スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針

（令和３年度改訂版）

林野庁

内容

スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針 1
１．背景 1
２．本指針の目的 1
３．低密度植栽と通常植栽の違い 3
（１）低密度植栽とは 3
（２）低密度植栽と木材生産 3
４．低密度植栽導入時における技術指針 4
（１）植栽 4
①　樹種の選定 4
②　植栽地の選定 4
③　植栽本数の設定 4
④　植栽密度と活着および初期成長 5
⑤　植栽コストの削減 7
（２）下刈り 8
①　下刈り作業時間 8
②　下刈りと誤伐 10
③　下刈り回数（期間） 11
（３）植栽から下刈りまでの初期保育コスト 20
（４）獣害対策 23
（５）気象害への対応 23
５．低密度植栽地における生育状況・育林に関する情報 24
（１）既存試験地における初期保育以降の植栽木の生育状況 24
① スギ 24
② ヒノキ 26
③ カラマツ 26
（２）既往文献における低密度植栽に関する育林などの情報 27

１．背景

近年、森林資源の成熟による主伐の増加が予想される中、森林の多面的機能を十分に発揮させていくためには、確実な再造林を実施する必要がある。他方、森林所有者の再造林意欲を向上させていくためには、主伐後に再造林を行っても一定の利益が得られるよう、再造林の低コスト化を徹底することが不可欠となっている。

再造林の低コスト化を図る手段として、コンテナ苗を利用した「伐採と造林の一貫作業システム」の導入や、成長に優れた優良品種の開発、早生樹導入などの検討が進められている。そのようななか、低密度植栽技術の導入も低コスト化を進めるための選択肢の１つとして期待されている。

従来、主要な造林樹種の植栽密度は、スギ、ヒノキが 3,000 本/ha 程度、カラマツが 2,000～2,500 本程度であることが多いが、低密度植栽では、植栽本数を減らすことにより、苗木購入費や植栽労務費を縮減し、再造林・保育の低コスト化を図ることが可能となる。一方、低密度植栽では、気象害・鳥獣害などによる本数の減少に加え、林冠閉鎖の遅延による生立木の梢殺（うらごけ）化や、下刈り・ツル切り・除伐などの育林作業の増大等、種々の弊害が生じる可能性も懸念されている。

以上のような必要性・課題を踏まえ、「低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業」（以下、「本事業」とする。）では、2,500 本/ha、1,600 本/ha、1,100 本/ha（樹種：スギ、ヒノキ、カラマツ）の植栽試験地（以下、「実証試験地」とする。）を全国 19 箇所に設け（表１）、2015 年度から 2019 年度の５ヵ年にわたり実証試験を行い、樹種別、地域別の植栽密度による成長状況などの違いの検証や成林の確実性、コスト削減効果、病虫獣害などに関する知見を得た。さらに、2020 年度に 10 箇所、2021 年度に５箇所の実証試験地において追加的な調査を行い、下刈り終了の可否判断の基準を整理した。本指針は、これらの知見および既存の低密度植栽試験地（以下、「既存試験地」とする。）と既往文献情報を整理し、「スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針」としてとりまとめたものである。

２．本指針の目的

本指針は、再造林のコスト削減や近年の木材加工技術の進展・木材需要の変化を踏まえ、新たな造林技術である「低密度植栽技術」の情報を提供し、森林所有者が、その利点・特異的性質、問題点を理解したうえで、「低密度植栽技術」を適切に選択・導入するための目安となるものである。

表 1　実証試験地一覧

No	地域	場所	植栽年月	苗種	植栽密度(本/ha)	プロット数	追跡調査の実施
1	東北地方	岩手県紫波町	H27(2015).12	カラマツ	2,500、1,600	6	2020 年
2		岩手県盛岡市	H27(2015).12	カラマツ	2,500、1,600、1,100	6	2020 年
3		岩手県葛巻町	H27(2015).11	カラマツ	2,500、1,600	6	2020 年
4		宮城県登米市	H27(2015).12	スギ	2,500、1,600、1,100	6	
5	近畿・中国地方	三重県大紀町	H28(2016).２	ヒノキ	2,500、1,600	5	
6	九州地方	長崎県大村市	H28(2016).１	ヒノキ	2,500、1,600	5	2020 年
7		長崎県東彼杵町	H28(2016).１	ヒノキ	2,500、1,600、1,100	6	2020 年
8		熊本県美里町	H28(2016).２	スギ	2,500、1,700	6	2020 年
9		宮崎県椎葉村	H28(2016).２	スギ	2,500、1,600、1,100	6	2020 年 2021 年
10		鹿児島県薩摩川内市	H27(2015).12	スギ	2,500、1,600	6	2020 年
11	関東地方	茨城県日立市 (国有林)	H28(2016).11	ヒノキ	2,500、1,600、1,100	8	2021 年
12		茨城県日立市 (民有林)	H28(2016).10	スギ	2,500、1,600、1,100	6	2021 年
13	中部地方	岐阜県高山市	H28(2016).10	カラマツ	2,500、1,600、1,100	6	2021 年
14	近畿・中国地方	岡山県吉備中央町	H28(2016).12	ヒノキ	2,500、1,600、1,100	6	2020 年
15	四国地方	高知県四万十町	H29(2017).２	ヒノキ	2,500、1,600、1,100	6	
16	九州地方	宮崎県都城市	H29(2017).１	スギ (大苗)	2,500、1,600、1,100	6	2020 年
			H29(2017).１	スギ (普通苗)	2,500	2	
17	北海道地方	北海道下川町	H29(2017).11	カラマツ	2,500、1,600、1,100	6	
18	東北地方	秋田県由利本荘市	H29(2017).11	スギ	2,500、1,600、1,100	6	
19	中部地方	富山県立山町	H29(2017).12	スギ	2,500、1,600、1,100	6	2021 年

３．低密度植栽と通常植栽の違い

（１）低密度植栽とは

低密度植栽とは、従来 3,000 本/ha 程度の密度で植栽していたものを、1,000～1,500 本/ha 程度の密度で植栽し、間伐の回数を減らして主伐に至る施業を想定するものである。

（２）低密度植栽と木材生産

低密度植栽により生産される立木は、梢殺（うらごけ）の樹幹になりやすいことが懸念される一方、肥大成長が促されるため、短伐期での林業が可能となると考えられている。

したがって、従来の密度での植栽が、複数回の間伐により良質な丸太生産を行う施業であるのに対して、低密度植栽は、間伐の回数削減により、合板材・集成材などの加工向けなどの並材の生産を念頭に置いた施業であると考えられる。

【日本における低密度植栽による林業地】

民有林では、林業経営者の生産目的やその地域の林業事情などによって、1,000 本/ha 程度から 10,000 本/ha を超えるような植栽密度が採用されている（表２）。このうち、低密度植栽を古くより実施している天竜・日田・小国ではほぼ無間伐または弱度の間伐での短伐期の林業が行われ、一般用材や電柱、下駄材などを用途とした木材生産が行われてきた。

表 2　主な林業地における保育形式

植栽密度	間伐	伐期の長短	林業地	主な丸太の用途
密植	ほぼ無間伐	短	旧四ツ谷	足場丸太、旗竿など
	弱度	短	西川、青梅、尾鷲、芦北	足場丸太、柱材、杭木など
	早期にしばしば	長	吉野	優良大径材、樽丸
中庸	弱度	長	智頭	優良大径材、樽丸
	しばしば適度に	長	旧国有林	大径一般材
疎植	ほぼ無間伐または弱度	短	天竜、日田、小国、木頭、ボカスギ	一般用材、電柱
	単木の成長に重点	長	飫肥	弁甲材（造船用材）

転載：丹下健, 小池孝良, 2016, 造林学 第 4 版, 朝倉出版, P149 より

４．低密度植栽導入時における技術指針

本項目以降では、低密度植栽を選択する際の留意点などを示す。また、実際の取組事例については、「低密度植栽導入のための事例集」で整理しており、低密度植栽を実施する地域や条件に近い事例を参考にしていただきたい。

（１）植栽

①　樹種の選定

本指針では、林業上重要な造林樹種のうち、樹種本来の特性や植栽初期の成長特性などを考慮し、全国的な造林樹種であるスギやヒノキ、冷温帯地方などのカラマツを対象とする。植栽樹種の選定については、以下の樹種特性や表３の各樹種の植栽密度、P.26 以降の既存試験地や既往文献情報などを参考にしていただきたい。

【樹種特性について】

〇スギ

ほぼ日本全国で主力となる造林樹種である。成長はカラマツに比べれば中庸となるが、基本的に成長は良い。低密度で植栽した場合、樹幹形状は梢殺となる可能性があり枝が地際近くまで着生するが、林冠閉鎖と共に下枝は次第に枯れ上がり、時間の経過と共に完満となっていく。用材、合板材、集成材と用途が広い。

〇ヒノキ

ヒノキの成長はスギやカラマツに比べ遅い。そのため、低密度植栽する場合は、成長が良好な立地を選ぶことが特に大切であり、場所によっては雑草木との競争関係から下刈り期間が長くなる可能性がある。また、スギと同様に低密度で梢殺となり太枝が多く着生する。樹種の特性として落枝性が悪く林冠閉鎖しても枯枝が残り続ける傾向にあり、これらが死節の原因となることに留意する必要がある。

〇カラマツ

北海道や東北・中部地方の冷涼寒冷な地域を中心とした造林樹種である。主要造林樹種の中で最も初期成長が速く、その後の成長も良いため、低密度植栽に適合する樹種である。木材の用途としては合板材や集成材に適している。

②　植栽地の選定

植栽木の成長が担保できる場所を選定する「適地適木」が基本である。再造林地であれば、前生林分の成長状態を参考にする。ヒノキについては、カラマツやスギに比べ成長が遅いため、低密度植栽する場合は、特に立地の選定が大切であり、良好な成長が期待できる場所の選定が重要である。

③　植栽本数の設定

植栽本数は、地域や樹種の生産目標に応じて異なる。植栽後、年数の経った既存試験地での調査結果や既往文献情報などを整理すると、樹種ごとに表３に示す本数まで減らしても成林や木材利用に影響が少ない（事例については５．低密度植栽地における生育状況・育林に関する情報を参照）。

表 3　成林や木材利用に影響が少ないとされる植栽密度

樹種	植栽密度※
スギ	1,000 本/ha～1,500 本/ha 以上
ヒノキ	1,500 本/ha 以上
カラマツ	1,000 本/ha 以上

※ただし、保安林の場合には指定施業要件の中で植栽密度が定められている。
また、都道府県の補助対象にも最低植栽密度が定められている場合がある。

④　植栽密度と活着および初期成長

＜活着率＞

本事業の実証試験地では、コンテナ苗を使用して秋以降に植栽を実施した。調査結果から、植栽密度が活着率に影響を与えることはないと考えられる。ただし、植栽後、誤伐や獣害などの影響により枯死が発生することがある。低密度植栽では従来よりも植栽本数が少ないため、局所的な枯死が発生した場合に、その後の成林に対して深刻な影響を与える可能性がより強くなる。そのため、植栽後の植栽木への被害や枯死の発生状況を良く確認し、被害の状況によっては補植を実施する等の対応が必要となる。

【植栽密度と活着率の事例】

本事業で設置した全国 19 箇所の実証試験地のうち約９割（101/117 プロット）が活着率 80%以上であり、その多くが 90%以上であった（図１）。また、植栽密度による活着率の違いや樹種による違いもほとんど見られなかった（図２）。このことから低密度植栽による活着への影響はないと考えられる。

なお、活着率が低い調査区が一部見られたが、寒冷地域であったため（北海道下川町）、植栽時期による影響が考えられる。

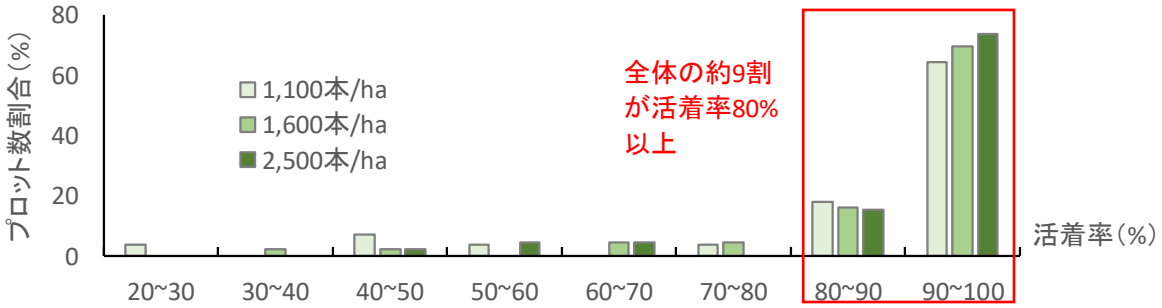


図　1　各植栽密度における活着率ごとのプロット数

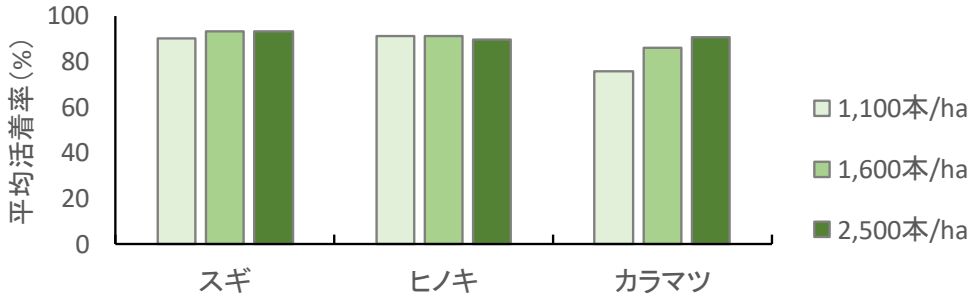


図　2　各植栽密度における樹種ごとの平均活着率

＜初期成長＞

樹高成長は一般的に植栽密度に関係はない。幹の肥大成長は、密度効果による影響を受けるが、植栽直後から下刈りへの初期保育作業の段階では、下刈りを適切に行っている限り植栽木は個々に孤立した状態で生育しているため、その影響はないと考える。幹の肥大成長に密度効果が目立って現れてくるのは林冠閉鎖後と考えられる。

なお、実証試験地間では植栽木の成長の違いにばらつきが見られたが、統計解析を行ったところ、苗木の形状比と立地環境（斜面方位などの環境要因）が影響を及ぼした要因として推測された。このため、良質な苗を用い、適地適木を目指すことが重要である。

【植栽密度と樹高・地際直径の事例】

本事業において平成 27（2015）年度に 2,500 本/ha、1,600 本/ha、1,100 本/ha の全植栽密度で植栽を行った実証試験地について、平均樹高と平均地際直径の成長の推移を図３～５に示す。

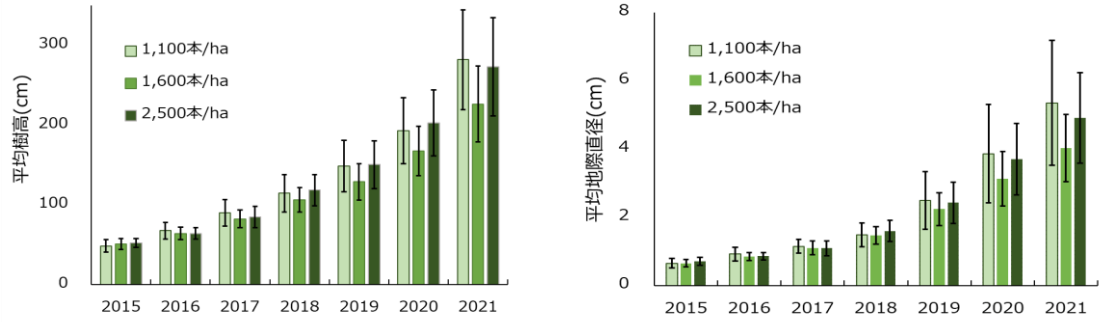


図 ３　スギの平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（宮崎県椎葉村の事例）

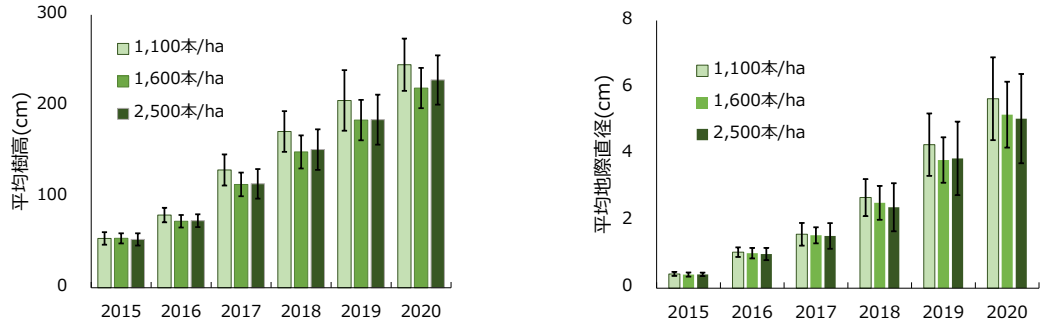


図 ４　ヒノキの平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（長崎県東彼杵町の事例）

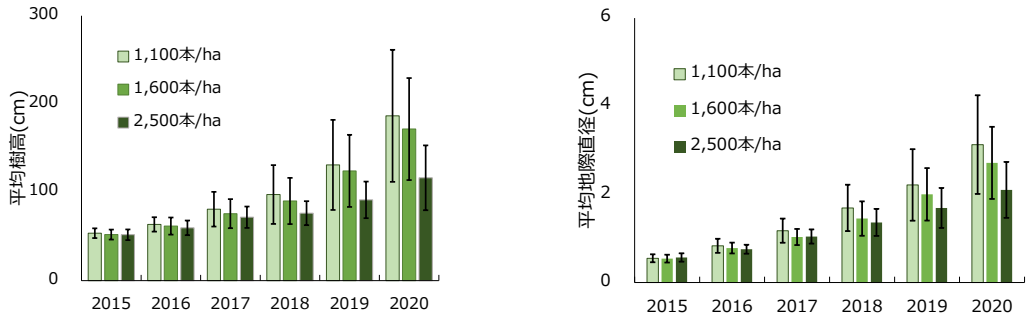


図 ５　カラマツの平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（岩手県盛岡市の事例）

⑤　植栽コストの削減

植栽密度を 3,000 本/ha から、2,500 本/ha、1,600 本/ha、1,100 本/ha と低密度にした場合、地拵えの費用は変わらないが、植栽本数が減ることにより、苗木の購入費および植栽に要する労務費が低減され、再造林コストの削減が可能となる。植栽コストに占める苗木代の割合は高いため、低密度植栽によるコスト削減効果は大きい。なお、地拵えについても下記のカラマツの事例のように坪状に行う場合はコストが削減できる。

また、低密度化により単位面積あたりの植栽本数が少なくなることで間伐の回数削減が可能となり、施業コスト全体の削減も期待できる。もちろん、無間伐のまま主伐を実施することも選択肢の一つである。

【植栽コスト削減の事例（既往文献情報）】

■スギの事例

・広島県におけるスギの 1,000～3,000 本/ha の植栽密度比較試験では、下刈りなどの保育は通常通り実施し、低密度によるトータルコストとしては、苗木植栽経費と 1 回の間伐費用の削減ができた（岩田ほか 2005、広島県森林管理署 2001、低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ2009）。

■ヒノキの事例

・島根県安来市の試験地では、ヒノキを 1,000 本/ha と 3,000 本/ha で植栽し、コストを比較している。低密度植栽では植栽間隔が広くなるため一本あたりの植栽時間は増加したが、面積あたりの植栽本数が普通植栽の 1/3 にまで減少したことから、ヘクタールあたりの植栽経費は、普通植栽では約 47 万円のところ低密度植栽では約 17 万円と、約 1/3 まで減少した（森林総研：近畿・中国四国の省力再造林事例集 2015）。

■カラマツの事例

・福島県金山町におけるカラマツの低密度植栽（1,000 本/ha）では、地拵え費が従来 2,500 本植えの 3/5（植栽木周辺の坪状地拵え）、苗木代が 2/5 になり、経費削減が図られた（低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ2009）。

なお、植栽密度 3,000 本/ha での植栽間隔が 1.8m であるのに対し、低密度植栽の 1,100 本/ha では約 3.0m であるため（表４）、現場作業員に低密度植栽の経験がない場合、植栽位置の決定に手間取り１本あたりの植栽効率が落ちる場合がある。

低密度植栽の植栽間隔に慣れ、間隔を測らずに植栽が行えるようになるまでの間は、作業効率を高めるために、竹などの軽量な資材で尺棒を作り利用するなどの工夫が有効である。

表 4　植栽密度と植栽間隔

植栽密度（本/ha）	植栽間隔
3,000	1.8m
2,500	2.0m
1,600	2.5m
1,100	3.0m

（２）下刈り

①　下刈り作業時間

本事業で下刈りを依頼した現場作業員へヒアリングを行ったところ、下刈り作業時間に影響を及ぼす要因として、実証試験地での雑草木の種類、地形や傾斜度、地拵えで残地された枝条の多寡、植栽間隔への作業員の慣れなどが挙げられた。

そこで、植栽密度による作業時間の違いを見るため、現場作業員の下刈り（全刈り）時間を植栽密度別に集計・整理した結果、実証試験地によりばらつきはあるものの、全体として植栽密度が低い方が下刈り作業時間が短い傾向が見られた。低密度植栽により、下刈りの作業時間を短くし、下刈り人工を軽減させることが期待できる。

【植栽密度による下刈り作業時間への影響例】

本事業で全国に設定した実証試験地の 19 箇所について、植栽密度 1,100 本/ha 区、1,600 本/ha 区、2,500 本/ha 区を対象に下刈りの時間の計測を行った。2018・2019 年度の下刈り作業時間データから、植栽密度が低いほど下刈り作業時間が短くなる傾向が見られた（表５）。

表 5　植栽密度と下刈り作業時間

植栽密度（本/ha）	1 ha あたりの下刈り作業時間（平均時間±標準偏差）
2,500	27±9.2
1,600	25±10.2
1,100	20±5.9

なお、下刈りの効率化には、必要部分だけを下刈りする部分的な刈り払い（筋刈りや坪刈り）の実施や、隔年で実施をする方法もある。ただし、雑草木が繁茂しやすい立地では、逆に作業が大変になるため、植生条件により判断することが必要である。

【筋刈りや坪刈りによる下刈り功程の低減例（既往文献情報）】

＜筋刈り＞

東北森林管理局森林技術・支援センター（2017）による太平洋側および日本海側でのスギ・カラマツの低密度植栽試験（500 本/ha 区、1,000 本/ha 区、1,500 本/ha 区、2,500 本/ha 区を設定）の事例では、下刈りとして筋刈りを実施し、その功程を調査している。その結果、筋刈りの功程は、植栽密度が疎であるほど上がる傾向がみられた（図６）。

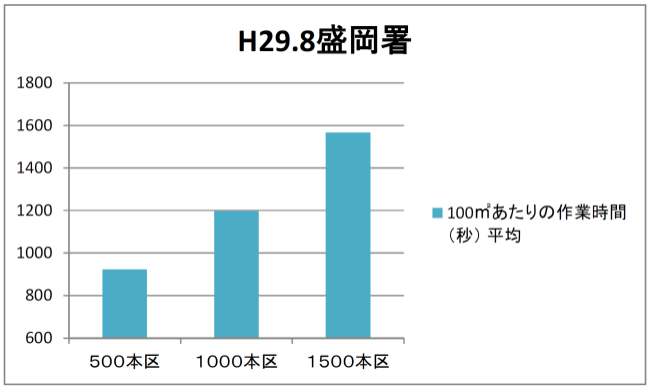


図 ６　植栽密度別の 100㎡ あたりの作業時間

（東北森林管理局森林技術・支援センター(2017)「低密度植栽試験完了報告」から抜粋）

＜坪刈り＞

山中（2011）による島根県の事例では、密度試験区（1,000 本/ha、2,000 本/ha、3,000 本/ha で設定）で、1,000 本/ha 区では坪刈りのみ、2,000 本/ha 区では全刈りと坪刈り、3,000 本/ha 区では全刈りのみという下刈りを２年間にわたって実施し、その功程を調査している。

その結果、全刈りでは植栽密度による作業時間の違いは見られなかったものの、坪刈りでは、植栽密度が低い方が作業時間は短くなった。また、１年目よりも２年目の方が作業時間は短くなった。しかし、2,000 本/ha 区内での全刈りと坪刈りを比較すると、１年目では坪刈りの方が作業時間は長くなった（図７）。これは、坪刈りを行う植栽木間を移動するために本来刈る必要のない部分も一部刈り払う必要が生じたこと、刈り残し部分の雑草木が植栽木を被覆しないように刈払機を振り上げて雑草木の枝条を刈り払う必要が生じたことなどが要因と考えられた。

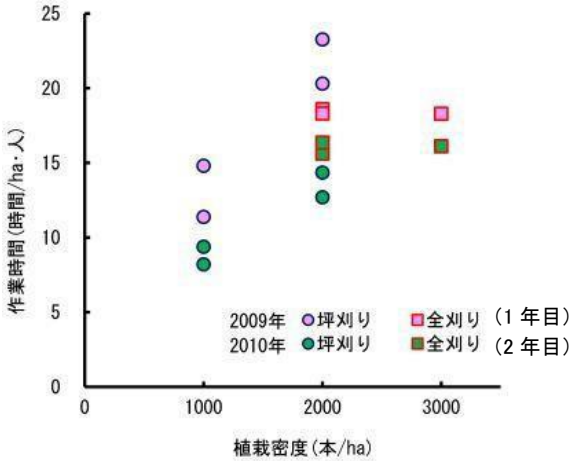


図 ７　各植栽密度における下刈り方法別の作業時間

（山中啓介(2011)「平成 22 年度低コスト育林高度化事業報告書」から抜粋）

② 下刈りと誤伐

植栽密度 3,000 本/ha での植栽間隔は 1.8m である。低密度植栽ではこの間隔が広がり、1,600 本/ha で 2.5m、1,100 本/ha で 3.0m となる。下刈り作業に従事している現場作業員は、3,000 本/ha の 1.8m や 2,500 本/ha の 2.0m の間隔に慣れていることから、低密度植栽においては、間隔の違いから誤伐の可能性が高まるとの懸念がある。

しかし、本事業の実証試験地で発生した誤伐の状況と植栽密度との関係を解析した結果、誤伐の発生は植栽密度には関係がないという結果が得られた。

一方、雑草木が繁茂し植栽木の目視確認が難しい場所では、誤伐の可能性が高まることも明らかとなった。このため、誤伐については植栽密度ではなく、雑草木の繁茂状況に影響されると考えられる。下刈り作業を請け負う事業者によっては、必要に応じ、誤伐防止のため植栽木への標識テープの設置や目印となる棒の設置、比較的大きな苗を使うなどの対策を講じていた。

【誤伐の発生状況と雑草木の繁茂との関係】

本事業で全国 19 箇所に設置した実証試験地の誤伐発生箇所（N=89）について植栽密度別に誤伐の発生割合を整理した。その結果、植栽密度が低くなっても誤伐割合はいずれも約６～７％とあまり変わらないことが明らかとなった（図８）。

なお、誤伐の発生は雑草木が植栽木より高いときに多く、現場作業員へのヒアリングでも、植栽木の目視確認の可否により下刈りの難易度が変化するとの意見があった。

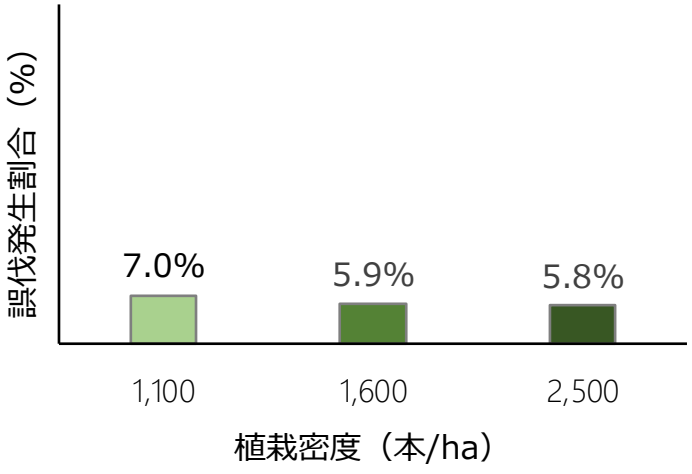


図 ８　植栽密度別の誤伐発生割合

③　下刈り回数（期間）

従来の 3,000 本/ha 程度の植栽密度では、下刈りは年１回、５～６年継続して行い、概ね終了している例が多い。一方、低密度植栽では、林冠閉鎖が遅れるため、3,000 本/ha 程度の植栽密度に比較して下刈り回数が増加するとの懸念がある。

実際、既往文献でも以下のとおり、低密度植栽地において下刈り回数が増加したなどの報告がある。

【下刈りコストの増大が懸念された報告事例（既往文献情報）】

■スギの事例

・青森県むつ市のスギ試験地（1,300 本/ha）では、下刈りが通常より４年多い 10 年必要となり幹曲り木が多くなった(青森県林業試験場 2001)。

・宮崎県南那賀郡のスギ試験地（1,500 本/ha）では、林冠閉鎖まで８年間下刈りを実施した(九州森林管理局 2005)。

・広島県（1,000 本/ha）や愛媛県四国中央市（750 本/ha）のスギ試験地では、つる類の繁茂が激しいため、通常より１～２年長い下刈り期間や回数を必要とした(広島森林管理署 2001、低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ2009、宇摩森林組合・住友林業 FS2009、九州森林管理局 2005)。

■ヒノキの事例

・広島県や高知県の植栽地では林冠閉鎖が通常密度（3,000～5,000 本/ha）の植栽地より１～２年遅れる傾向が見られた。そのため、通常より下刈り（もしくはツル切り）期間を余計に取らないと成林しない可能性があり、特に広島県では、ヒノキの成長の遅さから下刈り回数を増やす必要があった(岩田ほか 2005、広島森林管理署 2005、低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ2009、四国森林管理局森林技術・支援センター)。

■カラマツの事例

・カラマツやグイマツ雑種 F1 については成長が速いため、極端に低密度に植えなければ通常通り林冠閉鎖するという報告がある一方、低密度植栽にした場合に林冠閉鎖が遅れ、ツルや広葉樹が侵入できる期間が長くなる可能性がある(来田ほか 2007)。

そこで、以下の 14 箇所での調査結果を用い、低密度植栽の条件下において下刈りを植栽後５年程度で終了できるか検証した。

【2015 年度に植栽した実証試験地（８箇所）】

・岩手県紫波町（カラマツ）
・岩手県盛岡市（カラマツ）
・岩手県葛巻町（カラマツ）
・長崎県大村市（ヒノキ）
・長崎県東彼杵町（ヒノキ）
・熊本県美里町（スギ）
・宮崎県椎葉村（スギ）
・鹿児島県薩摩川内市（スギ）

【2016 年度に植栽した実証試験地（５箇所）】

・茨城県日立市（ヒノキ）
・茨城県日立市（スギ）
・岐阜県高山市（カラマツ）
・岡山県吉備中央町（ヒノキ）
・宮崎県都城市（スギ大苗）

【2017 年度に植栽した実証試験地（１箇所）】

・富山県立山町（スギ）

なお、以下の５箇所の実証植栽地については、検証の対象から除外した。

【シカやノウサギの食害により大きな被害を受けていた実証試験地】

・宮城県登米市（スギ）　　・三重県大紀町（ヒノキ）

【検証に必要な期間のデータが揃っていない実証試験地】

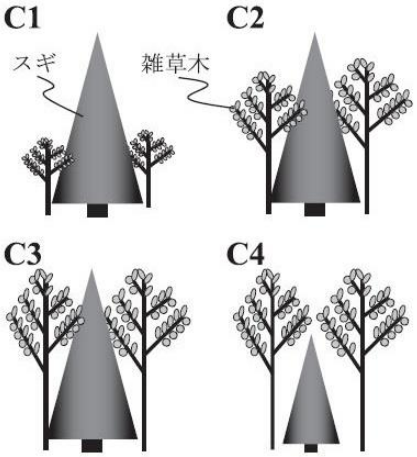
・高知県四万十町（ヒノキ）　　・秋田県由利本荘市（スギ）

・北海道下川町（カラマツ）

検証は、植栽木と雑草木について、その下刈り前の競合状態を以下に示すＣ１～Ｃ４の割合やその推移で判定するとともに、両者の平均樹高や連年の推移および優占している雑草木の通常の最大樹高から、下刈り終了の可否を判断した。

【植栽木と雑草木の競合状態を把握する方法】

植栽木と雑草木の垂直的な競争関係に基づき、Ｃ１～Ｃ４の四つのカテゴリに分類して評価する方法がある。Ｃ１～Ｃ４の基準は以下のとおりである。



Ｃ１：植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している。

Ｃ２：植栽木の樹冠の半分以上が周辺の雑草木に覆われているが、梢端は露出している。

Ｃ３：植栽木と雑草木の梢端がほぼ同じ高さにある。

Ｃ４：植栽木が雑草木に完全に覆われている。

（出典：山川ほか(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木の影響、日林誌 98：241-246）

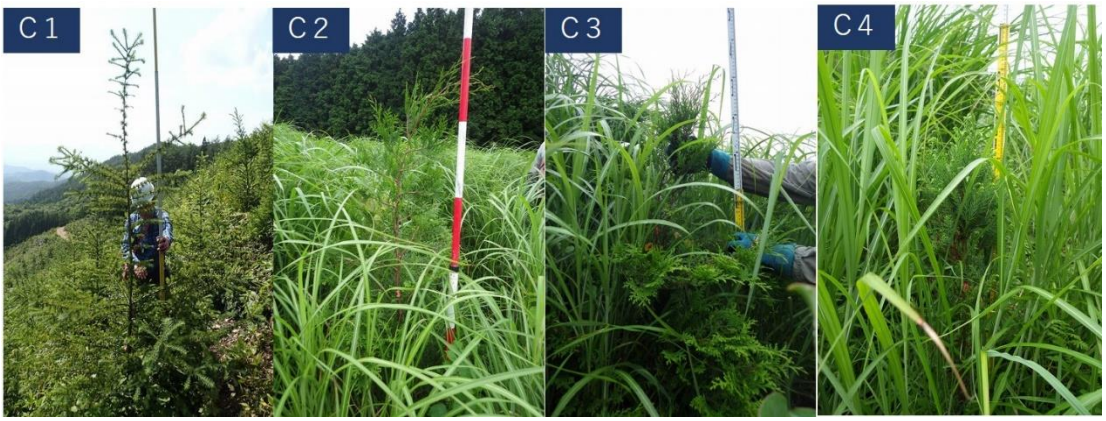


写真１　Ｃ１～Ｃ４の例

検証の結果、14 箇所の実証試験地のうち、表６に示す 12 箇所の実証試験地では、低密度植栽であっても通常密度の植栽と同様に５年以内で下刈りを終了可能と判断した。

表 6　低密度植栽でも下刈りを５年以内に終了可能と考えられる実証試験地

実証試験地	樹種	下刈り終了までの年数	下刈り終了までの回数
茨城県日立市	スギ	４年	４回
熊本県美里町	スギ	４年	３回※
宮崎県椎葉村	スギ	５年	５回
鹿児島県薩摩川内市	スギ	４年	４回
宮崎県都城市	スギ大苗	３年	２回※
茨城県日立市	ヒノキ	３年	３回
長崎県大村市	ヒノキ	４年	４回
長崎県東彼杵町	ヒノキ	４年	４回
岩手県紫波町	カラマツ	４年	４回
岩手県盛岡市	カラマツ	４年	４回
岩手県葛巻町	カラマツ	４年	４回
岐阜県高山市	カラマツ	４年	４回

※熊本県美里町と宮崎県都城市は、植栽翌年度の下刈りを省略している

また、岡山県吉備中央町のヒノキの実証試験地については、もう一度下刈りを実施すれば、４回目の下刈りで終了可能と判断した。

一方、富山県立山町のスギの植栽地については、どの植栽密度も植栽木の成長が極端に悪かったため、植栽密度に関係なく今後も下刈りを継続する必要があった。

その上で、同一の実証試験地において植栽密度ごとの違いを見ると、植栽木と雑草木の競合状態は概ね同じ傾向を示しており、下刈り終了の可否の判断が植栽密度の違いにより異なる事例はなかった。

下刈りが終了可能かどうかは、P.14～17 で紹介する事例のとおり、植栽密度ではなく、植栽木の初期成長や競合する雑草木の組成・再生力などによると考えられる。

実証試験地のうち、低密度植栽において下刈りを５年以内に終了可能と判断した事例について、各地の現場における下刈り終了の可否判断の参考として紹介する。

【下刈りを５年以内に終了できたと考えられる実証試験地の例：鹿児島県薩摩川内市（スギ）】

鹿児島県薩摩川内市のスギの実証試験地は、最初はキイチゴ類が繁茂していたが、下刈りの実施とともに植栽後４年目（2019 年）あたりからススキが主な競合雑草木となった地域である。

本実証試験地では、植栽後５年目（2020 年）の下刈り前の７月時点で 1,600 本/ha 区のＣ１＋Ｃ２の割合が９割程度であり（図９）、雑草木の平均樹高が 1.7m 程度あるが、植栽木は３m 程度とさらに高くなっていた（図 10）。本実証試験地では、所有者の意向で 2020 年 10 月に５回目の下刈りが行われたが、主な雑草木であるススキは成長しても２m 程度であるため、植栽木の樹高成長量の連年の推移から、下刈りは４年で終了可能であったと推定できた。また現地の様子から植栽木がススキなどの雑草木から完全に突出していることがわかる（写真２）。

なお、こうした植栽木と雑草木の競合状態について、植栽密度による違いはほとんど見られなかった（図９、図 10）。

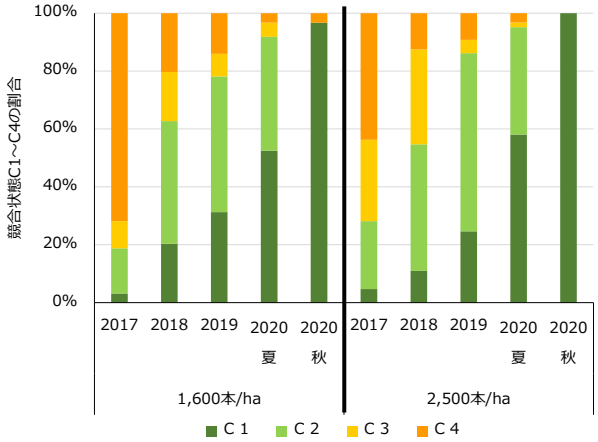


図 ９　植栽密度別のＣ１～Ｃ４の割合の変化

写真 ２　雑草木から突出した植栽木（スギ）

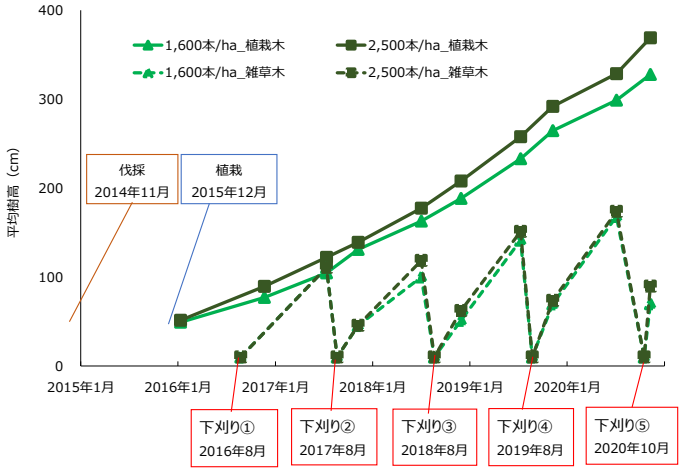


図 １０　植栽密度別の植栽木と雑草木の平均樹高の推移

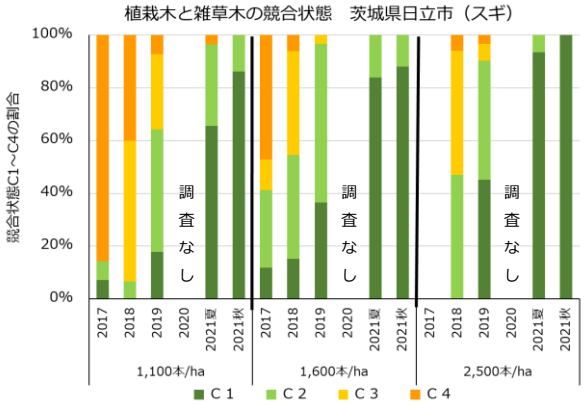
本実証試験地は、ススキが繁茂する場所であっても、植栽木の樹高成長が良いところでは、下刈りが４年（４回）で終了可能と考えられる事例である。

【下刈りを５年以内に終了できたと考えられる実証試験地の例：茨城県日立市（スギ）】

茨城県日立市のスギの実証試験地は、ニガイチゴ等のキイチゴ類が主な競合雑草木となっている地域である。

本実証試験地では植栽後５年目(2021 年)の下刈りは実施されなかったが、植栽後５年目（2020 年）の秋の時点でどの植栽密度もＣ１＋Ｃ２の割合が 10 割となっている（図 11）。また、植栽木であるスギの樹高成長が比較的良好であり、植栽後５年目（2021 年）の秋の時点で雑草木の樹高と大きく差が開き、植栽木が雑草木から突出している（写真３、図 12）。以上から、植栽４年目（４回目）の 2020 年の下刈りで終了可能と判断できた。

なお、こうした植栽木と雑草木の競合状態について、植栽密度による違いはほとんど見られなかった（図 11、図 12）。



※2017 年は 2,500 本/ha 区で競合状態の調査を実施していない。また、2020 年の調査は実施していない。

図　１１　植栽密度別のＣ１～Ｃ４の割合の変化

写真 3　雑草木から突出した植栽木(スギ)

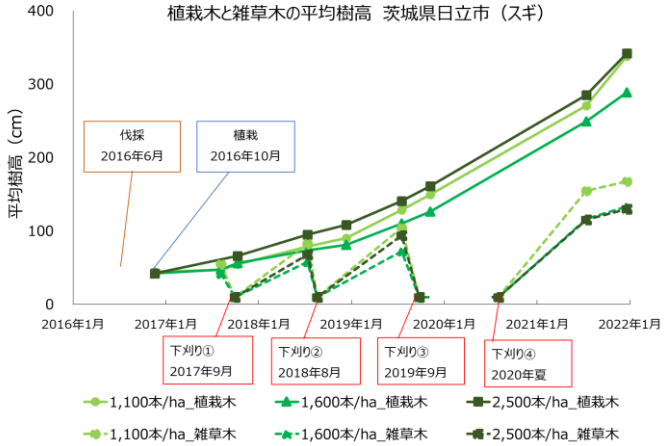


図　１２　植栽密度別の植栽木と雑草木の平均樹高の推移

本実証試験地は、植栽木の樹高成長が良好であれば、下刈りが４年（４回）で終了可能と考えられる事例である。

【下刈りを５年以内に終了できたと考えられる実証試験地の例：長崎県大村市（ヒノキ）】

長崎県大村市のヒノキの実証試験地は、落葉低木であるアオモジが主な競合雑草木となっている地域である。植栽後４年目（2019 年）の下刈り時期に 1,600 本/ha 区のＣ１＋Ｃ２の割合が 100%であった（図 13）。

本実証試験地では植栽５年目(2021 年)の下刈りは実施されなかったが、秋の時点で植栽木の平均樹高が 3.6m 程度、雑草木が 1.9m 程度と、植栽木が雑草木から完全に突出していることから（写真４、図 14）、下刈りは４年（４回）で終了可能と考えられる。主な雑草木であるアオモジの最大樹高（３～５ｍ程度）は高いが、植栽木との樹高差およびそれぞれの今後の樹高の連年成長量からアオモジが最大樹高に到達しても樹高が追い抜かれることはないと考えられる。

なお、こうした植栽木と雑草木の競合状態について、植栽密度による違いはほとんど見られなかった（図 13、図 14）。

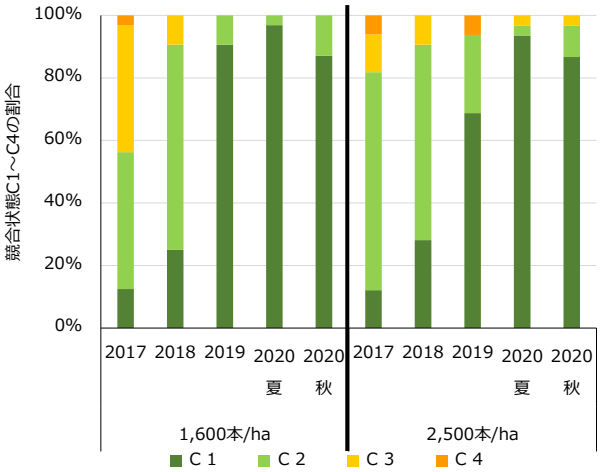


図　１３　植栽密度別のＣ１～Ｃ４の割合の変化

写真 4　雑草木から突出した植栽木(ヒノキ)

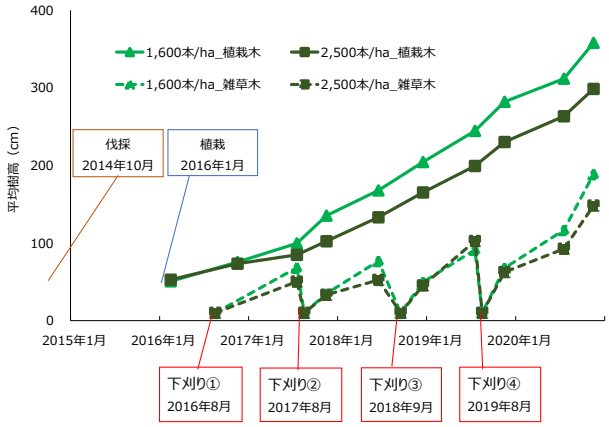


図　１４　植栽密度別の植栽木と雑草木の平均樹高の推移

本実証試験地は、雑草木の成長がよい場所でも、植栽木の樹高が高く、植栽木と雑草木に樹高差があるところでは、下刈りが４年（４回）で終了可能と考えられる事例である。

【下刈りを５年以内に終了できたと考えられる実証試験地の例：岩手県紫波町（カラマツ）】

岩手県紫波町のカラマツ実証試験地は、落葉低木であるガマズミ類やキイチゴ類が主な競合雑草木となっている地域である。植栽後５年目（2020 年）の秋に 1,600 本/ha 区のＣ１の割合が 100%であった（図 15）。

本実証試験地では植栽５年目の下刈りは実施しなかったが、５年目の秋の時点で、植栽木の樹高は２m 程度、雑草木の樹高は１m 程度であった（図 16）。ガマズミ類の樹高は２～４m 程度になるが、植栽木との樹高差およびそれぞれの樹高成長量の連年の推移から、今後下刈りを実施しなくとも雑草木が植栽木に追いつくことはないと考えられるため、下刈りについては４年（４回）行えば終了可能と推定できた。また、現地の様子から植栽木が雑草木から完全に突出していることがわかる（写真５）。

なお、こうした植栽木と雑草木の競合状態について、植栽密度による違いはほとんど見られなかった（図 15、図 16）。

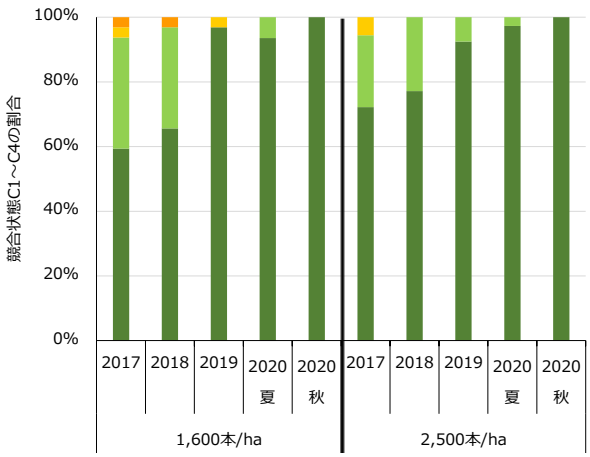


図　１５　植栽密度別のＣ１～Ｃ４の割合の変化

写真 5　雑草木から突出した植栽木(カラマツ)

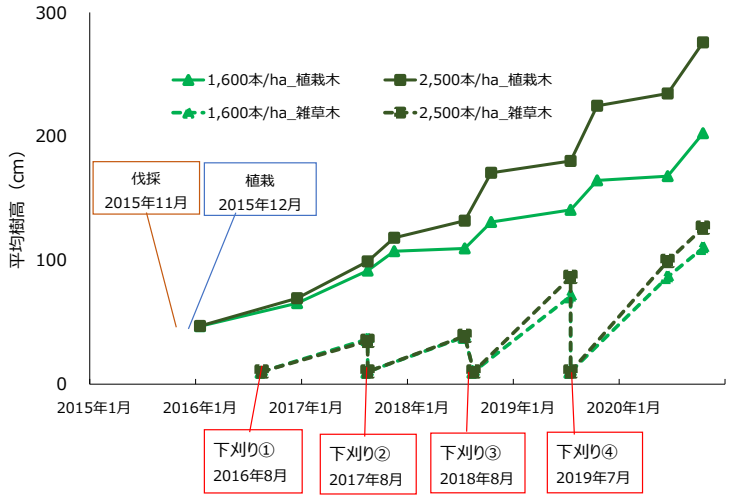


図　１６　植栽密度別の植栽木と雑草木の平均樹高の推移

本実証試験地は、植栽木の樹高が 1.5m 程度でも、雑草木の樹高が低く、植栽木と雑草木に樹高差があるところでは、下刈りが４年（４回）で終了可能と考えられる事例である。

【参考】

鶴崎ほか(2016)による、福岡県八女市におけるスギ幼齢木と雑草木の成長に関する研究では、アカメガシワやヌルデなどの先駆性落葉広葉樹が優占している環境において、スギ植栽木の平均樹高が 220cm を越えると、それらの競争木の下刈時期の樹高がスギの植栽木の被圧により前年よりも低下しはじめることを報告している。なお、この報告は 2,000～3,000 本/ha 植栽についてのものである。

今回紹介した実証試験地のうち、鹿児島県薩摩川内市と長崎県大村市の 1,600 本/ha 区では、植栽木の平均樹高が 2.2m を越えていた一方、雑草木の高さの低下はまだ見られなかったことから、植栽木が雑草木を被圧させる際の高さが 2.2m よりもやや高くなる可能性があるものの、下刈り終了の判断基準の１つとなりうることを示唆している。ただし、ツル類が繁茂する場合には、植栽木の幹の変形のもととなる可能性の指摘があり、留意が必要である。

ここに挙げた事例も含め、検証した 14 箇所の実証試験地の雑草木のタイプを整理すると、以下の様に区分される（表７）。

表７　実証試験地における競争雑草木のタイプと年間最大成長量

競争雑草木のタイプ	年間最大成長量	実証試験地
①キイチゴ類	140cm 程度	岩手県紫波町、茨城県日立市、富山県立山町
②スゲ類・多年生草本	60 cm程度	岩手県葛巻市、岐阜県高山市
③広葉樹小高木	140cm 程度	長崎県大村市、宮崎県都城市、岡山県吉備中央町
④ススキ	170 cm程度	長崎県東彼杵町、熊本県美里市、宮崎県椎葉村、鹿児島県薩摩川内市
⑤ササ類	60cm 程度	岩手県盛岡市

成長量については、植栽木より雑草木の方が大きい場合が多かったが、その時の雑草木との樹高差から樹高が追い抜かれない期間をある程度推定可能と考えられた。

参考に、実証試験地の結果をもとに作成した、森林所有者が現場における下刈りの終了・省略や継続の簡易的な判断基準とするためのフローチャートを示す（対象植栽木はスギ、ヒノキ）。

このフローチャートについては、これに基づく現場の確認・状況把握を行うことにより知見を累積し、ブラッシュアップしていくことが重要である。

なお、低密度植栽の場合、通常密度での植栽に比べて林冠閉鎖が遅れるため、下刈り終了後にツル類や雑草木が長く残り、つる切りや除伐といった作業に影響を与える可能性がある。そのため、今後は低密度植栽におけるつる切りや除伐への影響についても評価する必要がある。

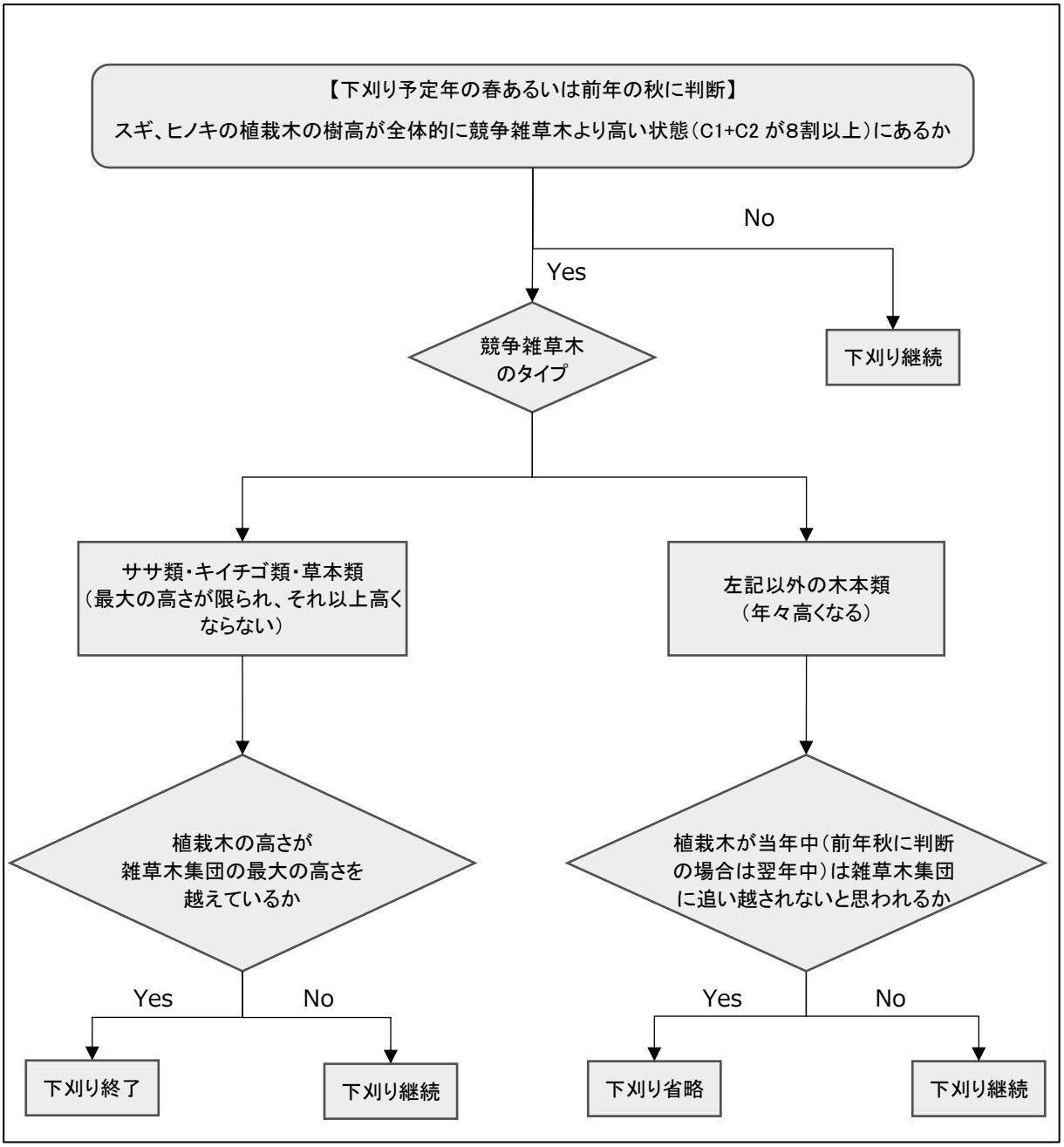


図　１７　植栽木（スギ、ヒノキ）の下刈判断フローチャート

注：カラマツについては、植栽木の樹高が競争雑草木より高くても、樹冠表面積の半分以上が雑草木に覆われると、健全に生育できないとの報告がある（原山ほか 2018）。このため、カラマツについて本フローチャートを試行的に使う場合には、「全体的に樹冠の半分以上が競争雑草木から露出している状態（C1 が８割以上）」を最初の判断基準としてスタートした方がよい。

（３）植栽から下刈りまでの初期保育コスト

植栽コストに占める苗木購入費の割合は高く、低密度植栽による初期保育コストの削減効果は大きい。

実証試験地において、通常植栽での植栽経費と低密度での植栽経費を比較すると各樹種とも1,100 本/ha 植栽の場合、植栽から下刈りまでの初期保育コストを概ね通常植栽の 60～80%に抑えられることがわかった。

以下に、通常植栽（スギ・ヒノキ：3,000 本/ha、カラマツ：2,500 本/ha）を基準（100%）として植栽密度別に植栽から2019年の下刈りまでの各項目のコスト割合を算出した結果を実証試験地別に示す（表８）。

表 ８　通常植栽を基準（100%）とした際の実証試験地における植栽密度別コスト割合

地域	場所	植栽年月	苗種	各植栽密度(本/ha)でのコスト割合			
				3,000	2,500	1,600	1,100
北海道地方	北海道下川町	2017.11	カラマツ		100%	92%	77%
東北地方	岩手県紫波町	2015.12	カラマツ		100%	82%	
	岩手県盛岡市	2015.12	カラマツ		100%	84%	76%
	岩手県葛巻町	2015.11	カラマツ		100%	81%	
	宮城県登米市	2015.12	スギ	100%	94%	71%	63%
	秋田県由利本荘市	2017.11	スギ	100%	91%	73%	60%
関東地方	茨城県日立市(国有林)	2016.11	ヒノキ	100%	94%	84%	75%
	茨城県日立市(民有林)	2016.10	スギ	100%	94%	82%	72%
中部地方	富山県立山町	2017.12	スギ	100%	92%	75%	71%
	岐阜県高山市	2016.10	カラマツ		100%	81%	73%
近畿・中国地方	三重県大紀町	2016.2	ヒノキ	100%	96%	100%*	
	岡山県吉備中央町	2016.12	ヒノキ	100%	92%	70%	65%
四国地方	高知県四万十町	2017.2	ヒノキ	100%	92%	78%	73%
九州地方	長崎県大村市	2016.1	ヒノキ	100%	94%	77%	
	長崎県東彼杵町	2016.1	ヒノキ	100%	94%	66%	59%
	熊本県美里町	2016.2	スギ	100%	93%	88%	
	宮崎県椎葉村	2016.2	スギ	100%	95%	83%	84%*
	宮崎県都城市	2017.1	スギ(大苗)	100%	93%	82%	75%
		2017.1	スギ(普通苗)	100%	95%		
	鹿児島県薩摩川内市	2015.12	スギ	100%	96%	92%	

*この２箇所については、下刈りに時間がかかったため、コスト割合が高くなっている。

【植栽から下刈りまでの初期保育コスト削減の詳細事例（本事業実証試験地での調査結果）】

植栽から下刈りまでの初期保育コスト削減の詳細事例として、実証試験地の中でも植栽木の生育が良かった鹿児島県薩摩川内市のスギ試験地、長崎県大村市のヒノキ試験地、岐阜県高山市のカラマツ試験地の事例を挙げる。

各実証試験地とも、地拵え代やシカ柵設置などの経費は変わらないものの、植栽苗の本数が減るため、コスト比率の高い苗木購入費やその植栽経費が減少し、植栽密度が低いほどコストが削減されている。

■スギ植栽の事例
＜鹿児島県薩摩川内市＞

・植栽：2015 年 12 月
・下刈り：2016、2017、2018、2019 年
・標高：180～195m
・傾斜：11～19°
・シカ柵：有り
・苗：300cc コンテナ苗

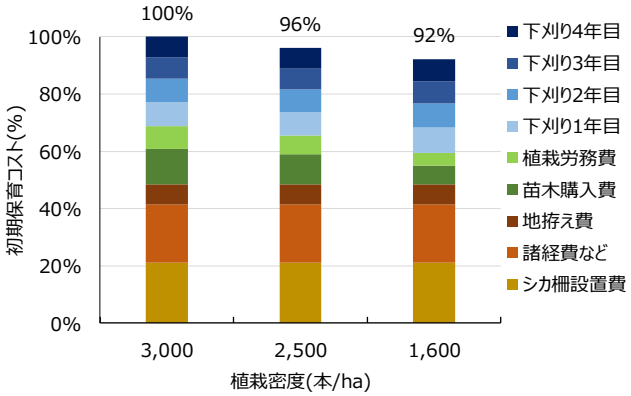


図　１８　植栽密度別の初期保育コスト
（鹿児島県薩摩川内市:スギ）

■ヒノキ植栽の事例
＜長崎県大村市＞

・植栽：2016 年 1 月
・下刈り：2016、2017、2018、2019 年
・標高：230～250m
・傾斜：11～24°
・シカ柵：無し
・苗：300cc コンテナ苗

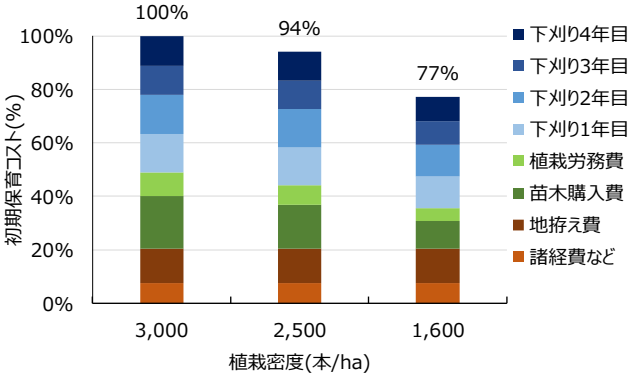


図　１９　植栽密度別の初期保育コスト
（長崎県大村市:ヒノキ）

■カラマツ植栽の事例
＜岐阜県高山市＞

・植栽：2016 年 10 月
・下刈り：2017、2018、2019 年
・標高：1020～1040m
・傾斜：0～10°
・シカ柵：有り
・苗：150cc コンテナ苗

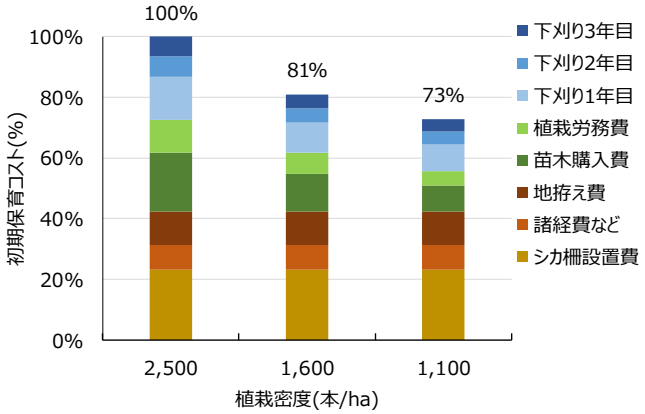


図　２０　植栽密度別の初期保育コスト
（岐阜県高山市:カラマツ）

下刈り以降の状況については検証できていないが、既往文献では、伐り捨て間伐をなくし、間伐回数も減らすことができることが報告され、更なる低コスト化を図ることも期待できる。

以下に低密度植栽において初期保育以降のコスト削減やトータルでの収益性向上ができた既往文献情報を紹介する。

【初期保育以降のコスト削減やトータルでの収益性向上ができた事例（既往文献情報）】

■スギの事例

・宮崎県の 2,500 本/ha のスギ試験地では林齢 30 年以前に間伐が必要だが、1,500 本/ha 未満の試験地ではいったん林冠閉鎖すれば林齢 40 年まで間伐は不要であった(九州森林管理局 2005)。

・1972（昭和 47）年に宮崎県日南市に設定された林分密度試験林（43 年生）では植栽密度 2,339 本/ha 以上、あるいは 783 本/ha 以下より、植栽密度 1,128～1,626 本/ha の方が、林分蓄積および原木価格の収益性の面から有利であった（三重野 2017、宮崎南部署 2017、福地ほか 2008)。

・青森のスギ試験地（1300 本/ha）では 3000 本/ha と比較し間伐回数を３回から１回に削減でき、間伐の経費を 35%削減できた(青森県林業試験場 2001)。

・宮城（1,100 本/ha）、愛媛（750 本/ha）、宮崎（1,500 本/ha）のスギの試験地では通常３回の間伐を１回に削減でき、保育間伐をせず最初から利用間伐を２回実施できた（福島県森林組合連合会 2010、宇摩森林組合・住友林業 FS2009、九州森林管理局 2005)。

■カラマツの事例

・北海道のグイマツ F1 の試験地において植栽後 40 年の間伐回数・材積を見ると、2,000 本/ha では間伐を３回（18・25・35 年目）行い、材積 330 ㎥が収穫できるのに対し、1,000 本/ha では、間伐を１回（33 年目）に削減でき、材積 338 ㎥が収穫可能となった。また、間伐回数削減によりトータルの育林経費が３割削減された(北海道立林業試験場 2006)。

（４）獣害対策

低密度植栽では、従来よりも植栽本数が少ないため、獣害による枯死が発生した場合に、その後の成林に対して深刻な影響を与える可能性がより強くなる。そのため、獣害が予想される植栽地では、植栽時より着実に獣害対策を取り、それでも被害が発生した場合は、その被害の程度により補植を検討する必要がある。

なお、本事業では全体として獣害発生数が少なかったため、植栽密度と獣害発生率との関係はわからなかった。

一般的に、ニホンジカ・カモシカ・ノウサギ・ノネズミなどの生息が確認されている地域においては、シカ柵の設置、忌避剤の散布などの獣害対策を実施することが重要である（表９）。

表 9　動物種別の対策例

動物種	被害状況	対策例
ノネズミ （ハタネズミ、スミスネズミ、ヤチネズミ、エゾヤチネズミ）	・根元付近の幹の剝皮が見られる。 ・根の摂食が見られる。	・樹幹を被覆（被覆高は積雪深を考慮） ・樹幹に忌避剤を塗布・散布、植栽木の周囲に忌避剤を散粒
ノウサギ （ニホンノウサギ、エゾユキウサギ）	・約 70cm 以下の高さで幹の歯跡や切断、枝葉の摂食が見られる。	・忌避剤の塗布・散布 ・樹幹を被覆（被覆高は積雪深を考慮）
ニホンジカ	・30-150cm 位の高さに幹の剝皮・枝葉の摂食が見られる。 ・角研ぎが見られる。 ・踏み荒らしや折れが見られる。	・ツリーシェルター、小規模柵、大規模柵の設置 ・忌避剤散布（被害初期） ・有害鳥獣捕獲
カモシカ	・20-150cm 位の高さに幹の枝葉の摂食が見られる。マーキングのための角擦りが見られる。	・基本的にニホンジカ対策と同様、ただし、特別天然記念物であるため、捕獲はできない場合が多い

（参考：樋口・豊島著 1987「造林地における獣害とその対策」、森林総合研究所鳥獣生態研究室編「哺乳類による森林被害ウォッチング」）

（５）気象害への対応

本事業の実証試験地で顕著な気象害は現時点で認められなかった。

文献調査（以下参照）では、東北日本海側の多雪地域で 1,000 本/ha の低密度植栽を実施した時に雪圧害を受けたと報告もあることから、多雪地域において植栽密度を選択する際は留意が必要である。

【気象害（雪害）発生の事例】

東北日本海側の多雪地域で 1,000 本/ha 以下のスギの低密度植栽を行う場合には、幼齢期に雪圧害を受け、主伐時の優良木の収穫本数が減少するおそれがあるとの報告がある。多雪地域では、1,000 本/ha よりも高い植栽密度で実施することが推奨された（野口ほか 2014）。

５．低密度植栽地における生育状況・育林に関する情報

既存試験地の計測値データおよび既往文献によれば、初期保育以降（下刈り以降）の生育や育林の状況については、以下のとおりである。

（１）既存試験地における初期保育以降の植栽木の生育状況

スギ・ヒノキ・カラマツ（グイマツ雑種 F1 含む）の既存試験地における初期保育以降の植栽木の生育状況を見ると、低密度植栽の植栽木は、直径が大きいものが多く、樹高についてはあまり変わらないかやや高いという状況であった。以下樹種ごとに整理する。

① スギ

鹿児島県垂水市 10 年生

1,500 本/ha、3,000 本/ha の既存試験地における植栽木について、低密度植栽の方が直径は大きい方に分布が偏り、樹高もやや大きくなっていた。

なお、施業履歴としては、下刈りが植栽翌年から６回（毎年）実施されている。

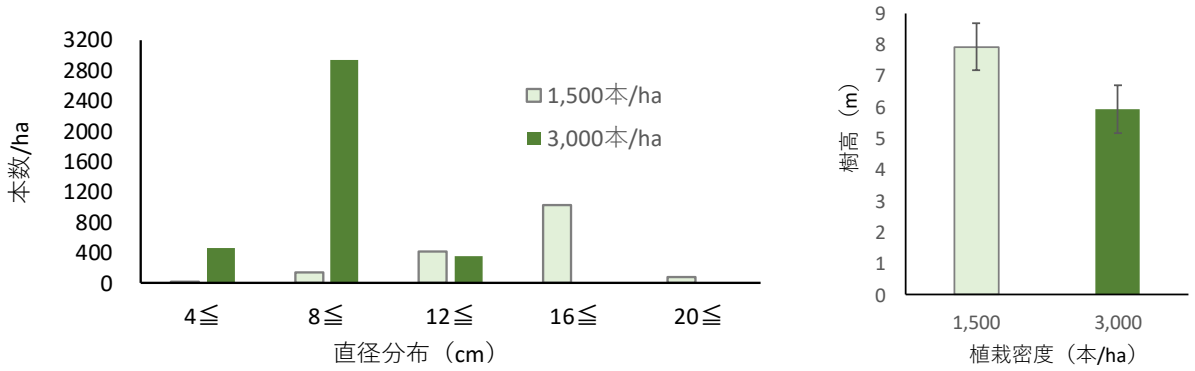


図 ２１　スギ 10 年生の既存試験地における植栽密度別の直径分布（左）と樹高（右）

岡山県新見市 17 年生

1,000 本/ha、2,000 本/ha、3,000 本/ha の既存試験地における植栽木について、直径は低密度になるほど大きい方に分布が偏り、樹高は 1,000 本/ha と 2,000 本/ha では変わらないものの、通常の 3,000 本/ha 区と比べやや大きかった。

なお、施業履歴としては、下刈りが植栽翌年から４回（毎年）されている。

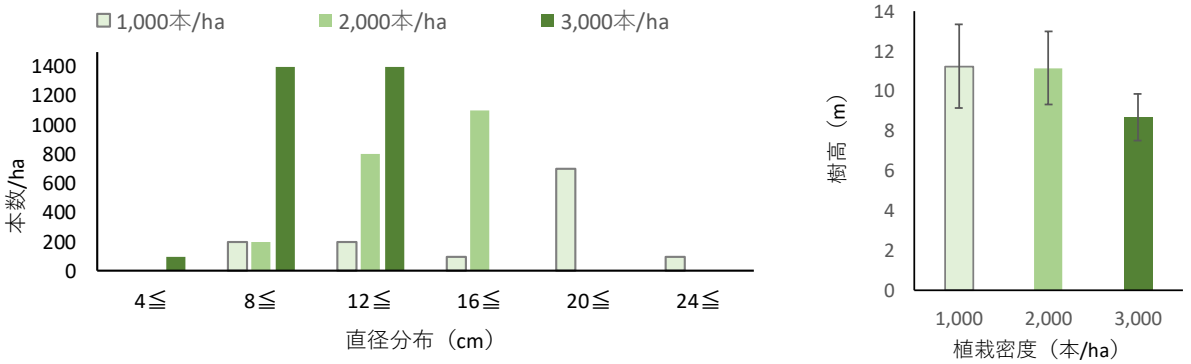


図 ２２ スギ 17 年生の既存試験地における植栽密度別の直径分布（左）と樹高（右）

広島県福山市 43 年生

1,000 本/ha、3,000 本/ha の既存試験地における植栽木について、樹高はほとんど変わらないものの、直径は低密度の 1,000 本/ha 区において大きい方に分布が偏っていた。材積は 1,000 本/ha 区で 557.8 ㎥/ha、3,000 本/ha 区で 756.8 ㎥/ha であった。

なお、施業履歴としては、下刈りが植栽年から４回（毎年）、ツル切りが植栽３年後から 13 回、除伐が２回、間伐が 1,000 本/ha 区では植栽 41 年後に１回、3,000 本/ha 区では植栽 26 年後と 41 年後に２回実施されている。

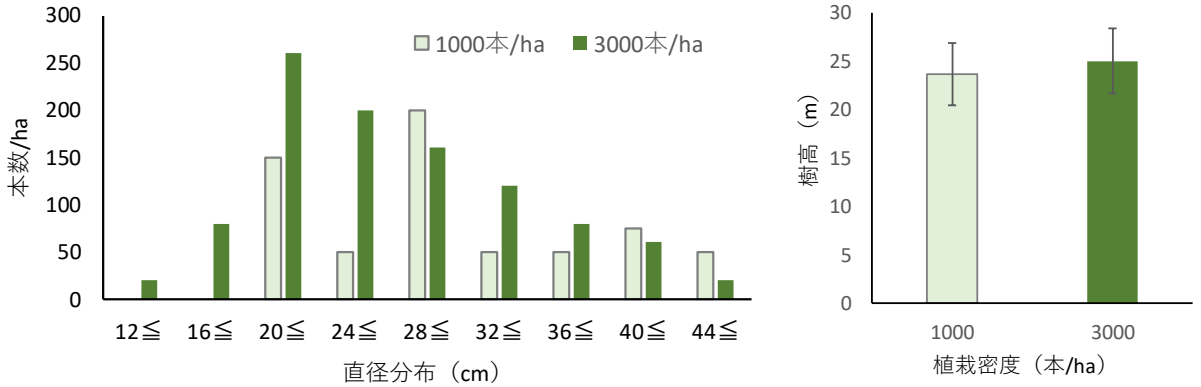


図 ２３　スギ 43 年生の既存試験地における植栽密度別の直径分布（左）と樹高（右）

宮崎県日南市 43 年生

783 本/ha、1,128 本/ha、1,626 本/ha、2,339 本/ha、3,365 本/ha の既存試験地における植栽木について、樹高は密度間の違いはあまりなかったものの、直径分布は低密度になるほど大きい方に分布が偏っていた。植栽 41 年後の材積は 783 本/ha 区で 658㎥/ha、1,128 本/ha 区で 744㎥/ha、1,626 本/ha 区で 837㎥/ha、2,339 本/ha 区で 864㎥/ha、3,365 本/ha 区で 858㎥/ha であった（九州森林管理局宮崎南部森林管理署）。

なお、施業履歴としては、下刈りが植栽 7 年後までに９回（２年目、３年目が２回刈）、ツル切りが植栽４年後から３回、施肥が２年後に１回、選木枝打ちが２回実施されている。

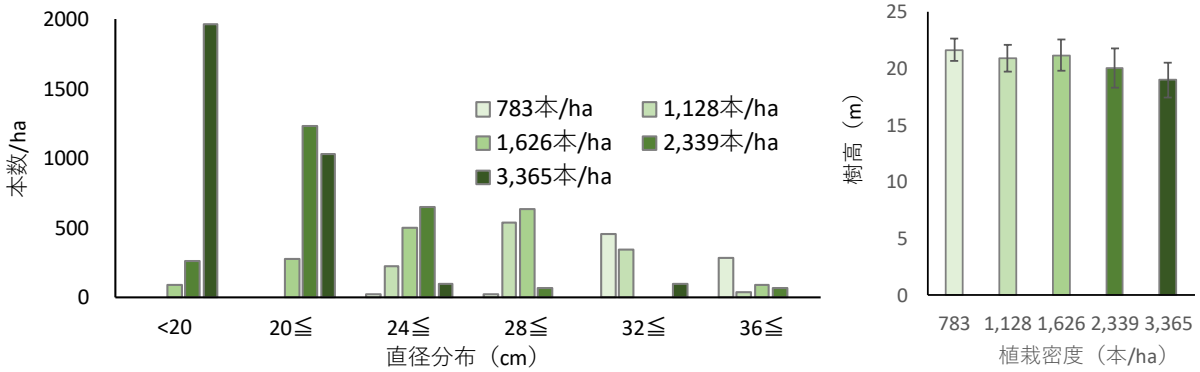


図 ２４　スギ 43 年生の既存試験地における植栽密度別の直径分布（左）と樹高（右）

② ヒノキ

広島県福山市 42 年生

1,000 本/ha、3,000 本/ha の既存試験地における植栽木について、樹高はほとんど変わらないものの、直径は低密度の 1,000 本/ha 区において大きい方に分布が偏っていた。材積は 1,000 本/ha 区では 434.8 ㎥/ha、3,000 本/ha 区では 410.3 ㎥/ha であった。

なお、施業履歴としては、下刈りが植栽年から５回（毎年）、ツル切りが植栽 7 年後から３回、除伐が３回、間伐が 1,000 本/ha 区では植栽 40 年後に１回、3,000 本/ha 区では植栽 25 年後、40 年後に２回実施されている。

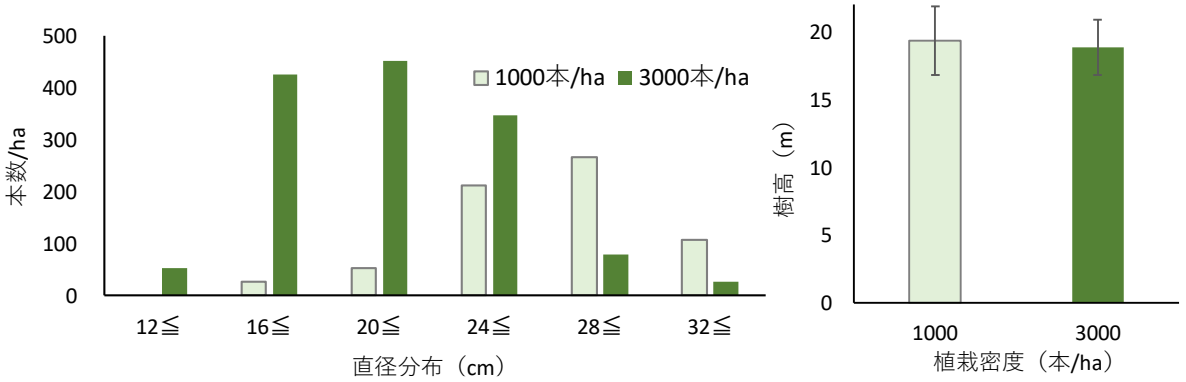


図 ２５　ヒノキ 42 年生の既存試験地における植栽密度別の直径分布（左）と樹高（右）

③ カラマツ

北海道夕張郡由仁町 13 年生（グイマツ雑種 F1）

625 本/ha、1,000 本/ha の既存試験地における植栽木について、樹高はほとんど変わらないものの、直径はより低密度の 625 本/ha 区において大きい方に分布が偏っていた。

なお、施業履歴としては、下刈りが植栽翌年と翌々年、および 11 年後の計３回実施されている。

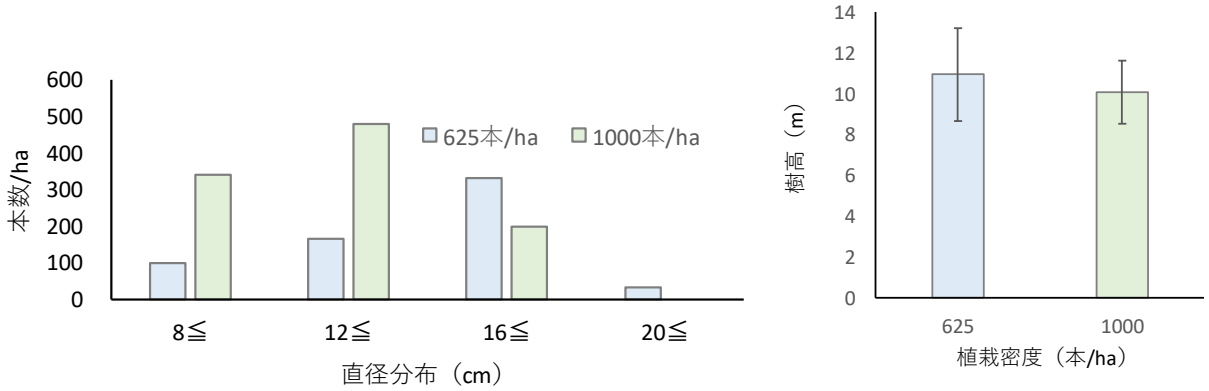


図 ２６　グイマツ 13 年生の既存試験地における植栽密度別の直径分布（左）と樹高（右）

（２）既往文献における低密度植栽に関する育林などの情報

スギ・ヒノキ・カラマツ（グイマツ雑種 F1 含む）を低密度で植栽した場合の初期保育以降の育林や材質などに関する情報を整理すると次のとおりである（表 10）。

表 10　下刈り以降の樹種別の保育や材質に関する既往文献情報

樹種	幼齢～若齢期の保育状況	壮齢期の施業・材質などの状況
スギ	・広島（1,000 本/ha）[1,2] や愛媛（750 本/ha）[3] の低密度植栽地ではツル類の繁茂が多いため、クズ切り回数は多くなる。[1]	・青森（1,300 本/ha）では根曲り木が多くなるが、間伐は１回に削減できる。[6] ・愛媛（750 本/ha）[3]、宮城（1,000 本/ha）[7]、青森（1,300 本/ha）、宮崎（1,500 本/ha）[8] では、間伐回数を通常の３回から１回に削減でき、保育間伐をせず最初から利用間伐ができる。 ・宮城（1,000 本/ha）では 60 年後に梢殺（うらごけ）だが高蓄積な林分となる。[7] ・愛媛（750 本/ha）では 60 年後に形質良好な高蓄積な林分になる。[3] ・広島では、1,000～1,500 本/ha 以上であれば、形質・強度などに問題ない。[8]
ヒノキ	・三重（1,000 本/ha・1,500 本/ha・2,000 本/ha）では植栽後６年間において、無下刈りでは成長が遅れたものの、被圧害は見られない。[4]	・広島の低密度植栽地では、低密度植栽の原木は建材には向かず、合板向きである。[2] ・広島では、1,000 本/ha では形質が悪く柱材生産には向かないが、1,500 本/ha 以上であれば、形質・強度などに問題ない。[9,10]
カラマツ	・北海道では、植栽木の成長による被陰効果（照度 10%以下）が認められるのは、通常（2,000 本/ha）では 11 年、低密度（1,000 本/ha）では 14 年と推定され、ツル切り・除伐が通常では２回に対し、低密度では３回必要となる。[5]	・北海道では、植栽後 40 年で、2,000 本/ha では間伐 3 回で材積 330m^3/ha が収穫できるのに対し、1,000 本/ha では１回の間伐だけで材積 338m^3/ha が収穫可能となり、トータル育林経費が３割削減できる。[11]

【参照文献】
表 10（P.27）において引用した文献は以下のとおりである（表 11）。

表 11　引用した文献リスト

文献No.	報告年	筆者・発行者	樹種	植栽密度	植栽年	出典
1	2001	広島森林管理署	スギ、ヒノキ	1,000-3,000	1973	平成 13 年度広島森林管理署植栽本数比較試験地報告
2	2009	日本林業技士会	スギ、ヒノキ	1,000-3,000	1973 2010	平成 21 年度低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ
3	2005	岩田ほか	スギ、ヒノキ	1,000-3,000	1974	平成 17 年度近畿中国森林管理局 森林・林業交流研究発表収録
4	2015	独立行政法人 森林総合研究所	スギ、ヒノキ	1,000-3,000	2010	近畿・中国四国の省力再造林事例集
5	2000	八坂通泰	グイマツ	500-32,000	1985	光珠内季報
6	2001	青森県林業試験場 （中島ほか）	スギ	1,000-1,700	1949	平成 13 年度、平成 26 年度青森県林業試験場報告
7	2010	福島県森林組合連合会	スギ	1,000	1943	平成 22 年度福島県森林組合連合会調査報告書
8	2005	九州森林管理局	スギ	1,500	2005	平成 17 年度九州森林管理局技術研究発表集
9	2015	近畿中国森林管理局・広島森林管理署	スギ、ヒノキ	1,000-3,000	1973 1974	低密度植栽で造成されたスギ・ヒノキの標準伐期齢を超えた林分の林分構造および材質（幹形・強度）調査結果について
10	2009	佐々木・竹内・寺岡	スギ、ヒノキ	1,000-3,000	2009	植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響（九州森林研究 62:14-17）
11	2006	北海道立林業試験場	グイマツ雑種F1	1,000-2,000	2006	平成 18 年度北海道立林業試験場報告

スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針（令和３年度改訂版）
林　野　庁
（初版　発行）令和２（2020）年３月
（改訂版発行）令和４（2022）年３月

（作成）一般社団法人　日本森林技術協会
〒102-0085　東京都千代田区六番町７番地
TEL（03）3261-5281（代表）／FAX（03）3261-5393
http://www.jafta.or.jp