本松裕太・小山泰弘(2023) カラマツ植栽木の初期サイズが下刈り回数に及ぼす影響. 日本森林学会大会発表データベース 134:341, オンライン, (<https://cir.nii.ac.jp/crid/1390859215928586624?lang=ja>) 2023年1月31日参照.

林野庁(2020) 令和元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. 323pp, オンライン, ([https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sinrin\\_seibi/attach/pdf/R01mitudo-26.pdf](https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sinrin_seibi/attach/pdf/R01mitudo-26.pdf)) 2024年1月31日参照.

林野庁(2022) コンテナ苗の大苗化の手引き〜残苗の活用と付加価値向上を目指して〜. 11pp, オンライン, (<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/attach/pdf/syubyou-2.pdf>) 2024年1月31日参照.

島本美保子(1998) 世界の造林・育林費. 林業経済 51(4):1-10.

八木橋勉・中谷友樹・中原健一・那須野俊・櫃間岳・野口麻穂子・八木貴信・齋藤智之・松本和馬・山田健・落合幸仁(2016) 日林誌 98:139-145.

山川博美・重永英年・荒木眞岳・野宮治人(2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草の影響. 日林誌 98:241-246.