

平成 28 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

平成 29 年 3 月
林野庁

目次

1	事業の概要	1
1.1	事業名	1
1.2	事業の背景と目的	1
1.3	事業内容	3
2	検討委員会の設置・運営	7
2.1	検討委員会の設置	7
2.2	検討委員会の運営	7
3	全体計画と今年度の位置づけ	9
4	低密度植栽技術の現状の分析、評価	12
4.1	文献調査	12
4.1.1	文献整理	12
4.1.2	文献整理結果の分析	37
4.1.3	既往文献から得られたまとめと考察	44
4.1.4	既往文献結果から得られた今後の課題について	49
4.2	現地調査	52
4.2.1	現地調査の概要	52
4.2.2	現地調査結果	54
4.2.3	全体的な考察	106
5	低密度植栽技術の実証	109
5.1	関東地方	111
5.1.1	茨城県 日立市（小松沢国有林）（No. 1）	111
5.1.2	茨城県 日立市（民有林）（No. 2）	119
5.1.3	岐阜県 高山市（カラマツ）（No. 3）	126
5.1.4	岐阜県 高山市（ヒノキ）（No. 4）	133
5.2	中国・四国地域	140
5.2.1	岡山県 加賀郡 吉備中央町（加茂山国有林）（No. 5）	140
5.2.2	高知県 四万十町（大谷山国有林）（No. 6）	147
5.3	九州地域	155
5.3.1	宮崎県 都城市（No. 7）	155
5.4	全体の考察	164
5.4.1	実証の概況	164
5.4.2	苗木の特性	165
5.4.3	植栽に係るコスト	166
5.4.4	植栽に係る生産性	168

5.5	コンテナ苗の活用について	170
6	平成 27 年度植栽地における現地調査及び下刈りの実証調査	171
6.1	東北地域（太平洋側）	173
6.1.1	岩手県 紫波郡 紫波町（No. 1）	173
6.1.2	岩手県 盛岡市（No. 2）	179
6.1.3	岩手県 葛巻町（No. 3）	184
6.1.4	宮城県 登米市（No. 4）	189
6.2	近畿・中国地域	194
6.2.1	三重県 大紀町（No. 5）	194
6.3	九州地域	200
6.3.1	長崎県 大村市（No. 6）	200
6.3.2	長崎県 東彼杵町（No. 7）	206
6.3.3	熊本県 美里町（No. 8）	212
6.3.4	宮崎県 椎葉村（No. 9）	217
6.3.5	鹿児島県 薩摩川内市（No. 10）	223
	【参考資料】 獣害対策の考え方	230
7	大型コンテナ苗を使用した低密度植栽試験	233
8	ポット大苗を使用した低密度植栽試験	241
9	コウヨウザン植栽地の概況調査	243
10	低密度植栽施業指針の検討	244
10.1	低密度植栽施業の目的	244
10.2	考察	244
10.3	指針	248
10.4	低密度植栽技術に関する課題	249

1 事業の概要

1.1 事業名

平成 28 年度 低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業

1.2 事業の背景と目的

(1) 事業の背景

近年、森林資源の成熟による主伐（皆伐）の増加が予想される中、森林の多面的機能を十分に発揮していくためには、間伐の推進に加え、主伐後の再生林を確実に実施することが必要となっている。他方で、森林所有者等の再生林意欲を向上させるとともに、限られた財源の下で効率的に再生林を行うためには、再生林の低コスト化を徹底することが不可欠となっている。

そのような中、再生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・地拵え・植栽の一貫作業システムの導入」が注目されている。また、合わせて低密度植栽を推進することにより一層の低コスト化に繋がる可能性が指摘されている。そのため、実証により状況を把握しつつ、「低密度植栽に関する施業指針」を検討することが求められている。

(2) 事業の目的

ここ数年、伐採から植栽までの一貫作業において適しているコンテナ苗の実用化により、植栽本数を減らすことで造林・保育の低コスト化を図る、低密度植栽技術への期待が高まってきている。しかし、低密度植栽技術については、成林の確実性、コスト削減効果、気象害や病虫害等への耐性等について十分な知見が得られていない状況にある。このため、低密度植栽技術について、森林の有する多面的機能の発揮や森林経営などの多様な観点から実証、評価、分析を実施し、その結果を踏まえ、低密度植栽による施業の指針を作成することを目的とする。

(3) 事業の考え方と進め方

再生林の低コスト化を図るためには、コンテナ苗を利用し低密度植栽技術を取り入れた一貫作業システムの導入が望まれているが、低密度植栽による低コスト化を図るためには、様々な課題があり、その課題をクリアしながら、事業の最終目的である低密度植栽技術の施業指針を作成する必要がある。

また、本事業を進めていくには、関係都道府県担当者との意見交換を行い低密度植栽技術の導入のための事務や基準、補助手段等に対する普及啓発を実施する必要がある。さらに、シカ被害対策の軽減や下刈り回数の軽減に伴うコスト削減を目指して、大型コンテナ苗の導入促進に道筋を開く視点にて実証を行いながら、今後の方向性の提示を行うことが求められている。

そこで本調査では、昨年度に策定した 5 年間の全体計画及び仕様に沿いながら、今年度は図 1 に示した (1) ～ (7) の項目について事業を実施するものである。

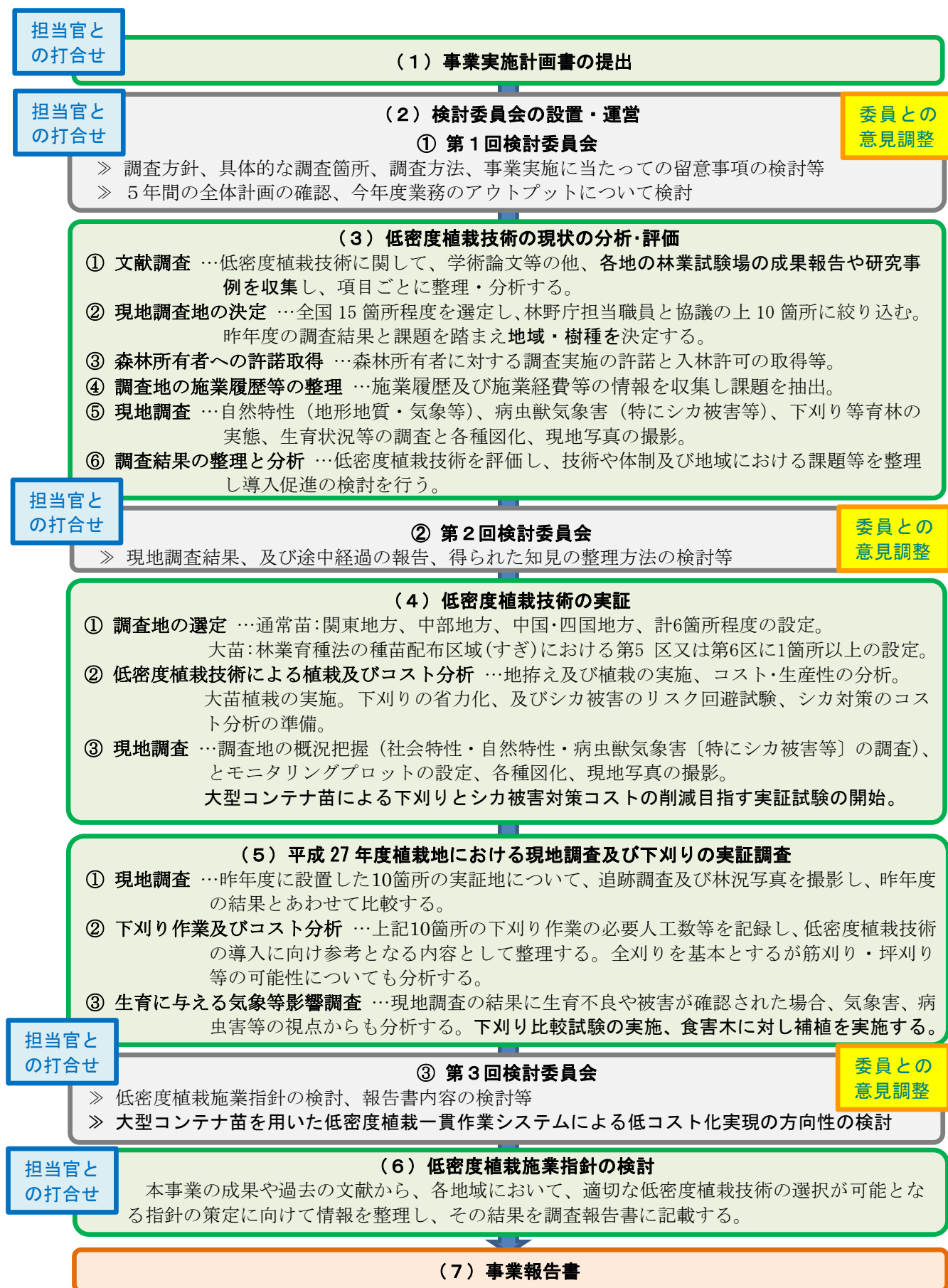


図1 平成28年度の調査内容及び調査の進め方のフロー

1.3 事業内容

本事業は、前述の目的を達成するため、低密度植栽技術について、成林の確実性、コスト削減のための工夫や効果、気象害や病虫獣害等への耐性等の多様な観点から実証、評価、分析を実施することにより、「低密度植栽施業指針」の策定に向けた検討を行うものである。そのため、以下の（１）～（７）の調査を実施した。

（１）調査計画書の提出

検討委員会及び林野庁担当者との協議を経て、調査項目毎の具体的な調査方法及び実施スケジュール、実施体制等を確定し、調査計画書に明記し提出した。

林野庁担当者との打合せ及び協議は、業務計画の作成時、年３回の検討委員会開催時、各調査項目の調整及び進捗報告時、業務のとりまとめの検討時等に実施した。また、検討委員との意見調整は、委員会開催前後の年３回実施した。その他、業務の要所にて、メール及び電話にて林野庁担当者及び検討委員と打合せを行い、調査成果を高めるべく調査を遂行した。

なお、実証調査の際の地権者、植栽、獣害対策等の計画（案）の策定と再委託先（地元の造林事業体や森林組合等）との役割分担や協力体制については、林野庁担当者との協議の上、調査計画に反映させた。

（２）検討委員会の設置・運営

調査の実施に当たっては「低密度植栽技術の導入に向けた調査検討委員会」を設置し、年３回委員会を開催・運営し、同委員会から必要な技術的指導及び助言を受けながら調査を進めた。検討委員は、低密度植栽、一貫作業システム、造林、森林経営等の専門的知見を有し、第一線で活躍中の学識経験者等８名で構成した。後述する表 2.1 に氏名等を示す。なお、検討委員や委員会の開催日や検討内容等については「２ 検討委員会の設置・運営」に後述した。

（３）低密度植栽技術の現状の分析、評価

これまでに実施された低密度植栽箇所について、文献調査及び現地調査を実施した。現地調査に当たっては、その結果と施業履歴等を分析して施業成果や成林の可能性、コストに係る考察、気象害や病虫獣害等への耐性等の多様な観点から、低密度植栽技術の評価を行った。

また、関係都道府県に対する低密度植栽技術の普及啓発を図るため、低密度植栽を試験レベルで実施している。若しくは実施を検討している都道府県関係者との意見交換を行った。

さらに、将来の、より低コストな技術化を目指す目的で、大型コンテナ苗の導入による低コスト化の可能性についての現状分析及び評価を行った。

① 文献調査

低密度植栽技術について、学術論文等から情報を収集し、現状における技術体系、課題等について、全国各地で低密度植栽技術を導入する際に参考となる内容に整理した。

② 調査地の決定

文献調査や聞き取りから、既存の低密度植栽箇所の中で植栽本数や植栽方法、植栽後の施業

履歴が確認できる箇所（所在する地域に偏りが出ないよう配慮した全国 15 箇所程度）を調査候補地とし、その調査候補地の中から、林野庁担当者との協議を経て、10 箇所程度に絞り込み現地調査地を決定した。

③ 森林所有者への許諾取得

現地調査の実施に当たって、あらかじめ森林所有者の許諾及び入林の許可を取得する。また、都道府県有林、市町村有林、国有林において必要な場合には、所定の手続を実施して入林許可を取得するほか、必要に応じて林道通行許可等を取得し合法的に調査を実施した。

④ 調査地の施業履歴等の整理

現地調査地については、所有者・関係機関等へ照会を行い、施業履歴及び施業コスト等、低密度植栽技術の分析・評価を行うための情報を収集し整理した。

また、「地域の社会性や林業特性、コンテナ苗の生産体制、一貫作業の請負事業体」等の情報収集・整理も行い、課題を抽出し、多様な観点から地域特性を明確にして低密度植栽技術の評価に役立てた。

⑤ 現地調査の実施

- i プロット設定 : 100 m²のプロット（方形）を 1 ha あたり 5 箇所以上設定した。
- ii プロット調査 : プロット内の植栽木を含む全ての立木（樹高 50cm 以上）について樹種、樹高、胸高直径（若しくは根元直径）、本数（植栽木についてはその形状）、樹冠疎密度等を調査した。
- iii 調査地の概況 : 調査地のプロットごとに林況写真を撮影するとともに林地の状況（地形、樹種、下層植生等）、気象害（寒風害や風倒害等）や病虫獣害、シカ等の獣の痕跡（食痕や糞塊等の有無）を記録した。

⑥ 調査結果の整理と分析

①～⑤の調査結果を整理し分析を行い、既往低密度植栽箇所に関する評価を行った。

調査結果の整理と分析、評価にあたっては、以下の点に留意した。

- i 地域の特性に配慮しながら、コンテナ苗の生産体制、苗木種（樹種、挿し木・実生苗）、気象害のリスク、病虫獣害のリスク、つる類やササ等の繁茂のリスク等、地域に特化した低密度植栽に係る要因（社会環境要因、自然環境要因）の現状の分析、評価を行った。
- ii 地域における課題と成果、成功事例の分析を行い、低密度植栽技術の評価を実施した上で、低密度植栽技術の現状における技術体系及び課題等を把握して、低密度植栽技術の導入促進のための資料として地域毎の配慮事項も含めて報告した。

⑦ 関係都道府県担当者との意見交換

低密度植栽等に関する研究や試験地を設置している 3～4 の都道府県担当者との意見交換を行い、各都道府県担当者と成果を共有し、並行的に「速やかに導入する場合のネックとなる点や改正が望まれる点、苗木の規格化などに対する意見等」を拾い上げ整理し、普及啓発のために今後検討が望まれる事項を整理した。

以上の具体的な調査内容と結果については「10 低密度植栽施業指針の検討」に反映させた。

（４）低密度植栽技術の実証

前述の調査結果及び、昨年度業務で抽出された課題を踏ま、各地方に適したと考えられる低密度植栽技術により植栽を行い、同技術の実証を全国の民有林及び国有林 7 箇所にて実施した。

① 実証地の選定

低密度植栽による植栽を行う調査地として、通常の苗木及び大苗を用いて植栽を行うこととし、通常の苗木を用いる場合は関東地方、中部地方、中国・四国地方において、計 6 箇所程度の調査地を選定した。選定に当たっては、各地方で最低 1 箇所調査地を選定するとともに、可能な限り地域に偏りが生じないように配慮した。

大苗の植栽に当たっては、林業種苗法に基づく種苗の配布区域（すぎ）における第 5 区又は第 6 区において 1 箇所以上の調査地を設定した。

なお、調査地 1 箇所当たりの平均面積は、概ね 1 ha 程度とし、調査地は継続的な調査への協力が得られる民有林内（都道府県有林や市町村有林等）及び国有林内に設定した。選定した実証地（7 候補地）の場所や状況については、「5 低密度植栽技術の実証」にて後述した。

② 低密度植栽技術による植栽及びコスト等の分析

選定した実証地において、低密度植栽技術により植栽を実施した。その際、地拵え、苗木運搬、植付け、シカ対策（必要に応じて）の各工程の所要人工等を記録しコストや生産性の整理を行った。また、重要な課題である大苗植栽についてはビデオ撮影による記録を残した。

実証に当たっては、（一社）日本森林技術協会（以降、日林協と称す。）と森林所有者との間で協定を締結した。協定では、森林所有者は日林協に対して調査地となる土地の使用を認める一方で、日林協は調査に必要な植栽等の施業を行うことを記した。その際、日林協は立木の所有権を主張しないこと等を明記した。

実証地における現地調査内容を以下の i ～vi に記す。

- i 作業内容（植栽日、苗種、苗形状〔大きさ〕、苗価格、植栽面積、植栽本数〔密度〕、人工、生産性〔本／日〕、植栽器具、シカ対策）の記録。
- ii 作業工程（苗木運搬から植栽までの作業の流れ）、生産性（各工程別の日数当たりの生産量若しくは労働生産性〔各工程別の人日当たりの生産量〕）の算出。
- iv 地域別の作業工程と生産性の比較。
- v 地域別のシカ対策、下刈りに関する考え方の比較。
- vi 作業員へのヒアリングから明確化した成果と課題の整理。

③ 植栽後の現地調査

各調査地において、植栽直後に以下の現地調査を行った。

i プロット設定

実証地 1 箇所当り 5 箇所以上の調査プロットを可能な限り地形別（例えば斜面の上・中・下等）に設定し、次年度以降の調査が容易となるよう、プロットの位置図と位置情報の記録、プロット起点への杭の打設を行った。プロットは 36 本程度の植栽木が入る方形に設定した。

ii プロット調査

設定したプロット内の植栽木について、樹高、根元直径を調査し、植栽木の形状や状態等を記録した。

iii 実証地の概況把握

実証地毎に、プロットの位置や大きさを示す図面を作成し、地形、標高等を記録する。また、各プロットは植栽後の林況写真を撮影し、撮影位置とあわせて整理する。なお、現地調査時には、周辺地域も含めた林地の状況（地形、樹種、下層植生等）、気象害（寒風害や風倒害等）や病虫害（過湿による根腐病等）の状況、シカ等の獣害の状況等を把握し記録した。

④ 大型コンテナ苗の導入に向けた植栽試験

大型コンテナ苗（樹高 90～100cm 程度の大苗）を低密度植栽することにより、下刈りの省力化を図り、合わせてシカ被害の低減につながるのかの検証をすべく植栽試験を実施した。

昨年度より準備を進めてきたスギの大型コンテナ苗を実際に植栽し、コスト及び生産性について整理し、今後、シカによる被害状況や下刈りの省力化について検証していく。

実証地における調査・分析結果については、「5 低密度植栽技術の実証」にて後述した。

（5）平成 27 年度植栽地における現地調査及び下刈りの実証

平成 27 年度事業で実施した 10 箇所の植栽地において、昨年度の植栽木の追跡調査、及び下刈り試験地を設定し、次の調査を行った。

i プロット設定

すでに設定されているプロット内の植栽木について、樹高、地際径、植栽木の形状、植栽木の状態、植栽木の成立本数等を調査し、昨年度事業の結果と併せて整理した。

ii 調査地概況把握

調査地毎に、各プロットにおいて昨年度の撮影を行った場所と同位置で林況写真を撮影し、昨年度結果と併せて整理した。

（6）低密度植栽施業指針の検討

今年度も昨年度と同様に、調査中の項目については確証を得た結論が出ていないため、地域別、樹種別の施業指針を作成するには至らず整理に留まっている。ただし、今年度が 2 年目となる低密度植栽技術の現状の分析、評価調査については、過去の文献及び現地調査の結果を基に、各地域における低密度植栽技術の事例や課題等を整理した上で、低密度植栽技術の施業指針を作成する上で重要と思える項目とその考え方について、「10 低密度植栽施業指針の検討」に後述した。

（7）成果品の提出

成果品は、平成 29 年 3 月 17 日に、調査報告書を 80 部、電磁記録媒体資料（DVD-R）2 部を林野庁担当者に提出した。

2 検討委員会の設置・運営

2.1 検討委員会の設置

本事業の実施において、「低密度植栽技術の導入に向けた調査検討委員会」を設置した。

検討委員会は、低密度植栽、一貫作業システム、造林、森林経営等に関する学識経験者 8 名の構成とした。検討委員会の委員を表 2.1 に示した。

表 2.1 検討委員会の構成（五十音順・敬称略）

検討委員	所 属
今 富 裕 樹	東京農業大学 地球環境科学部 森林総合科学科 林業工学研究室 教授
駒 木 貴 彰	森林総合研究所 東北支所 支所長
澁 谷 正 人	北海道大学 大学院 農学研究院 造林学研究室 准教授
竹 内 郁 雄	（前）鹿児島大学 農学部教授 農学博士
寺 岡 行 雄	鹿児島大学 農学部 生物環境学科 森林管理学講座 教授
萩 原 純	三重県 林業研究所 所長
橋 本 良 二	放送大学 岩手学習センター 所長、岩手大学名誉教授
渡 邊 幸 一	宮崎県 環境森林部 森林経営課 課長

2.2 検討委員会の運営

検討委員会は、8 月、12 月、2 月の計 3 回実施した。検討委員会では、調査方法やデータ分析の技術的指導及び助言がなされたほか、調査結果や成果の取りまとめ等についての検討を実施した。検討委員会の実施日と主な検討内容を表 2.2 に示した。

表 2.2 検討委員会の実施日と主な検討内容

検討委員会実施日	主な検討内容
第 1 回検討委員会 （平成 28 年 8 月 23 日）	・今年度の業務内容と具体的な調査手法について ・5 年間の全体計画、及び今年度事業の位置づけ ・低密度植栽技術の実証調査 ・H27 年度植栽地の現地調査及び下刈りの実証調査 ・大苗植栽の進め方、及び独自提案項目の進め方
第 2 回検討委員会 （平成 28 年 12 月 7 日）	・各調査項目の進捗状況、及び途中経過報告 ・今後の調査の進め方等について
第 3 回検討委員会 （平成 29 年 2 月 15 日）	・各調査項目の結果報告 ・次年度以降の事業の検討等



写真 2.1 第 1 回検討委員会



写真 2.2 第 2 回検討委員会



写真 2.3 第 3 回検討委員会

3 全体計画と今年度の位置づけ

本調査は、5年間で調査を予定しており、年度毎に取得データ等に差が生じないようにする必要があることから、昨年度に調査方法等も含めた低密度植栽技術の指針策定までの工程について、5年間の全体計画を作成した。また、一般的な低密度の試験植栽におけるコンテナ苗の導入に当って使用される苗は、樹種や地域により異なるが、例えばスギの場合は、汎用性の高い「30～60cm コンテナ苗（150cc または 300cc マルチキャビティ使用）」を用いることが多く、1,000～2,000 本/ha 程度の密度にて植栽する場合が多い。そこで、このような実績や地域における汎用性、特性（社会環境・自然環境等）に配慮される5年間計画が策定された。

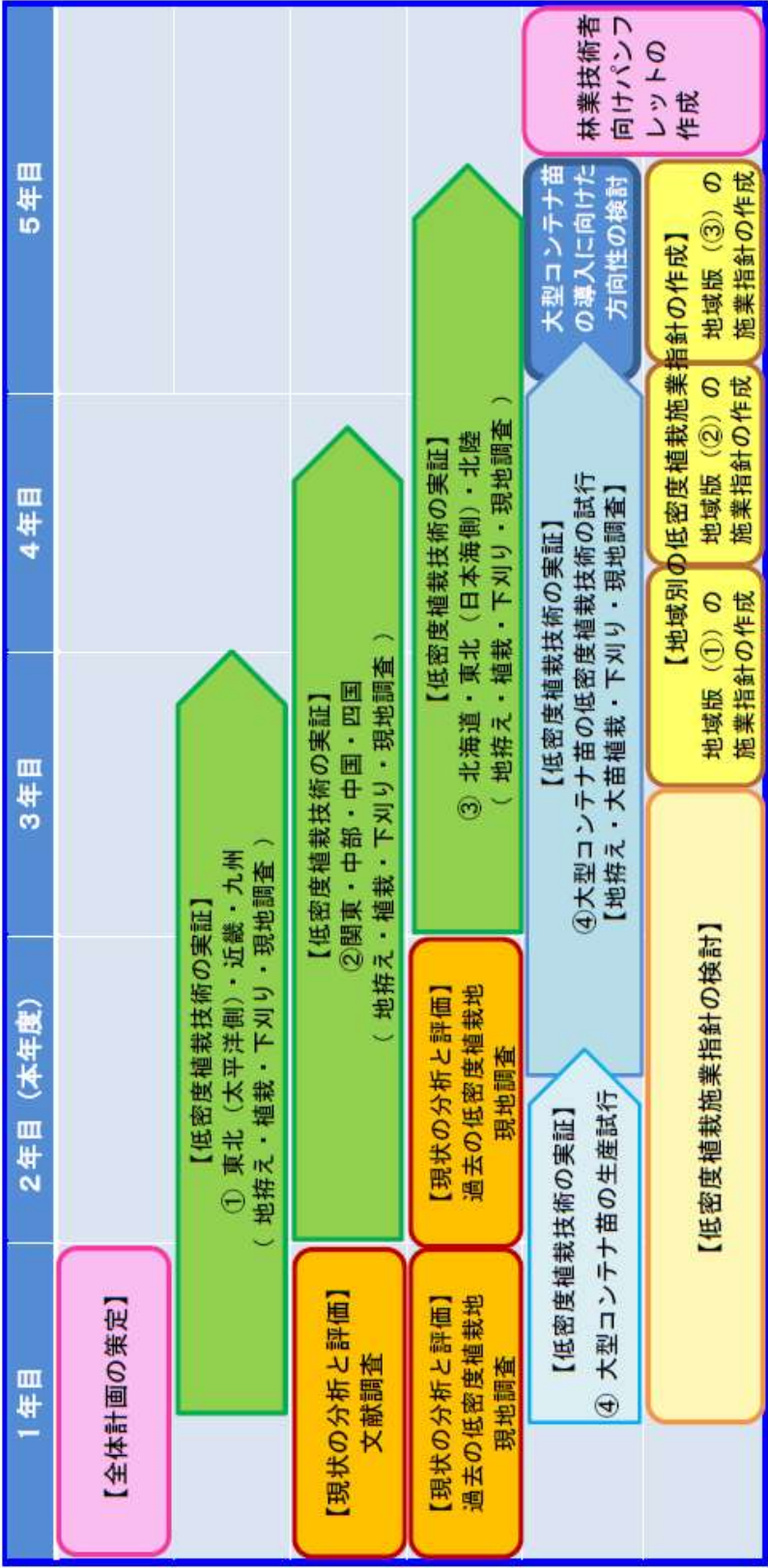
なお、より低コスト化を目指すため、スギ「大型 90～100cm 程度のコンテナ苗」の生産と低密度植栽（1,000～1,200 本/ha 程度）の導入の可能性についても、5年間かけて検討及び実証を行い、大型苗植栽技術の導入に伴う成果（下刈り回避によるコスト削減とシカ食害対策の軽減）及び課題（苗木代と植栽植穴施工負担によるコスト増加等）の整理を行うため、大型コンテナ苗の生産と実証事業の実施もこの5箇年計画に組み込んでいる。

本年度は5年間計画の2年目であり、昨年度に引き続き、文献や既存植栽地の情報収集、低密度植栽の実証調査を行い、昨年度に設定し実証調査を行った試験地の追跡調査、及び下刈りを実施し、データを整理する。また、スギの大型コンテナ苗の植栽試験を開始し、下刈り回避によるコスト削減とシカ食害対策の軽減を目指す。

これらの成果を整理、分析し5年間の全体計画の最終成果は、低密度植栽技術を地域に普及させるための施業指針とパンフレット原稿を作成するものとする。表 3.1、図 3.1 に5年間の全体計画を示す。

表 3.1 5年間の全体計画

調査項目	1年目 (平成 27 年度)	2年目 (平成 28 年度)	3年目 (平成 29 年度)	4年目 (平成 30 年度)	5年目 (平成 31 年度)
1.全体 計画策定	i 全体計画の 策定				
2. 現状 の分析と 評価	ii 現状の分析と 評価（含む既 往文献調査）	i 現状の分析と評 価（含む既往文 献調査）			
3. 低密 度植栽技 術の実証	iii 低密度植栽技 術の実証の開 始（①）	ii 実証箇所（①） の調査と調査結 果の整理分析 iii 低密度植栽技 術の実証の開 始（②）	i 実証箇所（① ②）の調査と調 査結果の整理 分析 ii 低密度植栽技 術の実証の開 始（③）	i 実証箇所（① ②③）の調 査と調査結 果の整理分 析	i 実証箇所（① ②③）の調査 と調査結果 の整理分析 及び評価
4. 大型 コンテナ 苗の導入 に向けた 検討	iv 大型コンテナ 苗の導入の検 討と大型コン テナ苗の試行 的生産の開始	iv 大型コンテナ苗 の試行的生産 と、生産に係る 課題の整理 v 大型コンテナ苗 の導入による低 密度植栽技術の 実証の開始（④）	iii 大型コンテナ 苗の生産技術 の整理 iv 大型コンテナ 苗の導入の実 証箇所（④）の 調査と調査結 果の整理と分 析	ii 大型コンテ ナ苗の導入 の実証箇所 （④）の調 査と調査結 果の整理と 分析	ii 大型コンテ ナ苗の導入 の実証箇所 （④）の調査 と調査結果 の整理と分 析及び評価
5. 低密 度植栽施 業指針の 検討	vi 低密度植栽施 業指針（方向 性）の検討	vi 調査分析結果を 受け修正した低 密度植栽施業指 針（方向性）の 検討	v 調査分析結果 を受け修正し た低密度植栽 施業指針（方向 性）の検討	iii 地域特性に 応じた低密 度植栽施業 指針の検討	iii 地域特性に 応じた低密 度植栽技術 導入のため の低密度植 栽施業指針 の作成 vi 林業技術者 向けパンフ レット原稿 の作成



※④については、大型コンテナ苗の植栽準備が整ったため、2 年目からの実証試験を開始した。

図 3.1 5 年間の全体計画

4 低密度植栽技術の現状の分析、評価

4.1 文献調査

4.1.1 文献整理

低密度植栽技術について、学術論文等から情報を収集し、現状における技術体系、課題等について、全国各地で低密度植栽技術を導入する際に参考となるよう内容を整理した。

収集整理した文献は 66 文献であるが、同一試験地を別々の論文で分析・紹介している事例があり、それらは別文献として扱った。

なお、本報告における低密度植栽とは、樹種や地域に関係なく便宜的に 2,000 本/ha 未満とするが、成長の早いカラマツと遅いヒノキに対する考え方や、植栽木の林冠閉鎖を阻害する下草・低木・つる類の侵入が早い九州地域等とそうでない地域とにおける考え方については、さらなる文献及び現地調査を積み重ね議論を行う必要があり、ここではあくまでも便宜的に定義するものである。

(1) 収集文献リストと分類

収集した文献のリストを表 1-1～1-5 に示す。

表 1-1 収集した低密度植栽に係る文献のリスト

No.	樹種	都道府県	植栽本数 (本/ha)	植栽 年	文献名	筆者・発行者等	年
1	グイマツ F1 (i 成林試験地)	北海道 網走東部	1,000 -2,000	S43	平成 18 年度北海道立林業 試験場報告	北海道立林業試験 場	2006
2	スギ (i 成林試験地)	青森県 むつ市外	1,000 -1,700	S24	平成 13 年度、平成 26 年度 青森県林業試験場報告	青森県林業試験場 (中島外)	2001
3	スギ (i 成林試験地)	宮城県 登米市	1,000	S18	平成 22 年度福島県森林組 合連合会調査報告書	福島県森林組合連 合会	2010
4	スギ・ヒノキ (i 成林試験地)	広島県 新元重山	1,000 -3,000	S49	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	岩田他	2005
5	スギ・ヒノキ (i 成林試験地)	広島県 福山市	1,000 -3,000	S48	平成 13 年度広島森林管理 署植栽本数比較試験地報 告	広島森林管理署	2001
6	スギ・ヒノキ (i 成林試験地)	広島県 廿日市	1,000 -3,000	S48・ H22	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	日本林業技士会	2009
7	スギ (i 成林試験地)	愛媛県 四国中央 市	750	S10	平成 21 年度宇摩森林組 合・住友林業フォレストサ ービス事業報告書	宇摩森林組合・住 友林業 FS	2009
8	スギ (i 成林試験地)	宮崎県 南那賀郡	1,500	H17	平成 17 年度九州森林管理 局技術研究発表集	九州森林管理局	2005

表 1-2 収集した低密度植栽に係る文献のリスト

No.	樹種	都道府県	植栽本数 (本/ha)	植栽 年	文献名	筆者・発行者等	年
9	グイマツ F1 (ii 一貫作業)	北海道 千歳市・斜 里町他	1,000 -2,000	H20・ 21	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	日本林業技士会	2009
10	グイマツ F1 (ii 一貫作業)	北海道 紋別市	1,000	H21	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	日本林業技士会	2009
11	カラマツ (ii 一貫作業)	岩手県 葛巻町	1,500	H21	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	日本林業技士会	2009
12	コナラ (ii 一貫作業)	岩手県 奥州市	1,500	H22	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	日本林業技士会	2009
13	スギ (ii 一貫作業)	山形県 金山町	2,000	H22	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	日本林業技士会	2009
14	スギ (ii 一貫作業)	福島県 川俣町	1,000	H21	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	日本林業技士会	2009
15	カラマツ (ii 一貫作業)	福島県 金山町	1,000	H21	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	日本林業技士会	2009
16	スギ (ii 一貫作業)	福島県 飯館村	1,000	H22	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	日本林業技士会	2009
17	スギ (ii 一貫作業)	福島県 いわき市	1,000	H21	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	日本林業技士会	2009
18	スギ (ii 一貫作業)	福島県 川俣町	1,000 -3,000	H21	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	日本林業技士会	2009
19	スギ (ii 一貫作業)	静岡県 浜松市	1,000 -3,000	H21	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	日本林業技士会	2009
20	ケヤキ・スギ混交 林 (ii 一貫作業)	徳島県 那賀町	1,000	H21	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	日本林業技士会	2009
21	スギ (ii 一貫作業)	徳島県 那賀町	1,000	H22	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	日本林業技士会	2009
22	カラマツ (iii 大苗試験)	北海道 旭川	850	S51	昭和 58 年度旭川営林支局 業務発表集	横山・中村	1983
23	ヒノキ (iii 大苗試験)	三重県 尾鷲市	2,500	H15	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	日本林業技士会	2009

表 1-3 収集した低密度植栽に係る文献のリスト

No.	樹種	都道府県	植栽本数 (本/ha)	植栽 年	文献名	筆者・発行者等	年
24	スギ (iii 大苗試験)	和歌山県 古座川町	1,000 -4,000	H16	平成 20 年度和歌山県農林 水産総合技術センター研 究報告	和歌山県酒井・萩 原	2008
25	スギ (iii 大苗試験)	徳島県 三好市	1,500 -3,000	H16	2012 応用森林学会大会要 旨集	徳島県酒井・西 澤・渡辺	2012
26	スギ (iii 大苗試験)	愛媛県 新居浜市	1,000	H22	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	日本林業技士会	2009
27	スギ (iii 大苗試験)	愛媛県 四国中央 市	2,000	H22	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	日本林業技士会	2009
28	スギ・ヒノキ (iii 大苗試験)	愛媛県 新居浜市	800	H22	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	日本林業技士会	2009
29	スギ (iii 大苗試験)	高知県 土佐町 1	1,500 -3,000	H22	平成 26 年度近畿中国森林 管理局 森林・林業交流研 究発表収録	渡辺・北原・酒井	2014
30	スギ (iii 大苗試験)	高知県 土佐町 2	1,500 -3,000	H22	平成 26 年度近畿中国森林 管理局 森林・林業交流研 究発表収録	渡辺・北原・酒井	2014
31	スギ (iii 大苗試験)	高知県 奈半利町	1,500 -3,000	H22	平成 26 年度近畿中国森林 管理局 森林・林業交流研 究発表収録	渡辺・北原・酒井	2014
32	ヒノキ (iv 苗木別試験)	三重県	1,000	H22	平成 26 年度近畿中国森林 管理局 森林・林業交流研 究発表収録	奥田・島田・早瀬	2014
33	スギ (iv 苗木別試験)	島根県 太田市	1,000	H22	2012 応用森林学会大会要 旨集	山中・川部	2012
34	スギ (iv 苗木別試験)	高知県 土佐山田 町	1,500	H23	近畿中国四国の省力再造 林事例集・高知県立森林技 術センター報告	森林総研四国支 所・四国森林管理 局	2015
35	ヒノキ (iv 苗木別試験)	高知県 土佐山田 町	1,500	H21	近畿中国四国の省力再造 林事例集・高知県立森林技 術センター報告	森林総研四国支 所・四国森林管理 局	2015
36	ヒノキ (v 本数別試験)	高知県 奈半利町	1,500 -3,000	H22	平成 26 年度近畿中国森林 管理局 森林・林業交流研 究発表収録	渡辺・北原・酒井	2014
37	ヒノキ (v 本数別試験)	三重県 尾鷲市	1,000 -8,000	H15	平成 20 年度中部森林研究 56	島田	2008
38	スギ (v 本数別試験)	島根県 雲南市	1,000 -3,000	H20	平成 23 年度低コスト育林 高度化事業報告書	林業機械化協会	2011
39	ヒノキ (v 本数別試験)	島根県 安来市	1,000 -3,000	H20	平成 21 年度低コスト育林 高度化事業報告書	林業機械化協会	2009

表 1-4 収集した低密度植栽に係る文献のリスト

No.	樹種	都道府県	植栽本数(本/ha)	植栽年	文献名	筆者・発行者等	年
40	スギ (v 本数別試験) (vi 多雪地試験)	秋田県 由利本荘市	1,000 -2,500	H14	多雪地域で低密度植栽を行ったときのスギの成長と形成	野口・八木・和田	2016
41	スギ (ii 一貫作業) (v 本数別試験) (vi 多雪地試験)	東北地域	1,000 -2,500	H14 -22	ここまでやれる再造林の低コスト化(東北地域の挑戦)	国立研究開発法人森林総合研究所	2016
42	スギ (i 成林試験地)	宮城県 登米市	1,000	S12	低コスト林業経営マニュアル	県南広域振興局 農政部花巻農林振興センター	2011
43	スギ、カラマツ (v 本数別試験)	岩手県 二戸市	400 -750	H23	民国連携によるコンテナ苗の実証試験と普及	岩手北部森林管理署・岩手県林業技術センター	2012
44	スギ (iii 大苗試験) (iv 苗木別試験)	高知県	1,500 -3,000	H21	低コスト再造林の実用化に向けた研究成果集	独立行政法人森林総合研究所・高知県立森林技術センター	2013
45	スギ、ヒノキ (iv 苗木別試験) (v 本数別試験)	高知県 四万十町 他	1,000 -3,000	H21	平成 27 年度技術開発の概要「スギ・ヒノキ疎植施業試験」	四国森林技術・支援センター	2015
46	スギ、ヒノキ (iii 大苗試験) (v 本数別試験)	島根・三重・徳島	1,000 -3,000	H16 他	近畿・中国四国の省力再造林事例集	独立行政法人森林総合研究所	2015
47	スギ (v 本数別試験) (vi 多雪地試験)	秋田県・山形県	500 -2,500	H26 ・27	東北の林木育種 ー東北森林管理局における低コスト林業の取り組みー	東北森林管理局技術普及課木村光一	2016
48	カラマツ (v 本数別試験)	岩手県宮古市・山田町	500 -2,500	H26 ・27	東北の林木育種 ー東北森林管理局における低コスト林業の取り組みー	東北森林管理局技術普及課木村光一	2016
49	スギ、ヒノキ (v 本数別試験)	高知県いの町・香美市	1,000 -3,000	H21	平成 27 年度技術開発の概要「スギ・ヒノキ植栽木本数別試験」	四国森林技術・支援センター	2015
50	スギ (v 本数別試験)	岡山県 新見市	1,000 -3,000	H11	2014 未来を拓く技術の森	近畿中国森林技術・支援センター	2015
51	スギ (v 本数別試験) (vi 多雪地試験)	岩手県矢巾町・秋田県由利本荘	500 -3,000	H14 ・15	東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの開発(総括セミナーここまでやれる再造林の低コスト)	国立研究開発法人森林総合研究所	2015
52	カラマツ・広葉樹 (v 本数別試験)	岩手県・山形県	1,500 -2,000	H21	平成 21 年度低コスト林業経営等実証事業の概要	日本林業技士会	2009
53	スギ (iii 大苗試験) (vi 多雪地試験)	石川県中能登町	2,000	H24	グラップルによる耕耘跡地に植栽されたスギ大苗の初期成長	小倉晃(山林)	2016
54	グイマツ F1 (v 本数別試験)	北海道 美唄市	500 -32,000	S60	グイマツ F1 の生長と低密度植栽	北海道立総合研究機構林業試験場	

表 1-5 収集した低密度植栽に係る文献のリスト

No.	樹種	都道府県	植栽本数 (本/ha)	植栽 年	文献名	筆者・発行者等	年
55	スギ (ii 一貫作業) (v 本数別試験)	宮崎県 宮崎市・ 日南市	700 -1,200	S21	皆伐と一体的な地拵えと 下刈りの機会化による低 コスト化の実証	松岡林産株式会社 (モデル地域宮崎 新生産システム推 進対策事業)	2010
56	スギ(エリートツ リー) (iv 苗木別試験) (v 本数別試験)	茨城県	1,000 -3,000	H27	平成 27 年度技術開発試験 の概要	関東森林技術・支援 センター	H28.3
57	ヒノキ (v 本数別試験)	三重県 紀北町	1,000 -2,000	H22-2 4	三重県鍛冶屋又国有林に おいて低密度で植栽した ヒノキの初期成長に及ぼ す植栽密度と下刈り及び 苗タイプの影響	三重県林業研究報 告 7 : 島田・奥田・ 中井	H29.3
58	スギ、ヒノキ (v 本数別試験)	広島県 福山市	1,000 -3,000	S48・ 49、 H11	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 構造及び材質(幹形・強 度)調査結果について	近畿中国森林管理 局・広島森林管理署	H27.3
59	スギ (v 本数別試験)	岩手県 宮古市	500 -3,000	H15	植栽密度がスギの成長に 及ぼす影響ー植栽 10 年 目の調査結果ー(後述文 献 No. 60 も参照)	岩手県林業技術セ ンター	2014.3
60	スギ、ヒノキ、カ ラマツ等 (v 本数別試験)	全国事例 の紹介	500 -10,000	S37-H 15	東北地方における低コ スト再造林の実用化と課 題	松本和馬・小谷英 司・駒木貴彰	2015.3
61	スギ (v 本数別試験)	宮崎県 日南市	376 -10,000	S37	低コスト林業に向けた植 栽密度の検討(日本森林 学会誌 93:303-308)	福地・吉田・溝上・ 村上・加治・太田・ 長島	2011.3
62	スギ (v 本数別試験) (vi 多雪地試験)	秋田県 由利本荘 市	1,000 -3,000	H14	植栽密度の違いがスギ若 齢林の林分構造と成長に 及ぼす影響(第 125 回日 本森林学会大会学術講演 集:233)	野口麻穂子・和田覚	2014.3
63	スギ (v 本数別試験)	福岡県 東峰村	2,000	H25	スギ大苗植栽によるシカ 食害対策の事例(九州森 林研究 66:147-149)	佐々木・宮原・大 塚・野田・今村	2013.3
64	スギ (v 本数別試験)	広島県 福山市	1,000 -3,000	H19	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)	佐々木・竹内・寺岡	2009
65	スギ (v 本数別試験)	鹿児島県 垂水市	1,500 -3,000	H19	下刈実施パターンの違い による下刈り作業工程(鹿 大演研報 38)	金城・寺岡・芦原他	2011
66	グイマツ F1 (v 本数別試験)	北海道 美唄市	500 -32,000	S60	グイマツ雑種 F1 の低密 度植栽(低コスト造林・育 林技術最前線. 全国林業 改良普及協会編:117-129)	八坂道泰	2013

収集した文献を、表 2 の i ～ vi に分類し、樹種別、地域別に示した。

表 2 低密度植栽の分類別、樹種別、地域別の整理

分類	樹種	地域						
		北海道	東北	関東	中部	近中	四国	九州
i 成林した 低密度植 栽試	カラマツ・ グイマツ F1	1						
	スギ		2・3・42			4・5・6	7	8
	ヒノキ					4・5・6		
ii 一貫作業 システムの 低密度 植栽試験	カラマツ・ グイマツ F1	9・10・ 54	11・15					
	スギ		13・14・ 16・17・ 18	19			20・21	55
iii 大苗の低 密度植栽 試験	カラマツ・ グイマツ F1	22						
	スギ					24・53	25・26・ 27・28・ 29・30・ 31	44・63
	ヒノキ					23	28	
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	スギ		56	56		33	34・36・ 37	
	ヒノキ					32	35	
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	カラマツ・ グイマツ F1	52・65	43・47・ 52・60					
	スギ		41・42・ 43・47・ 50・51・ 52・59・ 60・62	52 ・ 56		38・46・ 48・52・ 64	45・49・ 52	52・55・ 61・65
	ヒノキ		45			39・46・ 52・57・ 58	45・49・ 52	
vi 多雪地域 の低密度 植栽試験	スギ		2・13・ 40・41・ 47・51・ 53・63					

(2) 文献内容の整理

収集、分類した文献を整理しその概要を表 3-1～3-18 に示す。

表 3-1 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
i 成林した 低密度植 栽試	No. 1	網走東 部 北海道	グ イ マ ツ F1	1,000 — 2,000	S43	S40 植 栽 1,000 本:33 年 目 に 間 伐。2,000 本:18・25・ 35 年目に間 伐。間伐率 49%未満	グイマツ F1 植栽後 40 年経 過した試験地。2,000 本だと 間伐 3 回で 40 年生材積が 330 m ³ /ha、1,000 本だと間 伐 1 回で 338 m ³ /ha。低密度 植栽だと育林経費が 3 割程 削減された。	北海道立林 業試験場報 告 (2006)
i 成林した 低密度植 栽試	No. 2	むつ 市 青森県	ス ギ	1,000 — 1,700	S24	1,300 本:54 年生(S24 植 栽)。1,700 本:43 年生 (S34 植栽)。 3,000 本:周 辺の一般事 例。	1,300 本は 3,000 本に比較し 間伐 1 回で育林経費が 35% 削減されるが、下刈が 10 年 間必要であり幹曲がり木が 多く収穫材価が低くなるの で、結果的に有効的ではな いとされた。	青森県林業 試験場報告 2001 : 中島、低 密度植栽に 関する調査 2014 : 青森県林 業研究所報 告
i 成林した 低密度植 栽試	No. 3	登米 市 宮城県	ス ギ	1,000	S18	S18 植栽 66 年生、成林 の た め 下 刈・蔓切り を実施した が詳細は不 明、利用間 伐 2 回実施。	本数 560 本、平均 DBH44.1 cm、平均 H 26.8 m、材積 800.6 m ³ /ha の高蓄積林分。 樹幹解析より初期成長良好 なウラゴケ。3,000 本との比 較では、低密度の方が枯枝 数多く無節材生産が困難。	H22 福島県 森林組合連 合会調査報 告書 (2010)
i 成林した 低密度植 栽試	No. 4	新元 重山 国 有 林 広島県	ス ギ ・ ヒ ノ キ	1,000 — 3,000	S49	S49 植栽の 1,000 ・ 1,500 ・ 2,000 ・ 3,000 本試 験地。育林 経費、形状 比の比較。	植付から下刈までの工期 は、植栽本数が少ないほど 少ない。31 年生の形状比 (DBH に対する H 比) は、植 栽本数が少ないほど低く、 立木としての健全性が高い。	近畿中国森 林 管 理 局 森林・林業 交流研究発 表収録: 岩 田等 (2005)

表 3-2 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
i 成林した 低密度植 栽試	No. 5 ・ 広島 県	福 山 市 国 有 林	ス ギ ・ ヒ ノ キ	1,000 － 3,000	S48	S48 植栽 28 年 生、 S48-51 下刈 4 回、S51-57 クズ切 8 回、 S57-61 蔓切 り 4 回、H10 保育間伐。 【※H27 本 調査にて 2 箇所の現地 調 査 を 実 施】	スギ 1,000 本は密度 977 本・RY0.60 ・形状比 72、3,000 本は密 度 1,681 本・RY0.82・形状 比 90 になった。ヒノキも似 た傾向。ヒノキ低密度はウ ラゴケ・枯れ枝・節抜け多 く柱材になり難い。クズ切 り回数が多い。	H13 広島森 林管理署植 栽本数比較 試験地報告 (2001)
i 成林した 低密度植 栽試	No. 6 ・ 広島 県	廿 日 ・ 庄 原 市 ・ 東 城 町	ス ギ ・ ヒ ノ キ	1,000 － 3,000	S48 ・ H22	H22 植栽、前 生スギ 50- 70 年生・ヒ ノキ 50 年生 (H21 伐採) 、低密度植 栽実施。既 往低密度植 栽地視察。	スギ・ヒノキ低密度植栽は 閉鎖が遅く下刈回数を削減 すると植栽木の質が低下す る。スギ ・ヒノキ低密度植栽地（新 元重山国有林）の現地視察 により低密度原木は合板に はよいが建材に向かない。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ（モデル 地域別事 業報告書） H22.3
i 成林した 低密度植 栽試	No. 7 ・ 愛媛 県	四 国 中 央 市 新 宮 町	ス ギ	750	S10	スギ 63・75 年生（S10・ S17 植栽、 S63 間伐〔間 伐率 50%〕）、 成育・材積 調査。	本数 385 本、平均 DBH50 cm、 平均H28.6m、材積 885 m ³ /ha の高蓄積林分。曲がり少 なく形質良好。低密度植栽 でも、詳細は不明だが、下 刈さえ頻繁に行えば通常通 りの成林が可能。	宇摩森林組 合・住友林 業フォレス トサービス 資料（2009）
i 成林した 低密度植 栽試	No. 8 ・ 宮崎 県	南 那 賀 郡 大 荷 田	ス ギ	1,500	H17	37 年生（S49 植 栽） 毎 木・成育・ 材積・収量 比数 RY 調 査。	過去に下刈 8 回、除伐 1 回、 間伐無。2,500 本以上で林齢 30 年以前に間伐必要。1,500 本未満では林齢 40 年まで間 伐不必要。33 年生材積は 1,500 本で 500 m ³ /ha、2,500 本で 580 m ³ /ha。	H17 九州森 林管理局技 術研究発表 16 林分密度 試験地の経 過と現状に つ い て (2005)

表 3-3 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 9	斜 里 町 豊 里 北海道	グ イ マ ツ F1	1,500	H21	前生カラマツ 42-44 年生、H21 に伐採、H21 一貫作業により低密度植栽。植栽苗高 38 cm。	苗木代を含む地拵え・植栽に係る経費は、2,000 本植えの 6〜7 割と低コストであった。翌年以降の下刈は、通常の 3 年間年 2 回全刈から、3 年間年 1 回全刈が可能と判断された。ネズミ害対策が課題である。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 10	紋 別 市 八 十 士 北海道	グ イ マ ツ F1	1,000	H21	前生カラマツ 56 年生、H21 に伐採、H21 一貫作業により低密度植栽。植栽苗高 30 cm。	苗木代を含む地拵え・植栽に係る経費は、2,000 本植えの 5〜6 割と低コストであった。翌年以降の下刈は、通常の 3 年間年 2 回全刈から、3 年間年 1 回筋刈が可能と判断された。ネズミ害対策が課題である。	
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 11	葛 巻 町 岩手県	カ ラ マ ツ	1,500	H21	前生は 50 年生のカラマツ人工林、H20 伐採、H21 にカラマツ裸苗を低密度植栽。	苗木代を含む地拵え・植栽に係る経費は、通常の 2,000 本植えよりコストが削減。下刈は、通常の 1-2 年目年 2 回・3-5 年目年 1 回全刈から、5 年間年 1 回筋刈が可能と判断された。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 12	奥 州 市 岩手県	コ ナ ラ 等 広 葉 樹	1,500	H22	前生 50 年生広葉樹林、H21 に伐採、H22 ナラ類天然更新木合間にコナラ苗木を低密度植栽。	通常の 2,000〜3,000 本に比較すると植栽コストが削減し、全刈から坪刈にすることにより下刈コストも削減した。低密度植栽による短伐期のほだ木生産の優位性は今後の経過次第である。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 13	最 上 郡 金 山 町 山形県	ス ギ	2,000	H22	H21 に伐採・地拵え・植栽の一貫作業を実施。H22〜低コスト型の下刈を実施。	機械による伐採・地拵え一貫作業により地拵え経費を削減し、低密度植栽により植栽経費を削減した。また 2-8 年目の年 1 回下刈(全刈)を坪刈に変え、年 2 割程経費を削減した。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3

表 3-4 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 14 ・ 福島 県	伊 達 郡 川 俣 町	ス ギ	1,000	H21	H21 伐採直 後に坪状地 拵え、H21 裸 苗・コンテ ナ苗植栽、 H22 以降は 坪状下刈を 検討。	地拵え経費は従来の 4/5 (植 栽木周辺の坪状地拵え)、 苗木代は従来 3,000 本植え の 1/3 (裸苗：コンテナ苗＝ 800:200 本/ha) により経費 削減。植栽効率はコンテナ 苗は裸苗の 2 倍。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 15 ・ 福島 県	大 沼 郡 金 山 町	カ ラ マ ツ	1,000	H21	H21 伐採直 後に坪状地 拵え、H21 裸 苗・コンテ ナ苗植栽、 H22 以降は 坪状下刈を 検討。	地拵え経費は従来の 3/5 (植 栽木周辺の坪状地拵え)、 苗木代は従来 2,500 本植え の 2/5 (裸苗：コンテナ苗＝ 800:200 本/ha) によって経 費削減。植栽効率はコンテ ナ苗は裸苗の 2 倍。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 16 ・ 福島 県	相 馬 郡 飯 館 村	ス ギ	1,000	H22	H19 伐採、 H21 低木全 刈部分地拵 え、H22 裸苗 植栽、H23 以 降は坪状下 刈を検討。	伐採後 2 年経過し丈 2m の低 木繁茂地。低木全刈後 1/2 の部分地拵え (経費は 7/10 程度)、植栽は従来の 3,000 本から低密度 (裸苗 1,000 本/ha) に変え、植栽経費を 7/10 に削減した。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 17 ・ 福島 県	い わ き 市 田 人 町	ス ギ	1,000	H21	H21 伐採直 後に坪状地 拵え、H21 自 家製挿木裸 苗植栽、H22 以降は坪状 下刈を検討。	地拵え経費は従来の 3/5 (植 栽木周辺の坪状地拵え)、 苗木購入費は従来の実生苗 3,000 本植えから自家製さ し木裸苗 1,000 本植えに変 え、経費を 2/5 に削減した。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 18 ・ 福島 県	伊 達 郡 川 俣 町	ス ギ	1,000	H21	H21 伐採直 後に筋状地 拵え、裸苗 植栽、H22 以 降は坪状下 刈を検討。	植栽列の幅 2m の筋状地拵 えにより経費は従来の 2/3、 苗木購入費は従来の実生裸 苗 3,000 本植えから実生裸 苗 1,000 本植えに変え、植 付、運搬経費をを 1/3 に削 減した。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会：H22.3

表 3-5 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 19 ・ 静岡県	浜 松 市 天 竜 区	ス ギ	1,000 － 3,000	H21	H20 伐採、スギ裸苗植栽、H21 に坪状・筋状下刈を本数・地形に合わせ順応的に実施。 通常はスギ 3,500 本植えてあるが、1,000～3,000 本スギ裸苗の低密度植栽を行った。植栽翌年に坪状・筋状下刈を実施し経費削減を確認した。シカ対策が課題。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 20 ・ 徳島県	那 賀 郡 那 賀 町	ケ ヤ キ ・ ス ギ 混 交 林	1,000	H21	前生雑木 80 年生（H14 伐採）、H21 植栽、前生広葉樹の萌芽枝保残。 地拵えは有用広葉樹を残す部分地拵え、直後にケヤキ・スギ裸苗 1,000 本を混交植栽。下刈は簡略化（2 年間 1 回坪刈）。今後の除間伐は実施しない。地拵え・植栽経費は軽減。対象地は社有林。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験	No. 21 ・ 徳島県	那 賀 郡 那 賀 町	ス ギ	1,000	H22	前生スギ 80 年生（H21 伐採）、H22 植栽、通常の伐採・植栽作業。 地拵えは巻立枝条処理を簡略した。直後にスギ裸苗 1,000 本を植栽（枝条多くも植栽間隔広く問題無）。今後の下刈は年 1 回の筋刈を 3 年実施予定。地拵え・植栽経費は軽減。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 22 ・ 北海道	旭 川	カ ラ マ ツ	850	S51	S51 大型ポット苗 850 本、裸苗 850 本の生育と成長量、下刈期間の比較。 大型ポット苗は普通苗より枯損少なく（大型ポット苗 2%・普通苗 8%）、当年伸長・地際径などの成長が良く、下刈期間が 8 年から 6 年に短縮され、下刈経費が 40% 程軽減された。	旭川営林支局業務発表集：横山・中村等（1983）
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 23 ・ 三重県	尾 鷲 地 域 社 有 林	ヒ ノ キ	2,500	H15	H21 時点 5-6 年生、大苗低密度植栽試験地。侵入低木との競合から下刈を丁寧を実施。 ヒノキ大苗の低密度植栽地。植栽は通常の 4,500 本に比較し低コストで済んだが、下刈は幹曲軽減やシカ対策用に早く林冠閉鎖させるため丁寧に行う必要があり経費は高騰した。	低コスト林業経営等実証事業委託事業報告書別Ⅲ（モデル地域別事業報告書）日本林業技士会：H22.3

表 3-6 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 24 ・ 和歌山 県	東 牟 田 郡 古 座 川 町	ス ギ	1,000 － 4,000	H16	H26 時点 10 年生、実生ポット大苗 (133 cm)・実生裸大苗 (73 cm)・裸普通苗 (51 cm) の 1,000・4,000 本植栽。H16-18 下刈 (坪刈 [1,000 本]・全刈 [4,000 本])。	7 年後の成長は、普通大苗＞ポット大苗＞普通苗の順に樹高、根元径が大きい。下刈は、無下刈より通常下刈 (毎年実施) の方が早く成林する。普通苗の低密度植栽は林冠閉鎖が遅い。	和歌山県農 林水産総合 技術センタ ー研究報告 9(2008 ：61-72) : 酒井・萩原 (和歌山 県)
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 25 ・ 徳島 県	三 好 市 池 田 町 松 尾	ス ギ	1,500 － 3,000	H16	H26 時点 10 年生、実生裸大苗 (80 cm) と挿木裸普通苗 (55 cm) の低密植栽試験。H26-28 の 3 年間下刈実施。1,500 本区は植栽前年地拵えせず。	枯死率は、植栽直後は大苗 3,000 本区で 8%、他は 5% 未満であった。下刈期間終了後から 1,500 本区普通苗で枯死率が増え 8 年目には 20%、9 年目には 40%を超えた。樹高は大苗が普通苗の倍近くで推移している。その後全体的にシカ被害が多い。	応用森林学 会大会要旨 集 2012 (63 : 60) 酒井・西澤・渡辺 (徳 島県・森総 研 四 国 支 所)
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 26 ・ 愛媛 県	新 居 浜 市 立 川 町	ス ギ	1,000	H22	前生雑木 80 年生 (H21 伐採)、H22 植栽、大苗 (裸苗) の低密度植栽。	スギ大裸苗 80 cm の低密度植栽により、地拵え (等高線列状)・植栽 (密度 1,000 本) 経費を削減。下刈は翌年 2 回を 1 回に列状下刈で軽減するか、又は省略し経費削減を図る。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会 : H22. 3
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 27 ・ 愛媛 県	四 国 中 央 市 富 郷 町	ス ギ	2,000	H22	前生スギ 50 年生 (H19 伐採)、H22 大苗 (裸苗) 植栽、シカ対策 (ツリーシェルター)。	スギ大裸苗 70-95 cm の低密度植栽により、地拵え (枝条処理等簡略)・植栽 (密度 2,000 本) 経費を削減。また次年度以降の下刈を省略して経費削減を図る。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ (モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会 : H22. 3

表 3-7 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 28 ・ 愛媛県	新居 浜市・本 山町	スギ ・ ヒノキ	800	H22	前 生 雑 木 (H21 伐 採)H22 植 栽、一貫作 業(伐採-植 栽)による 裸苗・ポッ ト苗・大苗 植栽。	裸苗・大苗(70-95 cm)・自 家製ポット苗を合わせて 800本の低密度植栽し、植栽 経費を削減。なお地拵えは、 伐採直後に植栽を行うこと により簡易に実施可能。	低コスト林 業経営等実 証事業委託 事業報告書 別Ⅲ(モデル 地域別事業 報告書) 日本林業技 士会:H22.3
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 29 ・ 高知県	土佐 郡土佐 町南川	スギ	1,500 - 3,000	H22	H26時点4年 生、実生裸 大苗(75 cm)・裸普通苗 (48 cm)の1, 500・3,000 本植栽。H22 -25 下刈試験 (毎年・隔 年・無下 刈(3,000 本 のみ))。	毎年下刈区>隔年下刈区> 無下刈区の順で、樹高、根 元径、生存率が高い。下刈 は毎年実施するのが理想だ が、隔年下刈でも林冠閉鎖 しつつある。また、下刈を きちんと実施すれば低密度 植栽区の成長は良い。特に 大苗の方が良い。	近畿中国森 林管理局森 林・林業交 流研究発表 収 録 46 (14-19) : 2014 渡 辺 (高知県)、 北原・酒井 (森総研四 国支所)
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 30 ・ 高知県	土佐 郡土佐 町東石 原	スギ	1,500 - 3,000	H22	H26時点4年 生、実生裸 大 苗 (80 cm)・裸普通 苗(45 cm)の 1,500・3,0 00 本植栽。 H22-25 下刈 試験(毎年 ・隔年・無 下刈(3,000 本のみ))。	植栽直後は毎年下刈区>隔 年下刈区>無下刈区の順に 樹高、根元径、生存率が高 い。下刈は毎年実施するの が理想だが、隔年下刈でも 林冠閉鎖する。また、下刈 をきちんと実施すれば低密 度植栽区の成長は良い。特 に大苗の方が良い。	近畿中国森 林管理局森 林・林業交 流研究発表 収 録 46 (14-19) : 2014 渡 辺 (高知県)、 北原・酒井 (森総研四 国支所)
iii 大苗の低 密度植栽 試験	No. 31 ・ 高知県	安芸 郡奈半 利町	スギ	1,500 - 3,000	H22	H26時点4年 生、実生裸 大 苗 (71 cm)・裸普通 苗(47 cm)の 1,500・3,0 00 本植栽。 H22-25 下刈 試験(毎年 ・隔年・無 下刈(3,000 本のみ))。	植栽直後は毎年下刈区>隔 年下刈区>無下刈区の順に 樹高、根元径、生存率が高 い。下刈は毎年実施するの が理想だが、隔年下刈でも 林冠閉鎖しつつある。また、 下刈をきちんと実施すれば 低密度植栽区の成長は良 い。特に大苗の方が良い。	近畿中国森 林管理局森 林・林業交 流研究発表 収 録 46 (14-19) : 2014 渡 辺 (高知県)、 北原・酒井 (森総研四 国支所)

表 3-8 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	No. 32 ・ 三重 県	紀 北 町 鍛 冶 屋 又 国 有 林	ヒ ノ キ	1,000	H22	H26時点4年 生、実生裸 苗と挿木チ ューブポッ ト苗・セラ ミックチュ ーブ苗の低 密植栽下刈 試験 (H23 -25 : 坪刈 区・無下刈 区)。	枯死率はセラミックチュ ーブ坪刈・無下刈区で 50%前 後、チューブポット苗で 30%前後と高く、普通苗の 坪刈区で 20%、無下刈区で 5%と低かった。樹高は普通 苗下刈区>無下刈区、根元 径も同様の順で成長が大き くチューブ苗は小さい。	近畿中国森 林管理局森 林・林業交 流研究発表 収 録 46 (14-19) : 20 14 早瀬 (近 中局)、奥 田・島田 (三 重県)
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	No. 33 ・ 島根 県	大 田 市 川 合 町	ス ギ	1,000	H22	H26時点4年 生、宮城産 コンテナ苗 (150cc-41 cm)と島根 ・宮城産普 通苗 (37~ 38 cm) と の春植え植 栽試験。下 刈 (坪刈) 毎 年実施。	コンテナ苗の倒伏・傾斜が 約 3 割と普通苗より活着が 劣った。植栽時のコンテナ 苗は根元径が小さく徒長苗 が使用されていた (形状比 74、普通苗経常費 44~66)。 坪刈り、間伐軽減によって トータル的な経費削減の可 能性がある。	2012 応用森 林学会発表 要 旨 63 (54)・山 中 (島根 県)、川部 (林野庁)
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	No. 34 ・ 高知 県	香 美 市 土 佐 山 田 町	ス ギ	1,500	H23	H26時点3年 生、150cc (43 cm)・300 CC(57 cm)コ ンテナ苗と 裸大苗 (96 cm) 等の植 栽試験。下 刈 (坪刈) 毎年実施。	植栽直後は裸大苗が樹高・ 直径とも大きかった。4年経 過後はコンテナ苗の成長量 が大きくなり、樹高は同程 度、胸高直径は裸大苗を超 えていた。坪刈り、間伐軽 減によってトータル的な経 費削減の可能性はある。	高知県立森 林技術セン ター：近畿 中国四国の 省力再造林 事例集 (独 法) 森林総 合研究所四 国 支 所 (H27)
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	No. 35 ・ 高知 県	い の 町 ・ 桐 ノ サ コ	ヒ ノ キ	1,500	H21	H26時点5年 生、挿木セ ラミックポ ット苗 (38 cm)と実生 裸苗 (49 cm) の植栽試験。 H21-24 の4年間下 刈実施。	セラミックポット苗は活着 率が 60%程度と悪く、その 後の肥大・上長成長ともに 裸苗より劣っていた。	四国森林管 理局森林技 術・支援セ ンター：近 畿中国四国 の省力再造林 事例集 (独 法) 森林総 合研究所四 国 支 所 (H27)

表 3-9 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 36	紀北町 ・ 三重県	ヒノキ	1,000 － 2,000	H22	H26時点4年生、実生裸苗の密度別植栽試験。H23-25 と下刈試験（坪刈と無下刈の比較）。	無下刈に比較し、坪狩り試験地の方が根元径も樹高も大きく、樹高は 2,000 本が高く、根本径は 1,000 本も 2,000 本も変化なかった。なお、No.32 と同地の試験区である。	近畿中国森林管理局森林・林業交流研究発表収録 46（14-19）：2014 早瀬（近中局）、奥田・島田（三重県）
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 37	尾鷲市大字南浦 ・ 三重県	ヒノキ	1,000 － 8,000	H15	H19時点4年生、実生裸苗（50 cm）の下刈省力化（下刈区・無下刈区・除草剤区・防草シート区）試験。	1,000 本区の生存率は除草剤区で 75%と低く、他は 80 数%と変わらない。8,000 本区は下刈時の誤伐もあり生存率が低いが多いため数多くが林冠閉鎖する。樹高成長は各区とも変わらないが、根本径や林冠面積は 1,000 本下刈区が一番大きい。なお、全体的に、全刈りだと誤伐が多く、坪刈りだと刈り残しが多い。	中部森林研究 56:43-46（2008）島田（三重県）
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 38	雲南市吉田町 ・ 島根県	スギ	1,000 － 3,000	H20	H26時点6年生、挿木裸苗の密度別植栽試験。H21-22 と下刈試験（1,000 本坪刈、2,000 本坪・全刈、3,000 本全刈り）。	下刈種別の作業時間は、1,000 本、2,000 本植えの坪刈、3,000 本植えの全刈の順に時間が掛かった。同一人が作業を行ったところ、1 年目の坪刈より 2 年目の方が時間が早くなった。	低コスト育林高度化事業報告書（林業機械化協会：2011〔38-50〕山中：島根県）
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 39	安来市広瀬町布部 ・ 島根県	ヒノキ	1,000 － 3,000	H20	山火事跡地の植栽試験。H26 時点 6 年生、実生裸苗の密度別植栽試験。H21-24 の 4 年間下刈実施。	低密度植栽は費用が 1/3 程度に減少。植栽間隔が広く植栽時の位置把握が困難ゆえ地拵え時の棚積み（粗朶積み）位置の設定が下刈も含めたその後の施業の効率化に関係する。	低コスト育林高度化事業報告書（林業機械化協会：2009〔67-72〕山中：島根県）

表 3-10 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
vi 多雪地域 の低密度 植栽試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 40 ・ 秋 田 県	由 利 本 荘 市	ス ギ	1,000 － 2,500	H14	H25 時点 11 年生、低密 度 (1,000・ 2,000 本) と 通 常 密 度 (2,500 本) の 植 栽 試 験。 植栽密度 1,000 本は形質不 良や下刈時の誤伐割合が高く 優良形質木が 6 割程度と 少ないが、2,500 本は 8 割程 度を占めていた。胸高直径 は 1,000 本が一番大きい が不良木とのバラツキが目立 つ。	多雪地域で 低密度植栽 を行ったと きのスギの 成長と形成 2016 ：野口・八 木（森総研 東北支所）。 和田（秋田 県）等
ii 一貫作業 システムの 低密度 植栽試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験 vi 多雪地域 の低密度 植栽試験	No. 41 ・ 東 北 地 方	秋 田 ・ 岩 手 県	ス ギ ・ カ ラ マ ツ	1,000 － 2,500	H12 － H22	【秋田本荘 事例】H25 時 点スギ 11 年 生 (No.40 と 同地) 【岩手一貫 作業事例】 機械地拵え とコンテナ 苗低密度植 栽・除草剤 試験 【秋田本荘事例】 No.40 と同様 【岩手一貫作業事例】 (株)ノースジャパンの報告で は、グラップルによる機械 地拵え直後にスギ・カラマ ツコンテナ苗を密度 1,500-2,000 本/ha で植栽。 植栽費用の低コスト化を実 現。今後は下刈り省力化を 目的に除草剤試験等を継続 する。	ここまでや れる再造林 の低コスト 化（東北地 域の挑戦） 2016：国立 研究開発法 人森林総合 研究所
i 成林した 低密度植 栽試	No. 42 ・ 宮 城 県	登 米 市	ス ギ	1,000	S12	H23 時点 74 年生、低密 度植栽 (1,000 本)。 H21 年までに保育間伐を行 い密度 600 本/ha、形状比 59 (平均樹高 27.6m・平均胸 高直径 46cm) を H21 に間伐 を実施し本数 344 本/ha にし た。そのような事例も含め 宮城県では低コスト林業経 営マニュアルを作成しその 中で低密度植栽を行い成林し ている事例を紹介。	低コスト林 業経営マニ ュアル 2011：県南 広域振興局 農政部花巻 農林振興セ ンター
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験 iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	No. 43 ・ 岩 手 県	二 戸 市	ス ギ ・ カ ラ マ ツ	1,330 － 1,500	H23	H23 植栽、ス ギ 1,500 本、 カ ラ マ ツ 1,330 本の コンテナ苗 戸普通苗の 生 育 試 験 地。 岩手北部森林管理署と岩手 県林業技術センターでは、 スギ (1,500 本/ha) ・カラ マツ (1,330 本/ha) のコン テナ苗と普通苗の植栽試験 地を H23 に設けモニタリ ングを始めた。スギコンテナ 苗は植栽翌年根本肥大成長 し普通苗と同等になった が、カラマツでは明確な傾 向は見られなかった。	民国連携に よるコンテ ナ苗の実証 試験と普及 2012：岩手 北部森林管 理署・岩手 県林業技術 センター

表 3-11 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
iii 大苗の低 密度植栽 試験 iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験	No. 44 ・ 高 知 県	県 内 各 所	ス ギ	1,500 － 3,000	H21	H21 植栽、ス ギ 1,500 ・3,000 本の コンテナ苗 と裸大苗の 生 育 試 験 地。 高知県立森林技術センター ではスギのコンテナ苗 (h45cm) と裸大苗 (h88 cm) の植栽試験地 (1,500 本 /ha・3,000 本/ha) を H21 に 行ない植栽人工数や運搬経 費等のコストの検討を行な った。植栽本数に関わらずコ ンテナ苗は運搬経費が掛か るが植栽経費が掛からず結 果的に低コストであった。	低コスト再 造林の実用 化に向けた 研究成果集 2013：独立 行政法人森 林総合研究 所・高知県 立森林技術 センター
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 45 ・ 高 知 県	四 万 十 町 他	ス ギ ・ ヒ ノ キ	1,000 － 3,000	H21	H21 植栽、ス ギ・ヒノキ 挿木苗と裸 苗 の 1,500 ・ 3,000 本の 生 育 試 験 地。 H21 に挿木苗 (セラミックポ ット挿木苗) と裸苗 (普通苗) の 1,000 本/ha と 3,000 本/ha の低密度植栽試験を開始し た。活着率はヒノキ挿木苗が 悪く挿木苗の発育は不十分 で成長はスギ、ヒノキともに 普通苗の方が良い。	平成 27 年 度技術開発 の概要「ス ギ・ヒノキ 疎植施業試 験」2015： 四国森林技 術・支援セ ンター
iii 大苗の低 密度植栽 試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 46 ・ 近 畿 ・ 中 国	島 根 ・ 三 重 県	ス ギ ・ ヒ ノ キ	1,000 － 3,000	H20 ・ H22	【島根安来 市】 H20 にヒノ キ 1,000 本 と 3,000 本 植 栽 区 設 定。 【島根雲南 市】 H20 にスギ 2 年生挿木裸 苗の 1,000- 3,000 本の 植栽・下刈 り 区 を 設 定。 【三重県紀 北町】 H22 にヒノ キ 2 年生実 生 苗 の 1,000-2,00 0 本 の 植 栽・下刈り 区を設定。 【島根安来市】 山火事跡地にヒノキ 1,000・ 3,000 本/ha 試験地 (実生裸 苗) を H20 設定。低密度は植 栽面積が増え植栽経費は普 通苗の 1/3 程度であった。 【島根雲南市】 スギ 2 年生挿木裸苗 1,000・ 2,000・3,000 本/ha を H20 に 植栽し翌年下刈り試験を実 施。1,000 本/ha だと坪刈り で作業時間が短かく、全刈り より坪刈りの方が省力化に 繋がる。 【三重県紀北町】 なお、No.32・36 と同地の試 験区で、ヒノキ 2 年生実生苗 を 1,000・1,500・2,000 本/ha で H22 に植栽し下刈り試験 を行なった。直径成長、樹幹 面積では坪刈りが無下刈区 を上回るものの樹高成長は やや勝る程度で、下刈りを省 略しても大きな影響はない。	近 畿 ・ 中 国 ・ 四国 の 省 力 再 造 林 事 例 集 2015：独立 行政法人森 林総合研究 所

表 3-12 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験 vi 多雪地 域の低密 度植栽試 験	No. 47 ・ 秋 田 ・ 山 形 県 内 5 箇 所	ス ギ	500 － 2,500	H26 － H27	H26-27 年度 にスギ 5 箇 所に 500-2,500 本の試験区 を設定。	H26-27 年度にスギ 5 箇所の 低密度試験区 (500-2,500 本 /ha) を設定。また筋刈り・ 全刈り等の下刈り試験も実 施。植栽密度が低いほど単 木材積が大きくなることを 期待し、並材生産を目標に、 今後のモニタリングにより 伐期、経済性を検討してい く。	東北の林木 育種－東 北森林管理 局における 低コスト林 業の取り組 み－2016： 東北森林管 理局技術普 及課木村光 一
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 48 ・ 岩 手 県 内 2 箇 所	カ ラ マ ツ	500 － 2,500	H26 － H27	H26-27 年度 にカラマツ 2 箇所に 500- 2,500 本の 試験区を設 定。	H26-27 年度にカラマツ 2 箇 所の低密度試験区 (500-2,500 本/ha) を設定。 また筋刈り・全刈り等の下 刈り試験も実施。植栽密度 が低いほど単木材積が大き くなることを期待し、並材 生産を目標に、今後のモニ タリングにより伐期、経済 性を検討していく。	東北の林木 育種－東 北森林管理 局における 低コスト林 業の取り組 み－2016： 東北森林管 理局技術普 及課木村光 一
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 49 ・ い の 町 ・ 高 知 県	ス ギ ・ ヒ ノ キ	1,000 － 3,000	H21	H21 年にス ギ 1・ヒノキ 1 箇所に 1,000-3,00 0 本の試験 区を設定。 【※H27 本 調査にて 2 箇所の現地 調査を実施】	植栽後 5 年経過した H26 で は、ヒノキは本数密度別の 成長に大きな差は見られな いが、スギは 1,000 本/ha で 最も肥大成長が大きく、樹 高成長はそれほど差が見ら れない。5 年間全ての場所で 下刈り（全刈り）を実施し H26 に終えた。	平成 27 年度 技術開発の 概要「ス ギ・ヒノキ 植栽木本数 別試験」 2015：四国 森林技術・ 支援センタ ー
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 50 ・ 新 見 市 ・ 岡 山 県	ス ギ	1,000 － 3,000	H11	H11 にスギ 1,000-3,00 0 本の低密 度・下刈り 試験区を設 定。 【※H27 本 調査にてを 現地調査を 実施】	保育区（下刈り・枝打ち実 施区）では、2,000 本植栽区 の樹高生長が最も良く、次 に 1,000 本、3,000 本の順と なった。1,000 本植栽区が最 も樹高生長が良好となると 想定していたが、地形・地 質・傾斜・ツル植物等の影 響でこのような結果となっ たと推測される。	2014 未来を 拓く技術の 森 2015：近 畿中国森林 技術・支援 センター

表 3-13 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数別の低密度植栽試験 vi 多雪地域の低密度植栽試験	No. 51 ・ 矢巾町・岩手・由利本荘市 ・ 秋田県	スギ	500 - 3,000	H14 - H15	【岩手県矢巾町】 H23 カラマツコンテナ苗 1,000 本植栽。 【秋田本荘事例】H25 時点スギ 11 年生 (No.40・41 と同地)	【岩手県矢巾町】 カラマツコンテナ苗の低密度植栽による下刈の省力化試験。2 年間下刈り、3 年間下刈り、5 年間下刈り区を設けた。通常 5 年間の下刈りが 3 年間下刈りで可能であった。 【秋田本荘事例】 No.40・41 と同様	東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの開発（総括セミナーここまでやれる再造林の低コスト） 2015：国立研究開発法人森林総合研究所
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 52 ・ 岩手・福島県 ・ 岩手・福島県	カラマツ ・ 広葉樹	1,000 - 2,000	H21 ・ H22	・H21 岩手県森組関連カラマツ 1,500-1,800 本植栽。 ・H21-22 福島県森組関連スギ 1,000-2,000 本植栽。	・岩手県水沢森組・葛巻森組カラマツ 1,500-1,800 本/ha 植栽の実施（下刈り省力化試験も兼ねる）。 ・福島県磐城造林・飯館森組・福島北森組・会津若松地方森組・田村森組スギ 2,000 本/ha 植栽の実施（下刈り省力化試験も兼ねる）。	平成 21 年度低コスト林業経営等実証事業の概要 2009：日本林業技士会
iii 大苗の低密度植栽試験 vi 多雪地域の低密度植栽試験	No. 53 ・ 中能登町 ・ 石川県	スギ	2,000	H24	H24 グラップル地拵え直後にスギ大苗 90cm 程度 1,100 本植栽（春植え）。	グラップル地拵え後にスギ大苗を 1,100 本/ha 植栽、雪起こしを行った。大苗の活着率 100%、グラップル地拵えしたので下草生育不良で下刈り必要なく、1 年間で 50cm も上長成長したが、ノウサギ害で 1 割枯損。雪起こしの手間は削減できなかったが、下刈り省力化につながった。	グラップルによる耕耘跡地に植栽されたスギ大苗の初期成長 2016：小倉晃（山林）
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 54 ・ 美唄市 ・ 北海道	グイマツ F1	500 - 32,000	S60	S60 にグイマツ F1 を 500・1,000・2,000・4,000・8,000・32,000 本を植栽。	S60 にグイマツ F1 の植栽本数別試験地（500・1,000・2,000・4,000・8,000・32,000 本/ha）を設定。林齢 8 年生で 4,000 本/ha 区に、林齢 14 年生で各区で成長に差が見られた。胸高直径は低密度植栽区で太く、枝の枯れ上りが遅く樹冠長が長く、大きな節が多い。	グイマツ F1 の生長と低密度植栽 2016：北海道立総合研究機構林業試験場

表 3-14 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
ii 一貫作業 システムの低密度 植栽試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 55 ・ 宮 崎 県	宮 崎 ・ 日 南 市	ス ギ 1,500 - 3,000	H21	H21 にスギ 1,500 ・ 3,000 本を 植栽。1,500 本は一貫作 業で、3,000 本は通常作 業で植栽。	H21 年皆伐跡地の再造林に当 って、通常の人材棚積み地拵 え後スギ 3,000 本/ha の通常 植栽区と、グラップル地拵え 後スギ 1,500 本/ha の低密度 植栽区との比較試験を行っ た。(株)松岡林産の報告によ ると、コストは一貫作業型低 密度植栽地の方が 2/3 程度であ った。	皆伐と一体的な地拵えと下刈りの 機会化による低コスト化の実証 2010:(株)松岡 林産
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 56 ・ 茨 城 県	日 立 市	ス ギ 1,000 - 3,000	H27	H27 スギエ リートツリ ーコンテナ 苗 1,000 ・ 1,500 ・ 3,000 本植 栽。 【※H27 本 調査にてを 現地調査を 実施】	コンテナで育苗したエリート ツリーの 1,000・1,500・3,000 本/haの植栽試験地を設定 した。40～50cm の通常苗は 5 年で樹高 2m以上に生長する が、エリート苗は 3 年で 2m 以上となる。そのエリートツ リーをコンテナ苗として養 苗し試験地に植栽した。	平成 27 年度 技術開発試 験の概要 2017:関東森 林技術・支援 センター
iv 苗木の種 類別の低 密度植栽 試験 v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 57 ・ 三 重 県	紀 北 町 鍛 冶 屋 又 国 有 林	ヒ ノ キ 1,000 - 2,000	H22 - H24	植栽密度 1, 000・1,500 ・2,000 本 /ha の低密 度で植栽し たヒノキの 6 年間の生 存率、下刈 りの省略試 験結果、苗 タイプ（実 生裸苗、挿 木チューブ 苗、挿木セ ラミック 苗）別の影 響を検討	文献No.32・36・46 と同区の試 験報告である。 植栽密度の植栽木の生存率と 成長に対する影響はわずかで あった。下刈りを省略したと き植栽木の成長に影響がみ られ、下刈りを行った場合よ りも成長が遅れるが、植栽木 の樹形異常は少なかった。苗 タイプについては、実生苗の 活着と成長が他より優れて いたこと、挿木チューブ苗は 樹冠面積の成長が著しく遅 かったことから、低密度植栽 には実生苗の使用が適当であ ると考えられた。以上のこと から、低密度植栽においては 実生苗を使用することで、下 刈り省略により木材生産が可 能な森林を育成できる可能 性があるが、今後も順調に成 長させるためには侵入広葉樹 の除伐が必要になると考え られた。	三重県鍛冶 屋又国有林 において低 密度で植栽 したヒノキ の初期成長 に及ぼす植 栽密度と下 刈り及び苗 タイプの影 響. 三重県 林業研究報 告 7(1-19) 島 田・奥田(三 重県林業研 究所) ・中井(三重 森林管理署)

表 3-15 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 58	福山市 ・ 広島県	スギ・ヒノキ	1,000 － 3,000	S49	S49 に スギ・ヒノキの 1,000-3,000 本植栽区を設けた。 【※H27 本調査にてを現地調査を実施】	S48・49 にスギ・ヒノキの 1,000・1,500・2,000・3,000 本/ha の植栽区を設けた。低密度植栽区は林分閉鎖が通常の 20 年程度に比べると 25-30 年程度と遅れ、その間は肥大成長していた。林分閉鎖以降のスギ直径成長は、密度相違による成長量の相違は少なく、ヒノキも同様であった。スギ、ヒノキともに低密度植栽程、直径が太りヤング率が低下する傾向が見られた。その結果、スギ、ヒノキともに密度 1,500 本/ha 以上であれば樹形・強度的に利用が可能であった。またスギの場合は、強度の高い品種を用いれば 1,000 本/ha でも利用可能であった。	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及び材質（幹形・強度）調査結果について 2016：近畿中国森林管理局・広島森林管理署
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 59	矢巾町 ・ 岩手県	スギ	500 － 3,000	H15	H15、平坦地にスギ 500-3,000 本の密度別植栽区を設け、10 年後に毎木調査を行った。	H15、平坦地にスギ 500・1,000・2,000・3,000 本/ha の植栽区を設けた。10 年後の調査結果は、枯死率は 1,000 本区が 6%と少なく、他は 15%前後であった。樹高は、密度が高くなるほど樹高も高く、胸高直径は 2,000 本区が最も太く、続いて 1,000 本区で太く 3,000 本区は最も小さかった。形状比を見ると 500 本区で 63、3,000 本区で 77 と密度が高くなるほど幹が細身となり、一方低密度だと製材時の歩留まりが下がる。ただし、高密度の形状比 80 に近いスギは、雪害（冠雪）を受けやすい。	植栽密度がスギの成長に及ぼす影響－植栽 10 年目の調査結果－（後述文献 No.60 も参照）2014：岩手県林業技術センター

表 3-16 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽密度 (本 /ha)	植栽年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 60	東北地方に向けた全国各地	スギ・ヒノキ・カラマツ	500 － 10,000	S37 － H15	全国における低密度植栽事例と低コスト化についての文献を収集死整理した	・一般に低密度植栽だと。大節がしやすい、ウラゴケになりやすい、曲りや二股木が増えやすい、年輪幅が広くなり強度が劣りやすい、と経験的に言われる。 ・しかし、植栽経費が安い、坪刈りなどの導入により下刈り経費が低減できる、間伐回数を減らし経費を削減できるなどの低コストな利点が言われている。 ・上記の意見を受け、科学的な検討を行うため、試験地を設けて、成長や形質、経費、強度を継続的にモニタリングしていく重要性が述べられている。 ・生産目標を並材や集成材に目を向け、通直で無節材を生産する必要性が無く、間伐回数を減らした低密度林業システムが成立すれば、林業経営上有利となる。 ・また、現在の林業を取り巻く課題として下刈りの省力化が言われている。今後は大苗を低密度に植栽し下刈りの省力化の検討の必要性が指摘されている。 ・なお、シカ生息地における対応が課題である。	東北地方における低コスト再造林の実用化と課題 2015 ： 松本和馬・小谷英司・駒木貴彰
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 61	日南市・宮崎県	スギ	376 － 10,000	S47	S47 に、系統的配置法オビスギ密度試験地を、Nel-der(1962) 考案円形法で設定。植栽密度は 376～10,000 本/ha の範囲で 10 段階の設定である。	測定データをもとに、植栽密度が単木と林分成長、林木形質に与える影響を明らかにして、低コスト林業に向けた植栽密度について考察した。解析の結果、極端な高密度と低密度では林木形質や目標サイズに達するまでの時間などから、ともに望ましくない。利用上、形質にこだわらなければ、高密度区では ha 当たりの蓄積が高いため有利だが、	低コスト林業に向けた植栽密度の検討（日本森林学会誌 93:303-308） 2011 年 福地・吉田・溝上・村上・加治・太田・長島

表 3-17 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽密度 (本/ha)	植栽年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 61	日南市・宮崎県	スギ	376 － 10,000	S47	各密度区は36本の試験木からなる。 【※H28 本調査にて現地調査を実施】	1,615本の植栽密度区以上ではほぼ一定であった。一方、形質を求める場合は、高密度の植栽では形質が悪く、逆に低密度では良形質材の林分材積量が低かった。この結果、植栽密度は2,000~2,800本が望ましい。	※前ページ参照
v 植栽本数別の低密度植栽試験 vi 多雪地域の低密度植栽試験	No. 62	由利本荘市・秋田県	スギ	1,000 － 3,000	H14	No.40・41・51と同様	No.40・41・51と同様	植栽密度の違いがスギ若齢林の林分構造と成長に及ぼす影響(第125回日本森林学会大会学術講演集:233)2014:野口・和田
iii 大苗の低密度植栽試験	No. 63	東峰村・福岡県	スギ	2,000	H22	H22、スギ普通苗及び大苗を2,000本で植栽し、シカ被害の3年経過後に大根のシカ被害調査を行った。	シカ被害対策のため、試験1で普通苗、大苗1.2m上、試験2で大苗1.2m上、大苗1.8m上を植栽し被害度の調査を行った。試験1では、植栽5ヶ月後には主軸が被害される被害度3以上が普通苗で100%、大苗1.2m上も85%となった。大苗1.2m上は普通苗より被害の進展は遅かったが、1年9ヶ月後には普通苗、大苗1.2m上いずれも被害度5となった。試験2では植栽後約8ヶ月で、2箇所に植栽した大苗1.8m上の被害度3以上はそれぞれ9%と19%であった。大苗1.2m上で被害度3以上のものは49%で、試験1より進展が遅かった。被害の主な高さは平均で101~115cmで、最も高いものは155cmであった。また、傾斜を考慮し、シカが50cm上方に立った場合の推定樹高は実際の樹高より平均20cm低くなることが推定された。	スギ大苗植栽によるシカ被害対策の事例(九州森林研究66:147-149)2013:佐々木・宮原・大塚・野田・今村

表 3-18 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所		樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 64	福山市 ・ 広島県	スギ	1,000 － 3,000	S49	No. 59 と同地。S49 にスギ・ヒノキの1,000-3,000 本植栽を行った。 【※H27 本調査にてを現地調査を実施】	1,000、1,500、2,000、3,000 本/haの4段階から成るヒノキ34年生林分を調査。植栽密度の違いが植栽木の成長に及ぼす影響を検討。平均胸高直径と平均幹材積は密度が低いほど大きくなり、林分材積は密度が低いほど小さくなる傾向があった。また、収量比数と胸高直径の頻度分布から、今後の間伐は2,000本植栽区と3,000本植栽区では切捨てになるが、1,500本植栽区では利用間伐が検討可能と考えられた。1,000本植栽区では平均枝下高が他より低く、幹形も他よりウラゴケで、無節性や製材上の条件が示唆されたが、1,500本植栽区以上では有意差は認められなかった。低密度植栽の導入には1,500本/ha以上の植栽密度が大きな欠陥のない密度であった。	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）2009：佐々木・竹内・寺岡
v 植栽本数別の低密度植栽試験	No. 65	垂水市 ・ 鹿児島県	ヒノキ	1,500 － 3,000	H19	H19 にスギ1,500 本と3,000 本を植栽後 4 年を経過した幼齢林を対象に、下刈り試験地を設け、下刈り作業工程等を検討した。	下刈り作業の実労働時間記録と下刈り実施面積より1人1日6時間労働として人工数(人・日/ha)を算出。また、雑草木の平均群落高、植栽木の視認率を調査した。4年間の下刈りに要した合計人工数は、下刈りを毎年実施した試験区に比べ、下刈りを2回実施した試験区では30～57%減少し、下刈りを3回実施した試験区では20%減少、または5%増加した。下刈り回数削減と同じ割合で下刈りに要する合計人工数が減少しなかったことは、下刈りを省略した翌年の人工数が、毎年実施した場合と比較して増加したためであった。この人	下刈り実施パターンの違いによる下刈り作業工程（鹿大演研報 38）2011：金城・寺岡・芦原他

表 3-18 低密度植栽に係る既往文献の整理結果

分類	文献No. ・ 場所	樹種	植栽 密度 (本 /ha)	植 栽 年	低密度植栽試験報告等の概要		出典
v 植栽本数 別の低密度 植栽試験	No. 65 ・ 鹿児島県	垂 水 市	ヒ ノ キ	1,500 - 3,000	H19	工数の増加には、下刈りを省略することで雑草木が繁茂し平均群落高が高くなること、雑草木の平均群落高の増加に対して人工数が増加する傾向が関連した。	※前ページ参照
v 植栽本数 別の低密 度植栽試 験	No. 66 ・ 北海道	美 唄 市	グ イ マ ツ F1	625 - 1,000 ・ 2,000	S60 ・ H14 - H16	道内20箇所におけるグイマツF1の低密度植栽事例の分析。 低密度林分にした場合、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。林内の相対照度が10%近くまで低下した時期は2,000本/ha区で林齢11年、1,000本/ha区で林齢14年と長くなった（八坂2000）。また、従来の植栽方法（2,000本/ha程度）ではツル切り・除伐が10年生までに2回程度必要になるが、低密度植栽では15年生頃までに3回必要になった。ただし、地拵えから最終間伐までの育林経費は、1,000本では84万8千円、2,000本では119万5千円で、1,000本は2,000本に比べて34万7千円安かった。	グイマツ雑種F1の低密度植栽2007：来田・黒丸・内山（北海道林試）他

4.1.2 文献整理結果の分析

既往の低密度植栽の事例は、古くからあるものの、平成 15 年以降、各地域にて比較的盛んに実証試験を行うようになってきた。それらの試験の意図は、地域や植栽樹種により一概には言えないが、ほとんどが再生林の低コスト化につなげるための実証試験であった。さらに、昭和年代に設定した古くからの低密度試験地もあり、事例は少ないものの、間伐回数の低減化や収穫時の形質評価等の報告も見られた。

そこで、将来の低コスト化を主目的とした低密度植栽について、実証試験の試み別に、既往文献の結果を(1)～(8)に細分類して成果と課題の分析を行う。

- (1) 低密度植栽による収穫時のトータルコストや材の形質等について
- (2) 低密度植栽時における地拵えの簡略化（筋状地拵え・坪状地拵え）について
- (3) 苗木の植栽本数を少なくして植栽経費の削減を図ることについて
- (4) 一貫作業システムによる低密度植栽とコンテナ苗の使用について
- (5) 低密度植栽による林冠閉鎖の状況について
- (6) 低密度植栽地における坪刈りや筋刈り等による下刈り経費の削減について
- (7) 大苗の低密度植栽による下刈り経費の削減等について
- (8) 低密度植栽による将来的な間伐回数の削減について

(1) 低密度植栽による収穫時のトータルコストや材の形質等について

現在、成林し記録が残されている低密度植栽地は少なく、各種分析が困難であるが、評価・分析されていた文献の中から成果と課題を整理し述べる。

【 成果 】

- ≫ 北海道におけるグイマツ F1 の低密度植栽（1,000 本/ha）では、植栽後 40 年で収穫可能となり（材積 350 m³/ha 前後）、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。また、通常の密度（2,000 本/ha）に比較し、低密度植栽だと、地拵えから最終間伐までの育林経費は、つる切り除伐回数が 1 回増えるものの、トータルでは約 70%と低コストであった。（文献No.1・66）
- ≫ 岩手県の事例だと、スギ植栽後 10 年経過した植栽密度別の形状比を見ると、500 本区で形状比 63、3,000 本区で 77 と植栽密度が高くなるほど幹が細身となり、高密度だと雪害（冠雪）を受けやすく、低密度だと受けにくい。（文献No.59）
- ≫ 宮城県や愛媛県におけるスギの低密度植栽（1,000 本/ha）では、通常の下刈りを実施し成林した。植栽後 60 数年経過した現在では、ウラボケだが高蓄積林分となり、保育間伐を行わないで利用間伐を 2 回実施できた。ただし形質的には無節材生産には向かない。（文献No.3・7・42）
- ≫ 広島県におけるスギ、ヒノキの 1,000～3,000 本/ha の比較試験だと、低密度植栽ほどウラ

ゴケで樹勢健全であった。下刈り等の保育は通常通り実施したので低密度によるトータルコストの削減は、苗木植栽費用と1回の間伐費用が削減できた。また、スギ、ヒノキともに密度1,500本/ha以上であれば樹形・形質・強度的に利用が可能であった。特に、スギの場合は、強度の高い品種を用いれば1,000本/haでも形質・強度的に利用可能であった。
(文献No.4~6・58・64)

- » 宮崎県のように侵入草木の生育の早い地域におけるスギの低密度植栽(1,500本/ha)だと、スギ林冠が閉鎖するまでの8年間下刈りが必要であった。しかしいったん林冠閉鎖すると間伐が不要で、40年経過後の材の蓄積量は、通常の2,500本/ha植栽とあまり変わらなかった。(文献No.8)
- » 全国各地における経験的な概念では、一般論ではあるが、スギ等の低密度植栽だと、植栽経費が安く、坪刈りなどの工夫を行うことにより下刈り経費が削減でき、間伐回数を減らしてトータル経費を削減できる可能性があると言われている。特に、生産目標を並材や集成材とすれば、通直で無節材を生産する必要性が無く、間伐回数を減らした低密度林業システムが成立すれば、林業経営上有利となる。(文献No.60)

【 課題 】

- » 青森県におけるスギの低密度植栽(1,300本/ha)では、植栽後50数年経過し間伐回数削減によって間伐経費が3割以上削減できたが、下刈りが通常より4年多い10年必要とされ、幹曲り木が多く販売価格は低かった。(文献No.2)
- » 広島県におけるスギ、ヒノキの低密度植栽(1,000本/ha)だと、成林はしたものの形質に枯枝数が多く無節材生産が困難であった。特にウラゴケ材・枯れ枝・節抜け材が多くて柱材にはなり難い。そのため、販売価格が期待できない。(文献No.4~6・64)
- » 広島県におけるヒノキの低密度植栽(1,000本/ha)の事例では、ヒノキは成長が遅いので、低密度による形質低下を防ぐためには、下刈り回数を通常より増やす必要があったが、それでも柱材には成り難かった。(文献No.6)
- » 全国各地における経験的な概念では、一般論ではあるが、スギ等の低密度植栽だと、大きな節ができやすく、ウラゴケになりやすく、曲りや二股木が増え、年輪幅が広がって強度が弱くなりやすいと言われている。(文献No.60・64)
- » 北海道におけるグイマツF1の低密度植栽の林齢14年生の事例では、低密度植栽になる程、胸高直径は太く、枝の枯れ上りが遅く、樹冠長が長く、ウラゴケで大きな節が多くなる傾向が見られた。(文献No.54)
- » 岩手県の事例だと、スギ植栽後10年経過した植栽密度別の形状比を見ると、500本区で形状比63、3,000本区で77と植栽密度が高くなるほど幹が細身となり、一方低密度だとウラゴケになりやすく、製材時の歩留まりが下がる可能性が指摘されている。(文献No.59)
- » 宮崎県における、スギ植栽密度の異なる(376~10,000本/ha)の円形試験地の事例では、極端な高密度と低密度では林木形質や目標サイズに達するまでの時間などから望ましくない。利用上、特に形質にこだわる場合は、高密度の植栽では形質が悪く、逆に低密度では

良形質材の林分材積量が低かった。この結果、植栽密度は 2,000~2,800 本の中庸な植栽密度が望ましい。(文献No.61)

(2) 低密度植栽時における地拵えの簡略化(筋状地拵え・坪状地拵え)について

地拵え手法を、低密度の植栽間隔に合わせ、坪状・筋状に実施し、経費の削減とその後の植栽、下刈りのし易さ等について検討している。

【 成果 】

- ≫ 福島県のスギ・カラマツの低密度植栽(1,000 本/ha)における坪状地拵え、筋状地拵えによる作業効率は、通常的全刈り地拵えに比較すると、作業量が軽減され掛かる人工数が減少した。(文献No.14~18)
- ≫ 特に、一貫作業として伐採時に高性能林業機械にて部分的な筋状地拵えを実施した事例(福島県スギ 1,000 本/ha 植栽)では、経費が通常の 2/3 に軽減された。(文献No.18)

【 課題 】

- ≫ 福島県スギ・カラマツ、島根県ヒノキの低密度植栽(1,000 本/ha)における部分地拵え(坪状・筋状地拵え)箇所では、非地拵え箇所から部分地拵え箇所への草本・低木・つる類の繁茂と侵入が激しく、そのような場所では、部分的にその後の下刈り効率が劣る可能性が指摘されている。(文献No.14~18・39)

(3) 苗木の植栽本数を少なくして植栽経費の削減を図ることについて

現状では、低密度植栽による下刈りまでの初期経費の削減事例は多い。ただし、その後の林冠閉鎖や成林、形質について言及した総合的(トータルの)な評価事例は乏しい。

【 成果 】

- ≫ 北海道・東北地域、静岡・島根・徳島県におけるカラマツ・グイマツ F1・スギ・ヒノキの低密度植栽(1,000~1,500 本/ha)の事例では、植栽本数が少ない分、苗木代や植栽費用が密度の低減に応じて削減でき、下刈りまでの低コスト化に繋がっていた。(文献No.1・4・9・10~21・39)
- ≫ 特に、一貫作業と合わせて低密度植栽を行うと(福島県スギ・カラマツ 1,000 本/ha 植栽)、裸苗より高価なコンテナ苗を用いても、下刈りまでの低コスト化に繋がる。(文献No.14・15)
- ≫ 島根県の事例では、低密度植栽は 1 本当りの植栽経費が 1/2~1/3 であった。(文献No.46)
- ≫ 高知県の事例では、スギコンテナ苗(h45cm)を低密度植栽した場合、コンテナ苗は植栽本数に関わらず 1 本当りの運搬経費が裸苗の大苗(h88cm)よりも掛かるが、植栽経費が掛からず、結果的に低コストになった。(文献No.44)
- ≫ 宮崎県の事例では、通常のスギ植栽密度(3,000 本/ha)に比べると、1,500 本/ha だと植栽経費が 2/3 と低コストであった。(文献No.55)

【 課題 】

- ≫ 広島県のスギ・ヒノキ 1,000 本/ha の低密度植栽の事例では、植栽本数が少ない分、林冠閉鎖が遅れ、樹種（特にヒノキ）によっては下刈りが余計に必要とされ、形質も今までの柱材生産には向かない事例が報告されている。（文献No.4～6）

（４）一貫作業システムによる低密度植栽とコンテナ苗の使用について

低コスト造林の推進においては、伐採時に地拵えと苗木運搬を行い連続的に植栽を行う一貫作業システムが推進されている。その際、植栽時期を選ばず活着が可能で、植栽作業に慣れていない伐採作業員でも容易に植栽可能なコンテナ苗を使用する例が増えてきている。

しかしコンテナ苗は、通常の裸苗と比較すると苗代が２倍程度と高く、通常密度で植栽すると経費が嵩んでしまうので、通常より低密度で植栽を行い、経費の増加を抑え、トータル的に低コスト化を目指す試みが増えてきている。

【 成果 】

- ≫ 福島県のスギ・カラマツ 1,000 本/ha、島根県のスギ 1,000 本/ha、高知県のスギ 1,500 本/ha の低密度植栽事例では、一貫作業と低密度植栽とを組み合わせることにより、地拵え及び植栽経費が削減でき、加えて下刈りを工夫（坪刈り・筋刈り）することによって育林コストが大きく削減される。特に、コンテナ苗の低密度植栽を行うと苗木代が高くなるが、植栽時の作業効率が上がり、またその後の坪刈り等によってトータル的な経費が削減できる可能性が指摘されている。（文献No.14・15・33・34）
- ≫ 福島県のスギ・カラマツ、島根・高知県のスギの低密度植栽（1,000～1,500 本/ha）では、1 本 1 本のコンテナ苗は裸苗と比較し斜面への運搬が重く大変であるが、低密度植栽だと通常密度植栽より運搬本数が少なく、また植栽自体が容易なので経費的には大きな差は出ないと報告されている。（文献No.14・15・33・34）
- ≫ 岩手県におけるグラップルを活用した地拵え直後にカラマツのコンテナ苗を植栽した事例では、植栽経費を削減できた。コンテナ苗は運搬が重たいが一貫作業による機械運搬を行い、また植栽自体が容易で、普通苗よりも低コストとなった。（文献No.41）

【 課題 】

- ≫ 島根県スギ 1,000 本/ha、高知県スギ 1,500 本/ha の低密度植栽事例では、コンテナ苗は形状比の高い徒長苗が多く、徒長したコンテナ苗は、形質の整っている裸苗に比較し成育が劣り、また獣害を受けやすかった。（文献No.33・34）
- ≫ 高知県スギ 1,500 本/ha の低密度植栽事例では、徒長したコンテナ苗の苗木は、植栽後 1～2 年目は肥大生長し、3 年目に上長成長し始め、4 年目以降は直径・樹高ともに裸苗に追いついたが、植栽直後の成育の遅れは、下草に被覆されたり獣害を受けやすいリスクを伴う。（文献No.34）

- ≫ 島根県スギ 1,000 本/ha、高知県スギ 1,500 本/ha の低密度植栽事例では、コンテナ苗の規格が裸苗と比べるとバラバラで整っておらず、良い苗と徒長苗が混在していた。徒長苗は生存率が劣る可能性が指摘された。（文献No.33・34）
- ≫ 岩手県におけるカラマツコンテナ苗と裸苗の低密度植栽事例では、コンテナ苗は裸苗と比較し、根元径が細いものが多かった。そのため、植栽後 1 年間は上長成長よりも肥大成長ばかりしていた。ただし、1 年経過後は、裸苗と同等の太さになった。（文献No.43）

（５）低密度植栽による林冠閉鎖の状況について

通常密度の植栽に比較し、低密度植栽の場合、下刈りが終了し林冠閉鎖するまでにどの程度の期間（年月）を要するのか、地域や樹種、密度別に下刈り回数をどの程度に設定すればよいのか、現時点ではいくつかの試験報告があるのみで、よく解らないのが実情であり、今後はより多くの事例検証等が望まれている。

【 成果 】

- ≫ 北海道グイマツ F1 の 1,000～1,500 本/ha、北海道・岩手・福島県のカラマツ 1,000～1,500 本/ha では、他の樹種に比較し成長が早く、極端な低密度でなければ通常通り林冠閉鎖する。また、該当地域（東北・北海道地域）にはクズ等の猛烈に繁茂する侵入する類が少ないので、低密度植栽でも林冠閉鎖への影響は少ない。（文献No.1・9・10・11・15）
- ≫ 宮城・福島・静岡・広島・島根・徳島県のスギ（1,000 本/ha）、高知県のスギ（1,500 本/ha）、山形県のスギ（2,000 本/ha）の低密度植栽（山形県は本調査の定義上は低密度植栽ではない）は、カラマツやグイマツ F1 ほど成長は早くないが、ヒノキよりは成長が早い。そのためこれらの事例では、通常の下刈りや除伐等の育林施業（坪刈り等の低コスト型の下刈りも含む）を実施すれば通常通り林冠が閉鎖し成林する（若しくは成林すると思われる）。（文献No.3・4・13・14・16～19・21・33・34）

【 課題 】

- ≫ 北海道におけるグイマツ F1 の低密度植栽の事例では、通常の密度に比較し、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。従来の植栽方法（2,000 本/ha 程度）では、ツル切り・除伐が 10 年生までに 2 回程度必要になるが、低密度植栽では 15 年生頃までに 3 回必要になった。（文献No.66）
- ≫ 広島県のスギ（1,000 本/ha）、愛媛県のスギ（750 本/ha）、宮崎県のスギ（1,500 本/ha）の低密度植栽地では、猛烈に侵入繁茂する類が多く、通常の下刈りや除伐等の育林施業では林冠が閉鎖せず、通常より 1～2 年下刈り期間や回数を多くしないと成林しない事例が報告されている。（文献No.2・5・6・7・8）
- ≫ 広島県のヒノキ（1,000 本/ha）、三重県のヒノキ（大苗〔樹高 70 cm 程度〕2,500 本/ha）、高知県のヒノキ（1,500 本/ha）の低密度植栽（三重県は本調査の定義上は低密度植栽ではない）は、初期に肥大生長と横方向への枝張りが見られるものの、林冠閉鎖が通常密度

(3,000～5,000 本/ha) の植栽地よりは1～2 年遅れる傾向が見られる。そのため、ヒノキの低密度植栽による成林は、林冠閉鎖の遅れに配慮し、その分下刈り（若しくはつる切り）期間を余計にとらないと成林しない可能性が高い。（文献No.4～6・23・35）

（6）低密度植栽地における坪刈りや筋刈り等による下刈り経費の削減について

植栽密度が少なくなると、例えば、密度 2,500 本/ha 植えたと植栽間隔が 2.0mであったのが、1,600 本/ha 植えたと 2.5mになり、実際の下刈り時には植栽幅が相当広く感じられる。

特に、侵入草木の繁茂が著しくない場所では、坪刈り・筋刈り等の部分刈りでも植栽木に対する侵入草木による被覆量はそれほど多くなく、カラマツやグイマツ F1、スギ等の樹種であれば、全刈りと同程度の期間や回数でも、植栽木による林冠閉鎖が通常と同様に期待できる事例が多い。

しかし多くの事例では、経費の削減効果のみ注目されているものが多く、林冠閉鎖の状況や作業のし易さ、誤伐や刈り残しの状況、成林後の形質、成長量にまで言及された事例は少なく課題となっている。

【 成果 】

- ≫ 岩手県カラマツ（1,500 本/ha）、山形県スギ（2,000 本/ha）、福島・静岡・三重・島根・徳島県スギ・ヒノキ・カラマツ（1,000 本/ha）、高知県スギ（1,500 本/ha）の低密度植栽における坪刈りや筋刈り等の部分刈りは、作業面積が小さくなるので、作業が慣れてくると掛かる人工数が減少し低コスト化に繋がる。ただし、同じ作業者が実施した場合でも、作業が慣れない1年目は、全刈りに比較して部分刈りによる作業量の低減効果は少ない。（文献No.11～21・33・34・36・38・39）
- ≫ 島根県における事例では、低密度植栽地の下刈りを、坪刈り及び筋刈りで実施したところ、全刈りと比較して省力化が可能となった。（文献No.46）
- ≫ 三重県の事例では、ヒノキ苗木種別に 1,000・1,500・2,000 本/ha の低密度植栽試験区にて、植栽後 6 年間の生存率や下刈り省略等の影響を検討した。その結果、密度別の生存率と成長に対する影響はわずかであった。下刈りをしないと、した場合より成長が遅れるが植栽木の樹形異常は少なかった。低密度植栽においては、下刈り省略により木材生産が可能な森林を育成できる可能性があるが、今後は侵入広葉樹の除伐が必要である。（文献No.57）

【 課題 】

- ≫ 北海道のグイマツ F1 の低密度植栽（1,000～1,500 本/ha）では、植栽密度に関係なく、全刈りを行わないとネズミ被害が増加するとの危惧があり、全刈りの地拵え・下刈りが一般的であり、場所によっては火入れ地拵えが行われている。なお北海道では、カラマツも同様の指摘がされている。（文献No.9・10）
- ≫ 三重県（ヒノキ 1,000 本/ha）の報告より、高密度植栽の場合は、その後の下刈り時の誤伐

も多く生存率が低くなるが、元々の植栽本数が多いので成林への問題とはならない。また、全体的に全刈りだと誤伐が多く、坪刈りだと刈り残しが多い。(文献No.37)

- ≫ 島根県(スギ 1,000 本/ha の低密度植栽)の報告より、地域、樹種、地形、作業員の慣れ具合によって部分刈り(坪刈り・筋刈り)の生産性は大きく異なってくる。(文献No.38)
- ≫ 島根県(スギ 1,000 本/ha の低密度植栽)の報告より、植栽時の間隔が格子状に整っていると坪刈りが効率的に実施できるが、植栽間隔がずれていると誤伐や刈り残しが増加し、全刈りの方が生産性が増す場合もある。特に、傾斜地における棚積み(粗朶積み)地拵え(巻落とし地拵え又は等高線上枝条整理とも言う)をきちんとした場所であれば、筋状の下刈りの作業がし易くなるが、そうでないと植栽木を探しながら下刈りする必要があり、全刈りの方が計画的に下刈りが実施でき効率的である。(文献No.39)

(7) 大苗の低密度植栽による下刈り経費の削減等について

大苗を低密度で植栽して、その後の林冠閉鎖の状況や下刈り経費の削減等に係る試験が多く見受けられた。

【 成果 】

- ≫ カラマツ大苗の低密度植栽は、下刈り期間を 1~2 年短縮でき、低コスト化に繋がる。(文献No.22)
- ≫ スギの樹高 80 cm 以上の大苗を使用した低密度植栽は、下刈りの一部回数を省略でき、隔年下刈りでも林冠閉鎖する可能性が指摘されている。また、大苗の低密度植栽地の下刈り手法を経費の掛からない部分刈り(坪刈りや筋刈り)にすることにより、苗木代の掛かり増しを上回るコスト削減が期待できる。(文献No.26・27・29~31)
- ≫ 石川県におけるグラップルを活用した地拵え直後にスギ大苗(90cm)を低密度植栽した事例では、翌年の下草の繁茂が少なく、通常より下刈りを 1 年輕減できた。ただし、雪起こしに係る経費やウサギの食害に対するリスクは変わらなかった。(文献No.53)
- ≫ 福岡県の事例では、大苗に対するシカ食害の被害状況は、苗木の主な被害の高さは 101~115cm で、最も高いものは 155cm であった。その結果、普通苗に比べ、大苗に対する被害が少なかった。(文献 63)

【 課題 】

- ≫ ヒノキ大苗の比較的に密度の少ない植栽(2,500 本/ha)では、高密度植栽(4,500 本/ha)に比較し、苗木・植栽・下刈り経費を軽減させることができた。しかし、形質は幹曲木に成りやすく、また林冠閉鎖に時間を要するためシカ食害に合いやすい。そこで、高密度植栽と同様に早く林冠閉鎖させるためには、下刈りを必要以上に丁寧に行う必要があり、結果的に経費が高騰してしまった。(文献No.23)

（８）低密度植栽による将来的な間伐回数の削減について

低密度植栽により林冠閉鎖した林は、間伐回数を軽減できる可能性が高く、間伐期にまで達した試験地が少ないながらも、いくつかの事例が報告されている。

【 成果 】

- ≫ 北海道のグイマツ F1 の低密度植栽（1,000 本/ha）では、通常の 3 回の間伐から 1 回に軽減でき、トータル的な育林経費を 3 割程度削減できた。（文献No.1）
- ≫ 宮城県スギ（1,000 本/ha）、愛媛県スギ（750 本/ha）、宮崎県スギ（1,500 本/ha）の低密度植栽では、間伐回数を 3 回から 1 回に軽減できたり、保育間伐を実施しなくても最初から利用間伐を 2 回実施できた事例が報告されている。ただし形質的には無節材生産には向かない。（文献No.3・7・8）

【 課題 】

- ≫ 青森県のスギの低密度植栽（1,300 本/ha）では、通常の 3 回の間伐から 1 回に軽減でき、間伐の育林経費が 35%削減できた。ただし、下刈りは通常より 4 年多く実施し、形質的には幹曲り木が多く販売価格は低くなる可能性があり、トータル的にみると経費削減効果はみられない。（文献No.2）

4.1.3 既往文献から得られたまとめと考察

既往文献結果を基に、現時点における主な結論について考察する。

（１）低密度植栽で林冠が閉鎖し成林するか

- ◆ 成長の早いグイマツ F1 やカラマツは、千本/ha 程度の低密度植栽でも十分林冠閉鎖する。
- ◆ 成長の中庸なスギは、侵入草木の状態等（地域や地形、地利）により、林冠閉鎖が遅れるか通常通り成林するかが決まる。
- ◆ 成長の遅いヒノキは、ほとんどの地域で通常の下刈り期間を脱しても侵入草木に被覆され、下刈り期間や回数を多くする必要がある。

（２）成林した低密度植栽木の形質

- ◆ 集成材等の並材生産を目標としたグイマツ F1 やカラマツは、形質に問題ない。
- ◆ 低密度植栽で成林したスギは、多節、ウラゴケ形質なので、柱材には向かないが、節目のある板材や集成材等への活用には問題ない。ただし、低密度植栽で成林したスギでも形質に問題が無いとの報告もある。
- ◆ 低密度植栽で成林したヒノキは、多節、節抜け、ウラゴケ形質なので、柱材や板材には向かず、集成材としての需要も少ない。

（３）低密度植栽による低コスト化について

- ◆ 成長の早いグイマツ F1 やカラマツは、通常の下刈りを行へば、例えば間伐回数を 3 回から 1 回に軽減できるので、十分な低コスト化を見込める。
- ◆ 成長の中庸なスギは、侵入草木の状態等（地域や地形、地利）により林冠閉鎖の早遅が決まり、それによって下刈り期間や回数が異なるので一概には言えないが、滞りなく林冠閉鎖すれば間伐回数を軽減でき、低コスト化を見込める可能性が高い。
- ◆ 成長の遅いヒノキは、通常の下刈りだと林冠閉鎖が遅くなり、その分下刈り経費が増す。林冠閉鎖後は、間伐回数を軽減できるが、形質は柱材生産には向かず、材価が安くなる可能性があり、トータル的な低コスト化を見込めるかどうか課題になっている。ただし、低密度に植栽を行い下刈りを省略化した場合、下刈りを行った場合よりも成長が遅れるが、植栽木の樹形異常は少なかったとの報告もある。

（４）低密度植栽による指針の作成に向けた課題

樹種別、地域別の検討を進めていく上で、現在キーポイントになっているのは、植栽木の成長量や被覆状態、形質（i）、当該地域における侵入草木の状態（ii）、ネズミやウサギ、シカ等による獣害の状況（iii）、積雪地域の実態（iv）などがあげられる。そのため、今後も引き続き i ～ iv の状況を明確にした上での検討が必要となる。その上で、昨年度から今年度に把握した事例から、明らかになりつつある課題を整理する。

i 植栽木の成長量や被覆状態、形質について

◆ 広島県における事例の紹介

低密度植栽で成林したスギは、多節、ウラゴケ形質なので、柱材には向かないが、節目のある板材や集成材等への活用には問題ない。ただし、低密度植栽で成林したスギでも形質に問題が無いとの報告もある。（文献No.4・5・6・49・58・64）

ii 侵入雑草木・つる類や下刈りとの関連性

◆ 埼玉県、長崎県における事例の紹介

昨年度及び当年度の当該事業における既往植栽試験地（埼玉県、長崎県）におけるヒノキ低密度植栽試験地（林齢 11-15 年、密度 1,000-1,500 本）の事例では、下刈り後の除伐・つる切り・補植等を怠ると侵入雑草木・つる類（クズ等）による被害が多く発生し、植栽後 10 年以上経過しても林冠閉鎖には至らない。

◆ 三重県における事例の紹介

ヒノキ人工林施業において下刈り省略が可能な条件を明らかにするために、三重県鍛冶屋又

国有林において植栽密度 1,000 本/ha、1,500 本/ha、2,000 本/ha の低密度で植栽したヒノキ植栽木の 6 年間の生存率、成長に及ぼす植栽密度、下刈り省略等の影響を検討した。

植栽密度の植栽木の生存率と成長に対する影響はわずかであった。下刈りを省略したとき植栽木の成長に影響がみられ、下刈りを行った場合よりも成長が遅れるが、植栽木の樹形異常は少なかった。

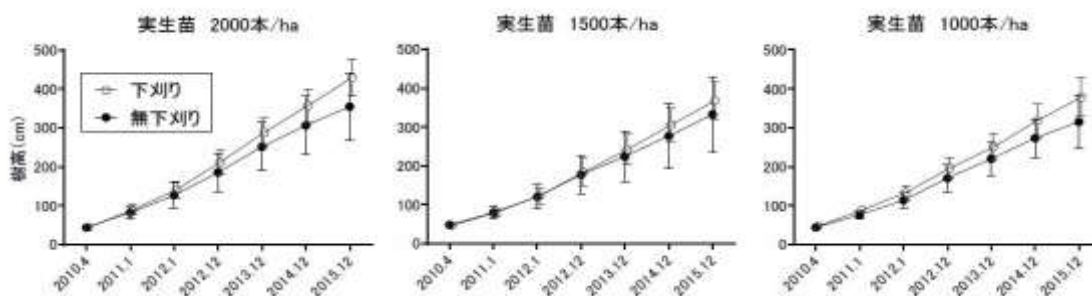


図 1-1 各試験区における植栽木の樹高の経年変化（誤差線は標準偏差）

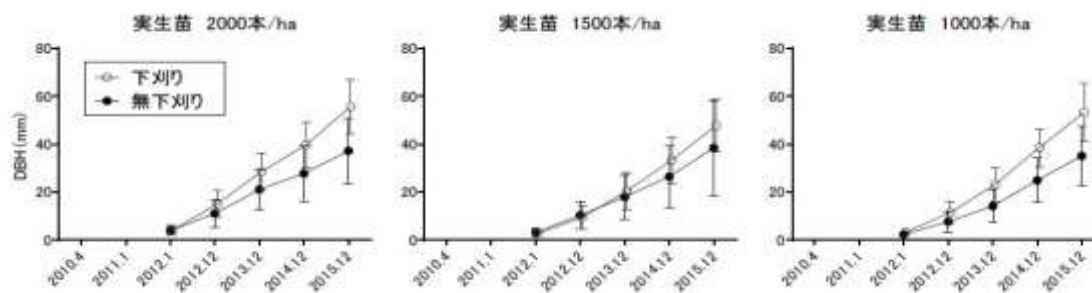


図 1-2 各試験区における植栽木の胸高直径の経年変化（誤差線は標準偏差）

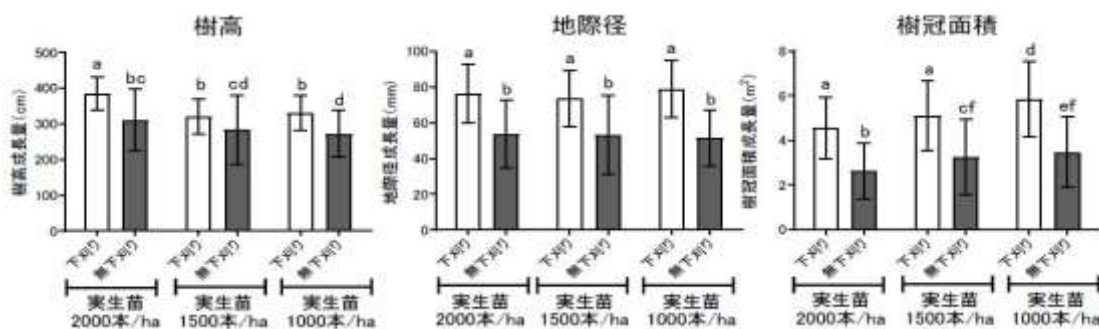


図 1-3 実生苗の植栽密度間、下刈り有無間の成長量（6 年間）の比較（誤差線は標準偏差を示す。また異なる英文字間には有意差がある）

【図 1-1～1-3 の引用】

三重県鍛冶屋又国有林における低密度植栽ヒノキの初期成長に及ぼす植栽密度と下刈り及び苗木品種の影響・三重県林業研究所研究報告第 7 号 2017：島田・奥田（三重県林業研究所）・中井（三重森林管理署）三重県林業研究所研究報告第 7 号（2017.3）：文献No.57

調査結果から、低密度植栽においては、下刈り省略により木材生産が可能な森林を育成できる可能性があるが、今後も順調に成長させるためには、侵入広葉樹の除伐が必要になると考えられた。

iii ネズミやウサギ、シカ等による獣害の状況

◆ 宮城県におけるウサギ、シカ害事例の紹介

昨年度の当該事業における既往植栽試験地（宮城県・三重県）におけるスギ低密度植栽実証試験地（H27.12 植栽、密度 1,100-2,500 本）の事例では、植栽後 3 か月経過した初春雪解け時期に、ウサギ、ニホンジカによる食害を 3 割程度受けた。該当地域では獣害の発生は稀であったが、近年の再生林地の増加に伴い、ウサギやニホンジカ等に対する対策が必要になってくる。

iv 積雪地域の実態

◆ 秋田県における積雪地域の事例の紹介

【多雪地域で低密度植栽を行なった時のスギの成長と形質】

幼齢期に雪圧害を受けやすい多雪地域の場合、1,000 本/ha 以下の植栽では、主伐時の優良木の収穫本数が減少するおそれがある。一方、2,000 本/ha の低密度植栽では、従来と同等の本数の優良木を収穫することが可能と見込まれた。

多雪地域では、優良木生産をめざす場合には、1,000/ha よりも高い植栽密度を維持した方が良いと報告されている。



図 2-1 多雪地域の植栽密度試験地の状況（2013 年 4 月、植栽から 11 年経過）

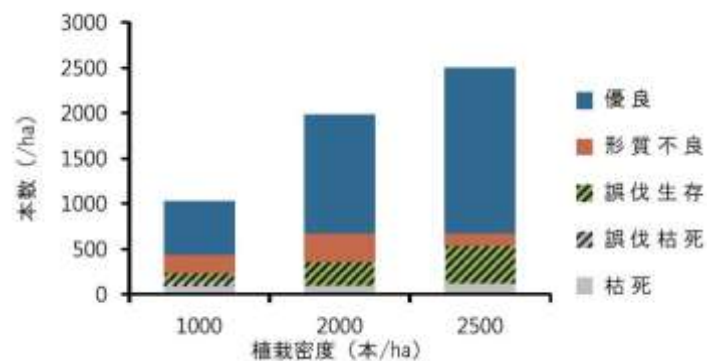


図 2-2 スギの優良木・形質不良木の ha 当たりの本数

【図 2-1, 2-2 の引用】

多雪地域で低密度植栽を行なったときのスギの成長と形質（野口・和田・八木・櫃間）東北地方の多雪環境に適した低コスト再造林システムの実用化に向けた研究集（国立研究開発法人森林総合研究所 2016. 2）：文献No.40・41

◆ 青森県における積雪地域の事例の紹介

【多雪地域での低密度植栽に関する調査結果】

青森県内 3 箇所におけるスギの低密度植栽試験地について、生育調査と樹幹解析を行った。標準的な植栽密度における成長曲線（地位級 1～5）と比較したところ、樹高と胸高直径ともに生育は順調であった。また、利用に支障ない立木（曲り小＋曲り中）の割合は 9 割以上であり、樹幹形を比較した結果、標準形と大差なかったと報告されている。

表 4 青森県における低密度植栽地の状況

区分	植栽密度 (本/ha)	林齢 (年)	面積 (ha)	調査本数 (本)	備考
A 区	1,700	58	0.31	164	下北地区
B 区	1,100	56	0.13	144	上北地区
C 区	1,000	67	0.72	101	三八地区

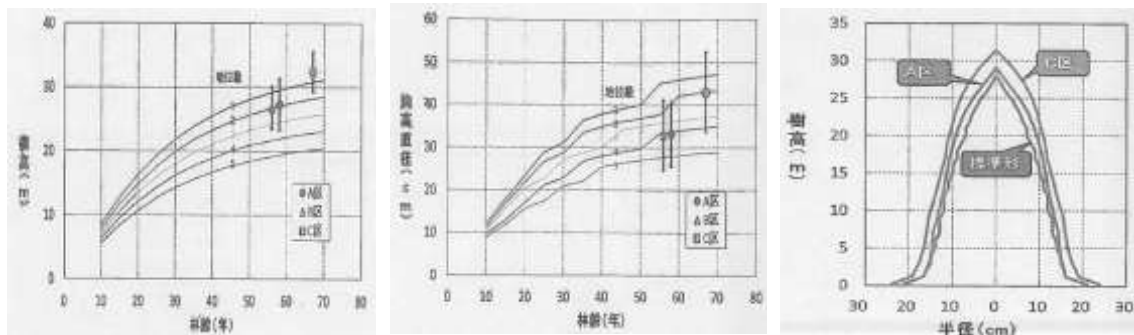


図 3-1 (左図) 青森県低密度植栽試験地における成長曲線との比較 (樹高)

図 3-2 (中図) 青森県低密度植栽試験地における成長曲線との比較 (胸高直径)

図 3-3 (右図) 青森県低密度植栽試験地における樹幹形の比較

【表 4・図 3-1～3-2 の引用】

低密度植栽に関する調査 (青森県林業研究所報告 2014) : 文献No.2

4.1.4 既往文献結果から得られた今後の課題について

前項 4.1.1～4.1.3 で整理した内容を受け、既往文献結果から得られた今後の課題について以下の(1)～(8)に整理示す。

(1) 低密度植栽による収穫時のトータルコストや材の形質等について

- ≫ 低密度植栽により、地域、樹種を問わず、無間伐若しくは間伐の低減まで含めたトータルコストはおおむね軽減できる。しかし、収穫時期にまで達した事例が極端に少なく課題となっている。
- ≫ 低密度植栽により、地域、樹種を問わず、節の多い「ウラゴケ」形質になりやすく材の用途及び強度面から課題であるとの文献が多い。数 10 年前の植栽当時は、無節柱材生産が主流で、材の形質の良し悪しは大きな課題であった。しかし近年は、集成材等並材生産の用途が増え、そのような生産目標にした場合、低密度植栽は適する可能性が高いので、今後の検討が望まれる。
- ≫ なお、短伐期における節の多い「ウラゴケ」形質は、その後長伐期に移行すれば、徐々に「完満」形質に移行していく可能性がある。また、地域や樹種においては、通常密度とあまり変わらない形質の試験結果もあるので、今後の検討が望まれる。

(2) 低密度植栽時における地拵えの簡略化 (筋状地拵え・坪状地拵え) について

- ≫ 植栽前の地拵えを、低密度植栽に併せて部分地拵えで対応する文献が見られ、おおむねコストの軽減が図れる。しかし、最近は一貫作業システムと連動した低密度植栽を行うことにより、コストの削減と翌年の下刈りの軽減化が図れる可能性があるため、そのような観点からの検討が望まれる。

（３）苗木の植栽本数を少なくして植栽経費の削減を図ることについて

- ≫ 低密度植栽であれば、苗木の本数が少なくなるので植栽経費は確実に削減できる。また、一貫作業システムと連動した低密度植栽におけるコンテナ苗の使用においては、苗木代そのものは嵩むが、植栽効率が良くなり、また翌年の下刈り軽減化と併せて考えると、植栽翌年までの経費は低コスト化につながるとの文献が多い。

（４）一貫作業システムによる低密度植栽とコンテナ苗の使用について

- ≫ 前述（２）（３）に記載しているが、グラップル等林業用機械を用いた地拵え直後にコンテナ苗等を林業用機械で運搬して植栽する一貫作業システムと連動した低密度植栽は、植栽翌年の下刈りの軽減も併せて考えると、低コスト化に繋がるとの文献が多い。
- ≫ ただし、コンテナ苗の生育については、植栽後１～２年は上長成長せず下草に負けたり、獣害を受ける等の文献が見られる。それらのコンテナ苗は、形質が悪く徒長苗が多い。今後は、地域、樹種に関係なく、形質の良いコンテナ苗が生産、入手できるようなシステムも含めた検討が望まれる。

（５）低密度植栽による林冠閉鎖の状況について

- ≫ 樹種の特長（成長量）によって林冠閉鎖の状況は異なる。特にヒノキは、成長が遅く林冠閉鎖も遅くなるため、下刈り期間が増すとの文献が多い。今後は、林冠閉鎖との兼ね合いから、地域別のヒノキの低密度植栽に見合った適正密度の検討が望まれる。

（６）低密度植栽地における坪刈りや筋刈り等による下刈り経費の削減について

- ≫ 低密度植栽地は、例えば 1, 100 本/ha 植栽であれば植栽間隔が 3m 間隔なので、全面刈りを行わなくても部分刈りで対応できるのではないかと試験事例が多い。結果的に部分刈りで低コスト化に繋がったとの報告が多い。一方、斜面地における部分刈りが技術的に難しいことや、周辺からのつる類の侵入、ネズミやウサギ等獣害の問題など、部分刈りによる課題も見受けられる。現在、低密度植栽に係る下刈りの部分刈り試験地も多く設定されているので、今後もデータを蓄積し検討を行う必要がある。
- ≫ 地域における事例では、年間の下刈り回数を 2 回から 1 回に減らし、また 5 年から 4 年に減らしても問題なく成育しているとの報告がある。また、場所によっては下刈りで地域住民の就業の場が確保されていて、下刈りの省力化を推進することが困難な地域もある。しかし、全国的に見ると下刈り従事者が年々減少しており、計画的な下刈りの実行が困難な地域が多く、また下刈作業そのものが重労働で省力化が切に望まれている地域が多い。今後は、地域や樹種に応じて下刈りの考え方を整理していく必要がある。

（７）大苗の低密度植栽による下刈り経費の削減等について

- ≫ 大苗を低密度植栽する場合は、苗木代と植栽経費が高むが、その後の下刈りの軽減につながるなどの文献が見られる。大苗による下刈りの軽減化は、地域や樹種により異なるもので、特にクズ等つる類の繁茂が著しい地域では、下刈りを終了しても適正なつる切りの実施が望まれる。今後は、大苗の低密度植栽によって、苗木代及び植栽経費の割り増しと、下刈りの省力化との兼ね合いから、どの程度の低コスト化に繋がるのかを検討していく必要がある。

（８）低密度植栽による将来的な間伐回数の削減について

- ≫ 僅かではあるが、スギ、ヒノキについて、低密度植栽により間伐を行わずに収穫または利用間伐できたとの文献が見られる。また、間伐回数が３回から１回に軽減できたとの報告もある。しかし、収穫時期に達した事例が極端に少なく今後の課題になっている。

最後に、本調査の目的として、低コスト化に繋がるための適正な植栽密度を提示するためには、樹種別、地域別に生産目標（利用目的）に応じた施業や伐期を明確にしていく必要性があり、今後の大きな検討課題である。

4.2 現地調査

4.2.1 現地調査の概要

既存の低密度植栽地について、論文や報告書、ヒアリングを基に情報収集し、その中から施業履歴等が確認でき調査の実施が可能である地域を 10 箇所選定し現地調査を実施した。

現地調査は、低密度植栽地及び比較対象地を含め、1 調査地点あたり 100 m²のサブプロット（方形）を設定し、植栽木の樹高、胸高直径（または根元径）、形状等を記載するとともに、侵入木についても調査を実施した。

表 4.2.1 に既存低密度植栽地一覧を、図 4.2.1 にその位置図を示した。

表 4.2.1 既存低密度植栽地一覧

No.	市町村	所属・林小班	面積 (ha)	樹種	調査区 (本/ha)	対照区 (本/ha)	植栽年
1	埼玉県 児玉郡 神川町	民有林 2323-1 18-7 林小班	1.43	スギ ヒノキ	1,600	-	2008 年
2	埼玉県 比企郡 小川町	公益社団法人 埼玉県農林公社 社有林	3.14	ヒノキ	1,400	-	2005 年
3	愛媛県 新居浜市 立川町	住友林業株式会社 社有林内 大永山事業区 3 林班あ小班内	1.06	スギ	1,000	3,000	2010 年
4	愛媛県 松山市 食場町	愛媛県林業研究センター 横谷試験地	0.01	スギ	1,500	2,500	2013 年 4-5 月
5	愛媛県 宇和島市 津島町	愛媛県林業研究センター 御槇試験地	0.15	スギ	1,500	1,500	
6	大分県 佐伯市	茅野国有林 1031 林班 に 1 小班	0.38	スギ	1,100		2013 年 2 月
7	長崎県 諫早市 久山町	49 林班 6 小班 久山生産森林組合林	0.30	ヒノキ	①1,000 ②1,500	3,000	2010 年 3 月
8	長崎県 諫早市 富川町	75 林班 4 小班 大山共有林	0.20	ヒノキ	①1,000 ②1,500	-	2010 年 3 月
9	熊本県 人吉市	高仁田国有林 9 林班た 2 小班、9 林班よ 1 小班	4.61	ヒノキ	①1,500 ②2,000		2005 年 2 月 2006 年 3 月
10	宮崎県 日南市 北郷町	大荷田国有林 140 林班ぬ 4 小班	0.45	スギ	①783~ ⑤3,365		1974 年 3 月

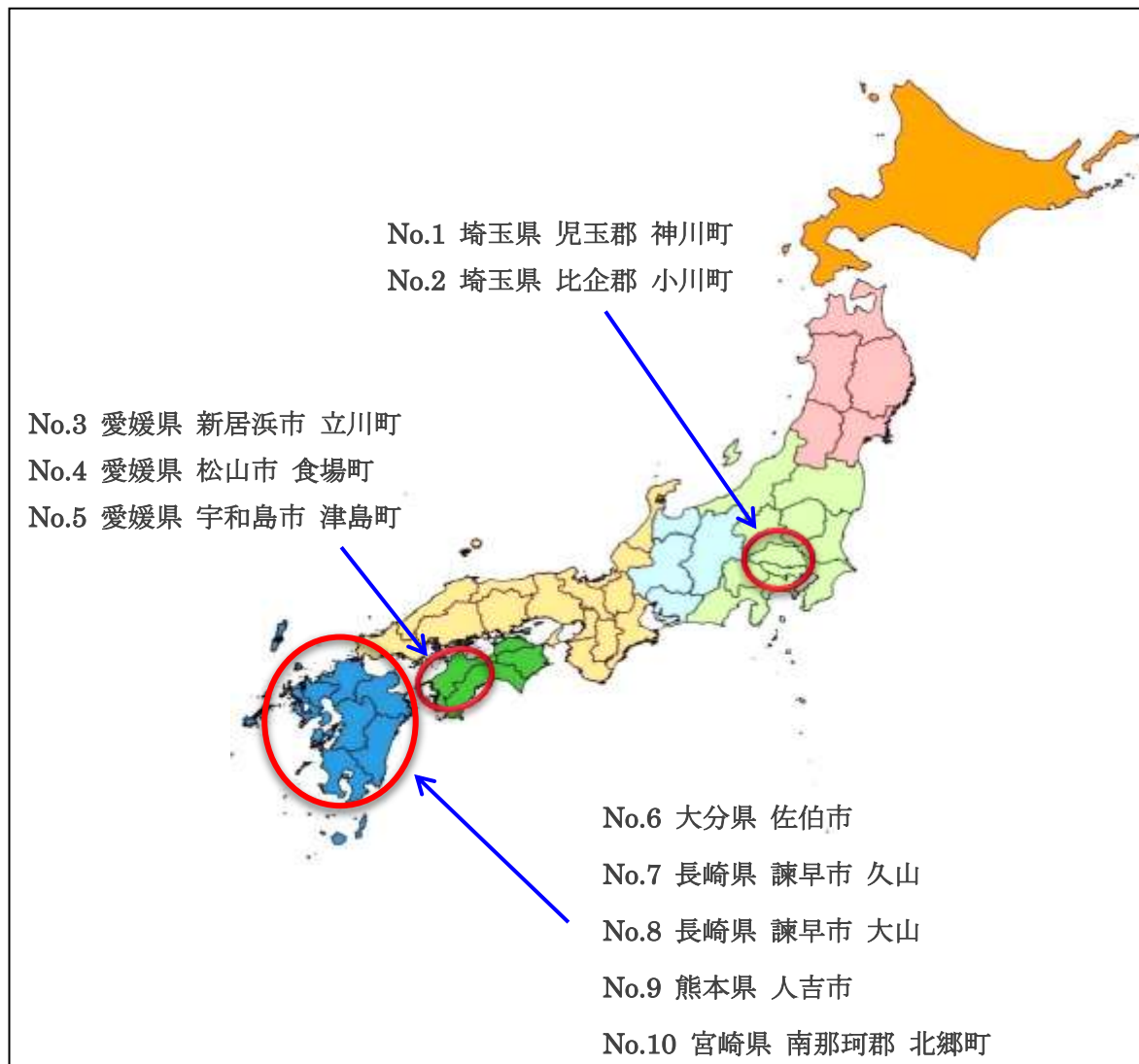


図 4.2.1 既存低密度植栽地調査位置図

4.2.2 現地調査結果

(1) 埼玉県 児玉郡 神川町

①位置図



図 4.2.2 低密度植栽地位置図（埼玉県児玉郡）

②現地概要

所在地	埼玉県 児玉郡 神川町 矢納 向平 2323-1 18-7 林小班
面積	1.43ha
樹種	ヒノキ
植栽年	平成 20 年植栽 (9 年生)
標高	450m
傾斜角	30～38°
斜面方位	NE
平均気温/ 降水量	14.0℃ / 1,290.8mm / 年 (平年値、寄居町)
土壌	褐色森林土
施業履歴	下刈り：H21、H22、H23 年 (各年 1 回：計 3 回実施) 枝打ち：H28
現地概要	当植栽地は埼玉県の北西部、群馬県との県境に位置する。 こだま森林組合により平成 20 年にヒノキの 1,600 本/ha 植栽が実施されている。当地域においては降雪による倒木は発生していない。 また、シカの生息が認められるが致命的な害はほとんど無いため当植栽地では対策が取られていない。 ヒノキと、同齢、同密度のスギの低密度植栽地が隣接している。
施業工程・経費等	—

③現地調査結果

密度別調査区	1,600 本/ha 区 (低密度植栽区)		1,600 本/ha 区 (低密度植栽区)	
調査日	2017 年 2 月 1 日		2017 年 2 月 1 日	
調査プロット	プロット No.1・2 (12.5×12.5m)		プロット No.3・4 (12.5×12.5m)	
植栽木/侵入木	ヒノキ	侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数 (本)	1,024	0	1,696	0
平均樹高 (m)	5.8	—	7.8	—
平均胸高直径 (cm)	11.39	—	11.36	—
調査概況	・ 同齢のヒノキ対照区が同地域に見つからず、近接する同密度のスギ植栽地においてもプロット調査を実施した。 ヒノキ、スギ、両植栽地とも今年度の夏に下草刈り、秋には枝打ちが実施されており侵入木は確認されなかったが、一部のスギにツル植物の巻きつき跡が確認された。また、一部のヒノキには成長不良木が確認され、除伐跡と思われる空間も目立つことから、ツル植物による影響が懸念された。上表の通り 1ha あたりに換算するとヒノキの生残本数は少なく、一方でスギについては良好であるといえ			

る。ヒノキ、スギどちらも平均胸高直径は約 11cm 程度であるが、平均樹高はスギの方が 2m ほど高く、ツルの巻付き跡はあったものの散布図の通り、特に暴れ木もなく、現地では通直な材が生育している状況であった。下草刈りが今年度の夏に実施されているため、下層植生は目立たないが、オオバノイノモトソウの他、シダ類やバラ科の植生が確認された。

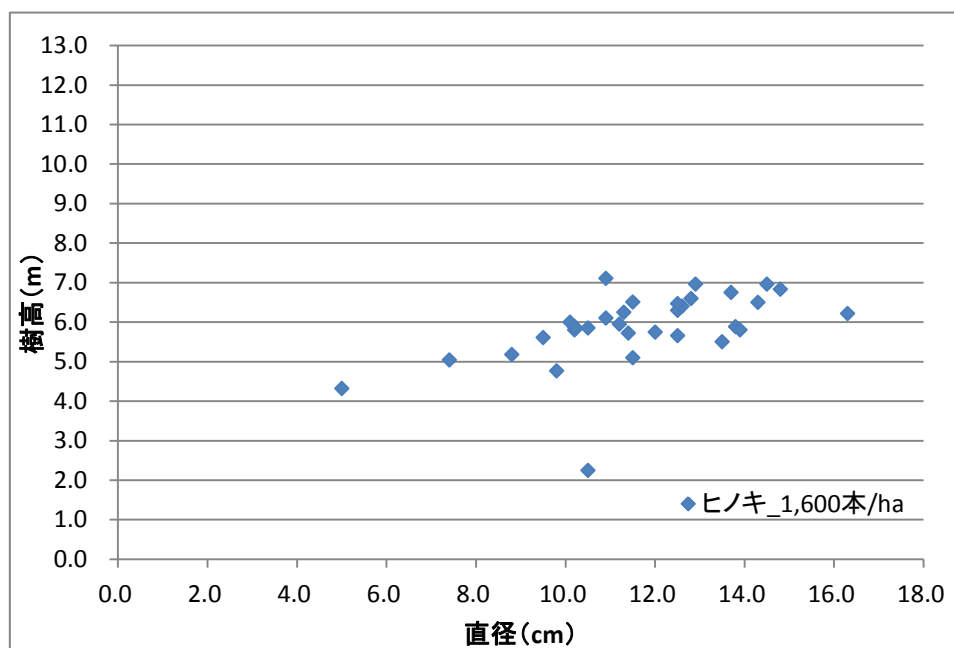


図 4.2.3-1 埼玉県児玉郡神川町_ヒノキ散布図

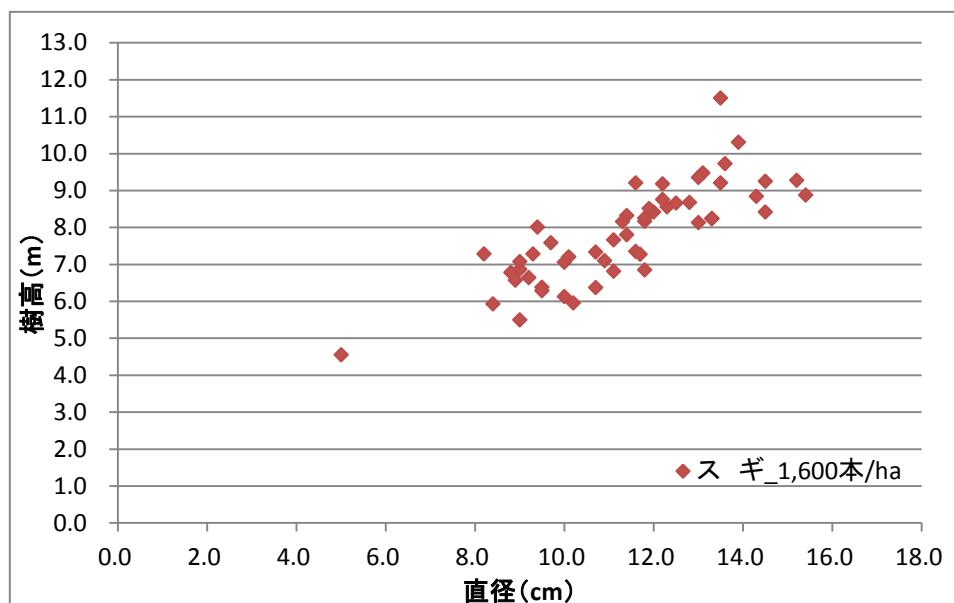


図 4.2.3-2 埼玉県児玉郡神川町_スギ散布図

④現地写真_ヒノキ（1,600 本/ha 区）

	
プロット No.1	プロット No.1_形質不良木
	
プロット No.1_プロット内の下層植生	プロット No.1_林内の状況
	
プロット No.2	プロット No.2_林内の状況

	
プロット No.2_林内の状況	プロット No.2_シカの剥被害跡

⑤現地写真_スギ調査地（1,600 本/ha 区）

	
プロット No.3	プロット No.3_林内の状況

	
プロット No.3_スギの生育状況	プロット No.3_林内の状況

	
プロット No.4_林内の状況	プロット No.4_林内の状況
	
プロット No.4_林内の状況	プロット No.4_ツル巻跡

(2) 埼玉県 比企郡 小川町 (公社有林)

①位置図

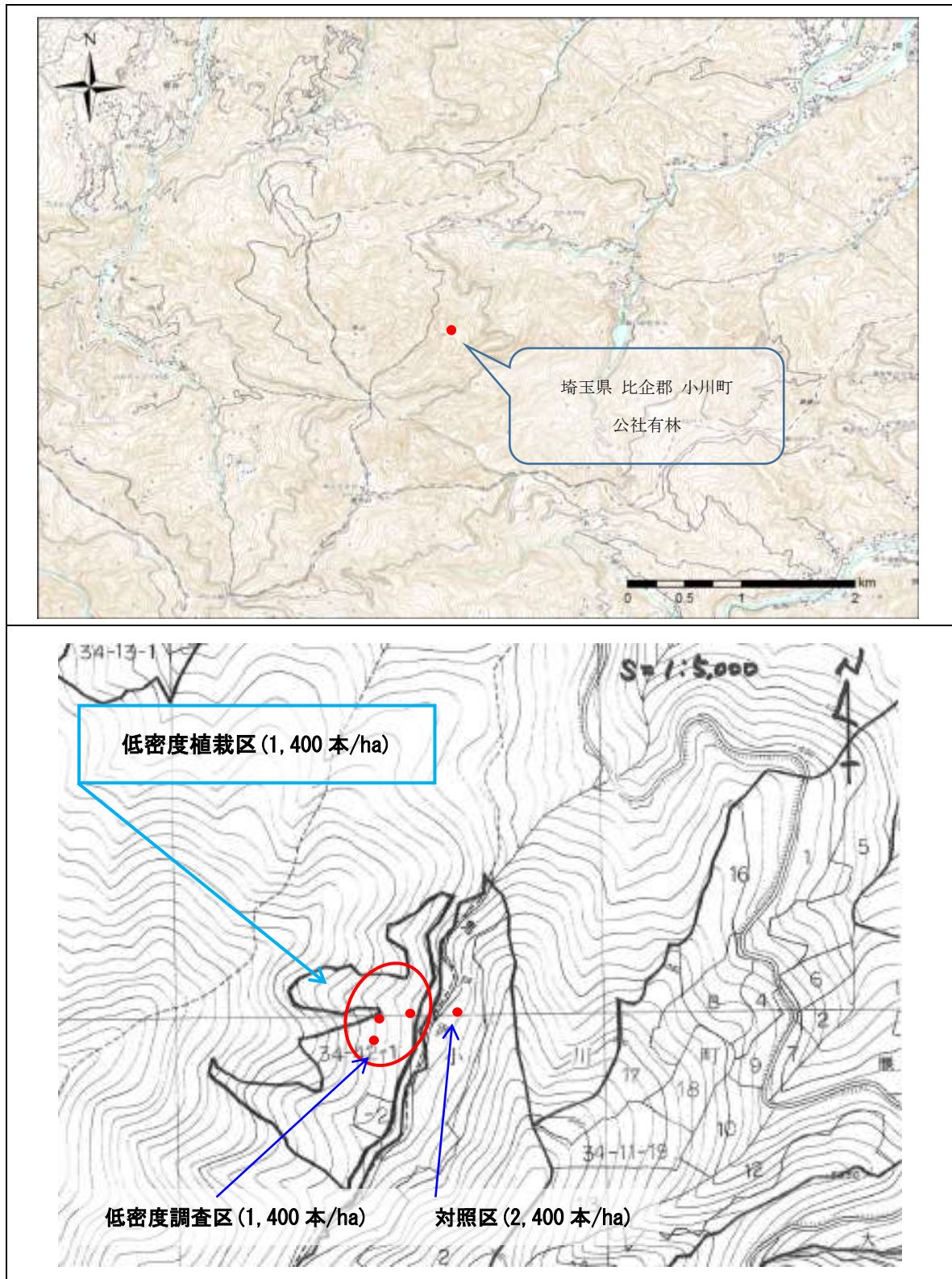


図 4.2.4 低密度植栽地位置図 (埼玉県比企郡小川町)

②現地概要

所在地	埼玉県 比企郡 小川町 腰越 笠山 2791 34-42-1
面積	3.14ha (1,400 本区)
樹種	ヒノキ (実生裸苗)
植栽年	H17 年植栽 (12 年生)、対照区:H12 年植栽 (17 年生)
標高	590m
傾斜角	35～40°
斜面方位	E-SE (対照区:NW)
平均気温/ 降水量	13.1℃ / 1333.1mm / 年 (平年値、秩父)
土壌	適潤性褐色森林土
施業履歴	下刈り : H18 (筋刈り) ,H19,H20,H21,H22 年 (各年 1 回 : 計 5 回実施) 除伐 : H28 年
現地概要	公益社団法人埼玉県農林公社の公社有林内に位置し、低コスト化を目的とした植栽密度 1,400 本/ha のヒノキ植栽を実施している。 当地域はシカが生息しており新しい痕跡も確認できるが、シカ柵等の対策はされていない。
施業工期・経費等	—

③現地調査結果

密度別調査区	1,400 本/ha 区 (低密度植栽区)		2,400 本/ha 区 (対照区)	
調査日	2016 年 2 月 3 日		2016 年 2 月 3 日	
調査プロット	プロット No.1～3 (11×11m プロット)		プロット No.4 (11×11m)	
植栽木/侵入木	ヒノキ	侵入木	ヒノキ	侵入木
ha 当り本数 (本)	1,185	28	2,397	111
平均樹高 (m)	5.5	2.5	7.5	4.6
平均胸高直径 (cm)	11.0	1.0	13.5	4.0
調査概況	・低密度植栽区 (1,400 本/ha) と同齢のヒノキ対照区が同地域にて確認できず、対照区として近接する 17 年生ヒノキ 2,400 本/ha 植栽地にてプロット調査を実施した。 ・低密度植栽地についてはツル巻きが所々で確認され、一部の植栽木に形質不良が起きている。また株立ち木や先折れも一部で確認された。本年度の夏に除伐がされているため侵入木は目立たないが、エゴノキ、ホオノキ、サンショウ、ヌルデ、モミジイチゴ、ススキが確認された。 ・対照地とした 2,400 本/ha 区でも数本にツル巻きが発生しているが、			

	プロット内では形質不良等は確認されなかった。侵入木についてもエゴノキ、ヌルデ、サンショウが確認されたが、低木であり植栽木に影響はないと考えられた。 ・プロット調査の生残本数を基に 1ha あたりに本数を換算すると、上表のように低密度区 (1,400 本/ha) は 1,185 本が生残しており、植栽時から 12 年で約 15%が減少した想定になる。
--	---

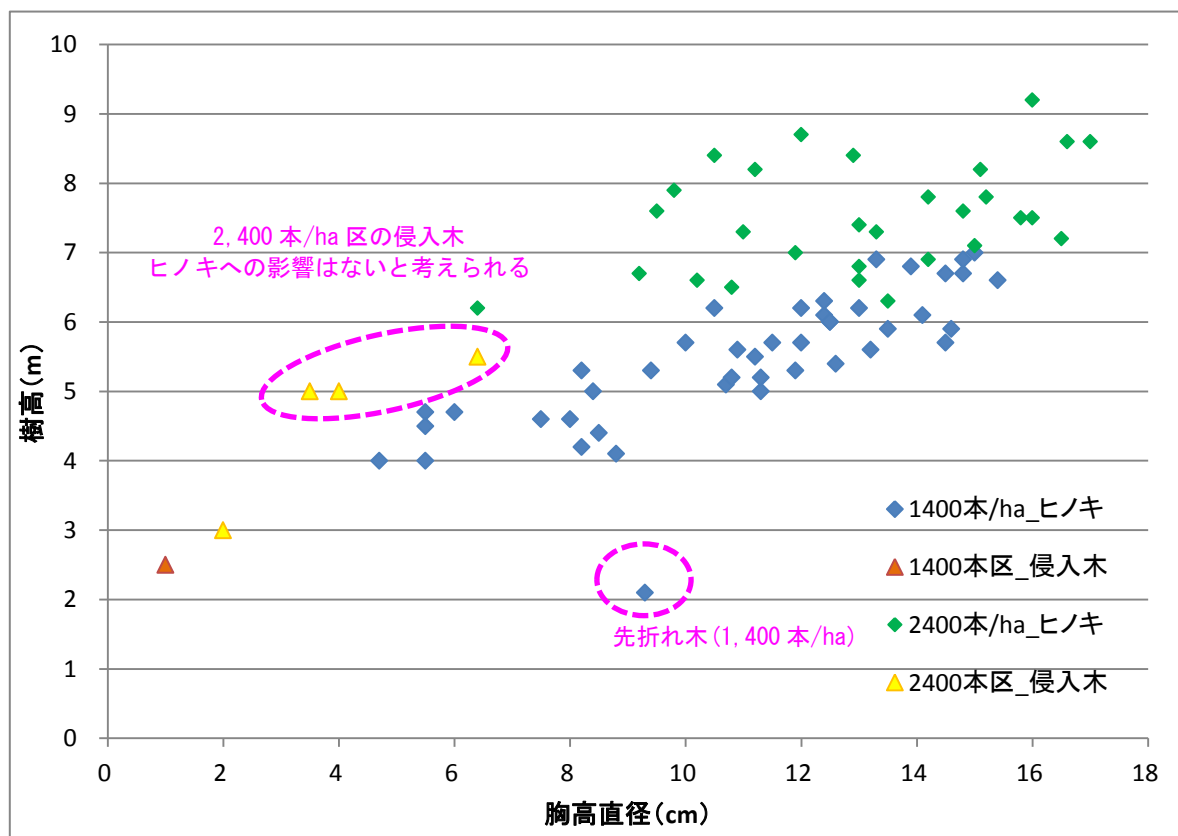


図 4.2.5 埼玉県比企郡小川町_散布図

④現地写真

	
低密度植栽地遠望	プロット No.1 (1,400 本/ha 区)
	
プロット No.1_先折れ木	プロット No.1_ツル巻木
	
プロット No.1_形質不良木	プロット No.2 (1,400 本/ha 区)



プロット No.2_形質不良木



プロット No.2_ツル巻き (フジツル)



プロット No.3 (1,400 本/ha 区)



プロット No.3_林内の状況



プロット No.3_形質不良木



プロット No.3_林冠の閉鎖状況

	
プロット No.4 (2,400 本/ha 区)	プロット No.4 (2,400 本/ha 区)

	
プロット No.4 (2,400 本/ha 区)	プロット No.4 林冠の閉鎖状況

(3) 愛媛県 新居浜市 立川町 (住友林業株式会社 社有林内)

①位置図

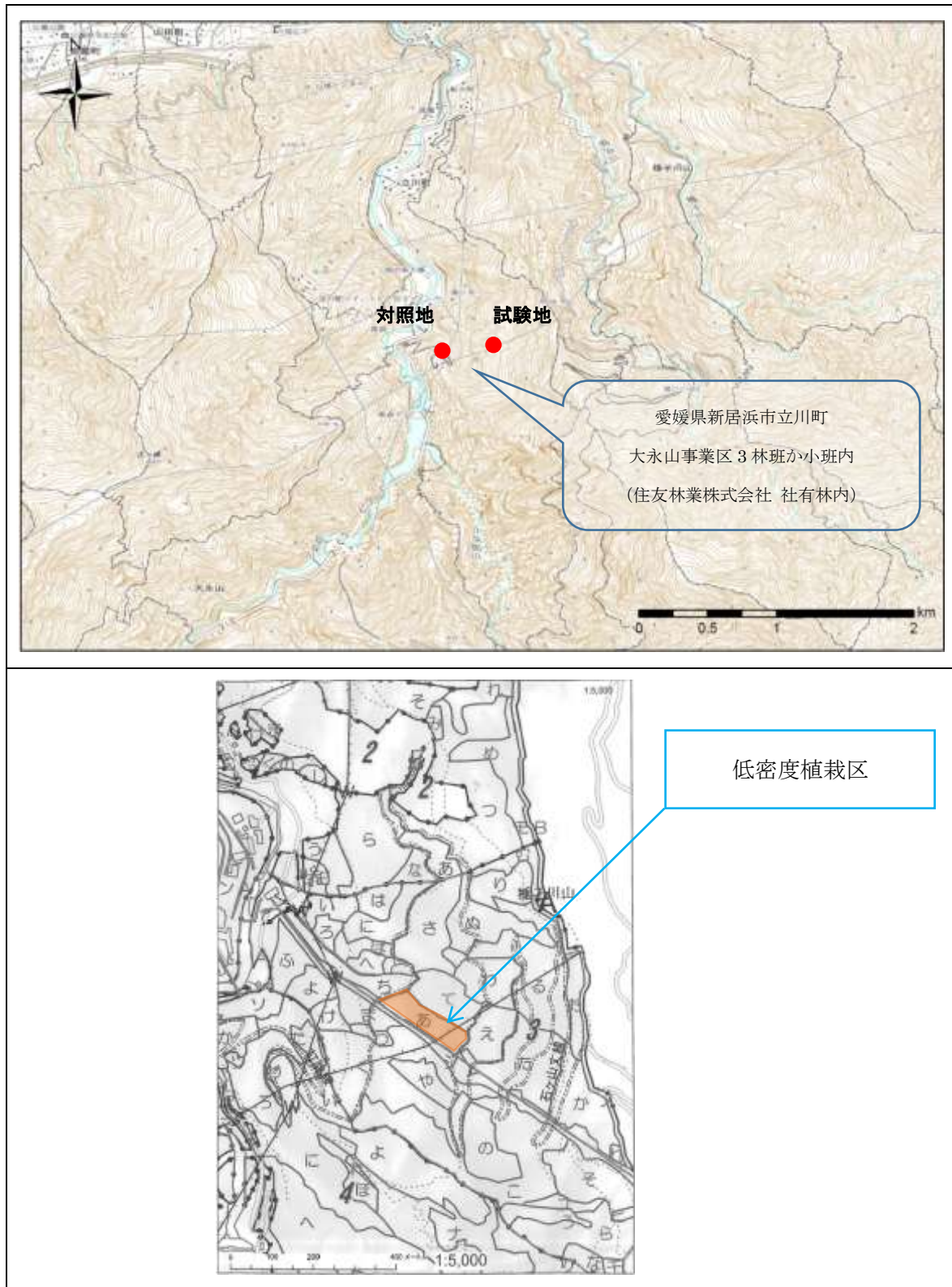


図 4.2.6 低密度植栽地位置図 (愛媛県新居浜市)

②現地概要

所在地	愛媛県新居浜市立川町大永山事業区 3 林班 1 あ小班内 (住友林業株式会社 社有林)
面 積	1.06ha
樹 種	スギ (大苗)
植栽年	H22 年植栽 (前生樹: 雑木、80 年生)
標 高	約 410m
傾斜角	35~41°
斜面方位	NW
平均気温 / 降水量	16.5℃ / 1,305.3mm / 年 (平年値、新居浜)
土 壌	褐色森林土
施業履歴	皆伐: 平成 21 年 8 月 下刈り: H22,H23,H24,H25 4 年間、計 4 回実施)
現地概要	・ 植栽本数を低密度 (1,000 本/ha) にすることで地拵え・植付・下刈等の育林に要する初期投資を低減すると共に、肥大成長を促し、伐期 (80 年) には従来の 3,000 本/ha と同様の ha 当たり蓄積量 (475 m³) を目指すことを目標に試験している。また苗木については苗長 80cm 程度の大苗を用いることで、下刈り回数の軽減、除伐や保育間伐回数を半減させ、伐期までのトータルコストの低減を目的としている。前生樹種は雑木、林齢は 80 年生であり、平成 21 年 8 月に皆伐し、1 年後に植栽を実施している。その後下刈りを 4 年間実施している。 ・ 当地域はシカの食害が多発しており課題となっている。対策として植栽箇所へのシカネット、ツリーシェルターの設置、シカ罠によるシカの駆除 (毎年約 30 頭) が実施されている。
施業工程・経費等	—

③現地調査結果

密度別調査区	1,000 本/ha 区 (低密度植栽区、6 年生)		3,000 本/ha 区 (比較対照区、9 年生)	
調査日	2017 年 1 月 20 日		2017 年 1 月 20 日	
調査プロット	プロット No.1・2 (約 16m×16m プロット)		プロット No.3・4 (約 10m×10m プロット)	
植栽木/侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数 (本)	977	273	2,500	100
平均樹高 (m)	6.9	2.7	8.6	3.5
平均胸高直径 (cm)	8.7	2.0	11.0	4.0

調査概況	・ 同齡のスギ対照区が同地域に見つからず、社有林内の 9 年生のスギ 3,000 本/ha 植栽区にてプロット調査を行った。両区とも斜度が約 40°あり、きれいな方形を取ることはできなかったが参考までの ha 当りの生存本数は上表の通りである。 ・ 形質不良木はほとんどなくプロット内には先折れ木が 1 本のみ確認された。成長不良木、或いは補植木は樹高 3~4m であり、侵入木のタラノキ、シロダモ等（樹高 3m 前後）による影響は特に受けていない様子であった。 ・ 特に低密度植栽区にて多数のタラノキやクマイチゴの繁茂を確認した（樹高は胸高以下のため散布図には未表示）。植栽後、毎年 1 回以上の下刈りをするとしており、植栽年以降 4 回の下刈りを実施している。補植は実施していない。 ・ 侵入木はクマイチゴ、タラノキ、シシダラ、シロダモ、ノリウツギ、ヤマモ、ヒサカキが確認された。3,000 本区ではアオキ、ヒサカキ、ヤブニッケイ、シロダモが確認された。
------	--

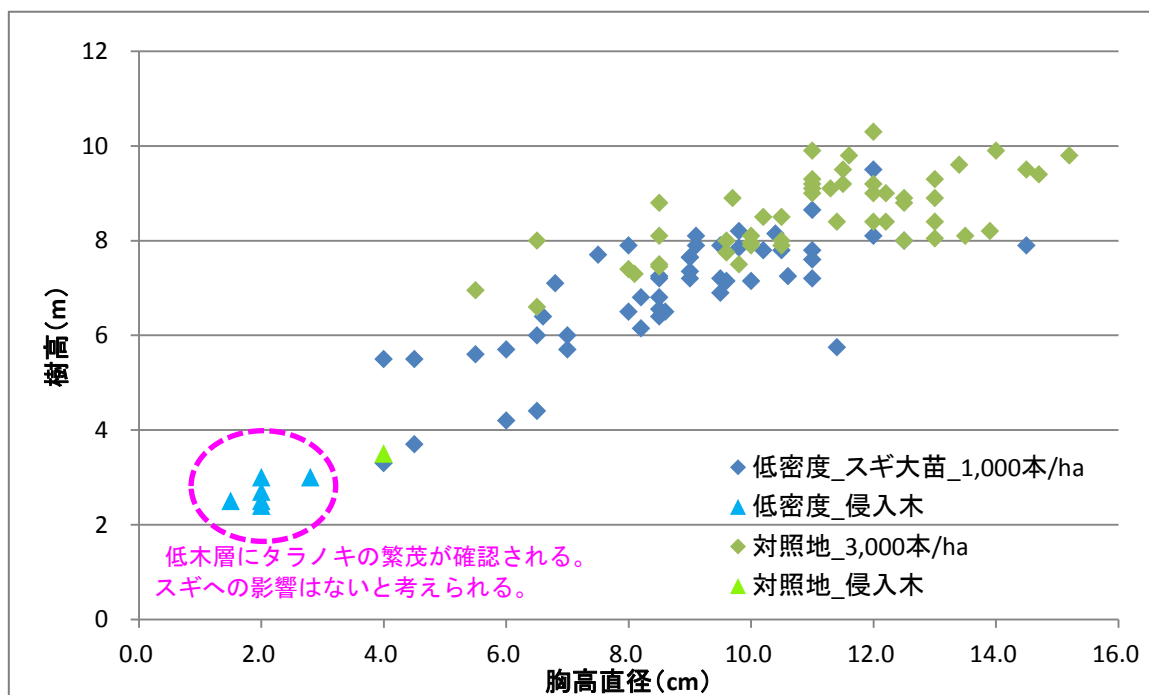
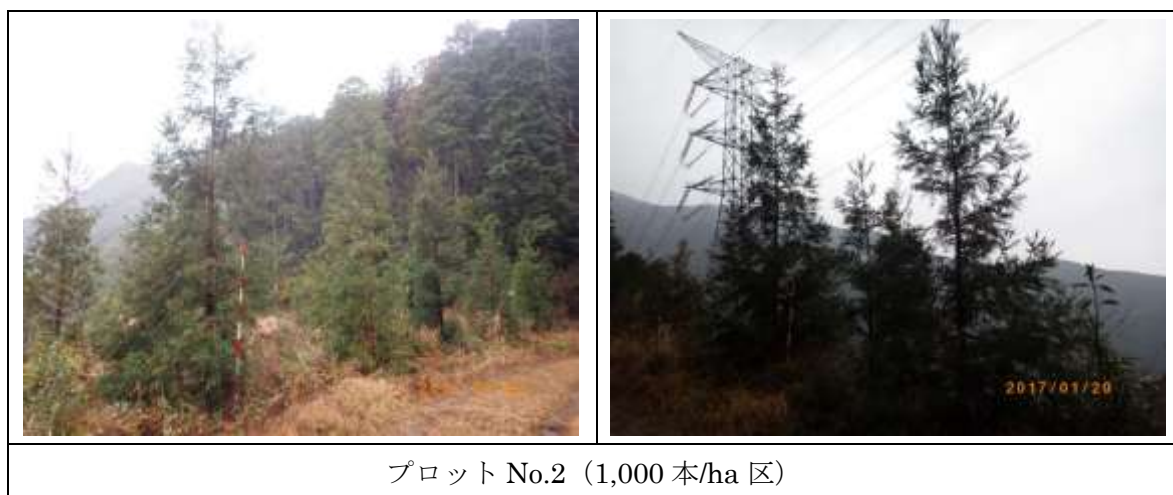
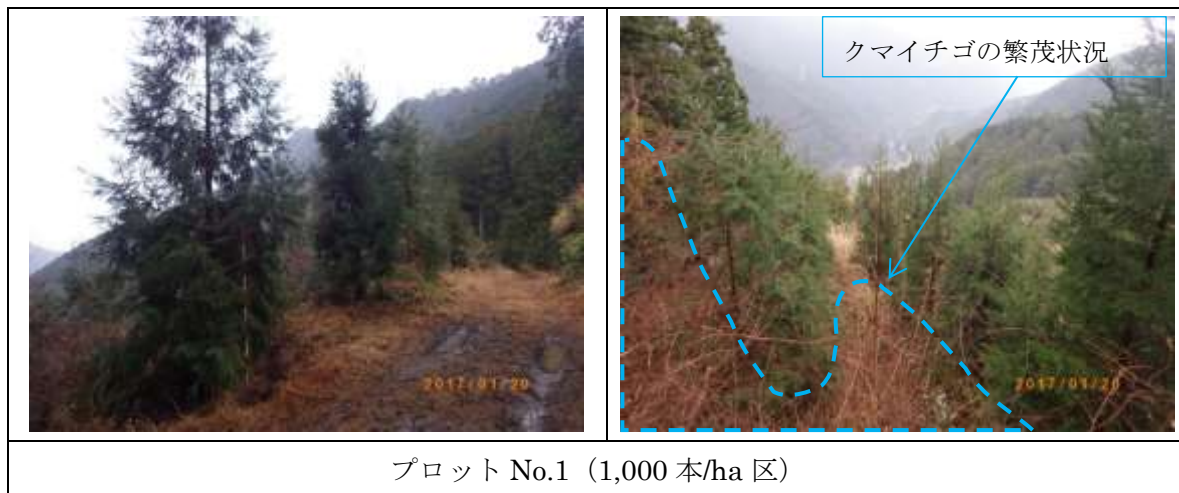
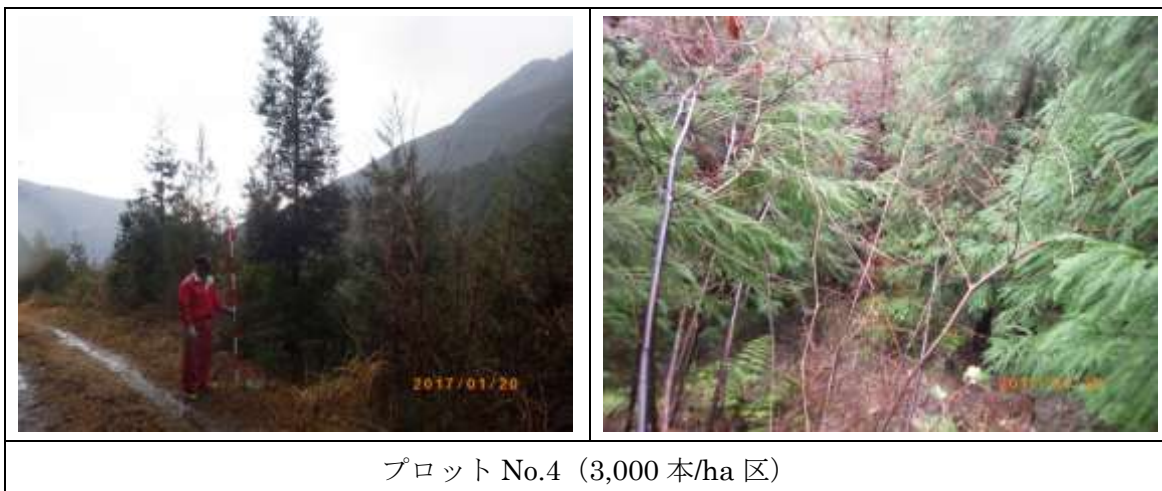


図 4.2.7 愛媛県新居浜市

④現地写真





(4) 愛媛県 松山市 食場町 (県有林横谷事業所)

①位置図

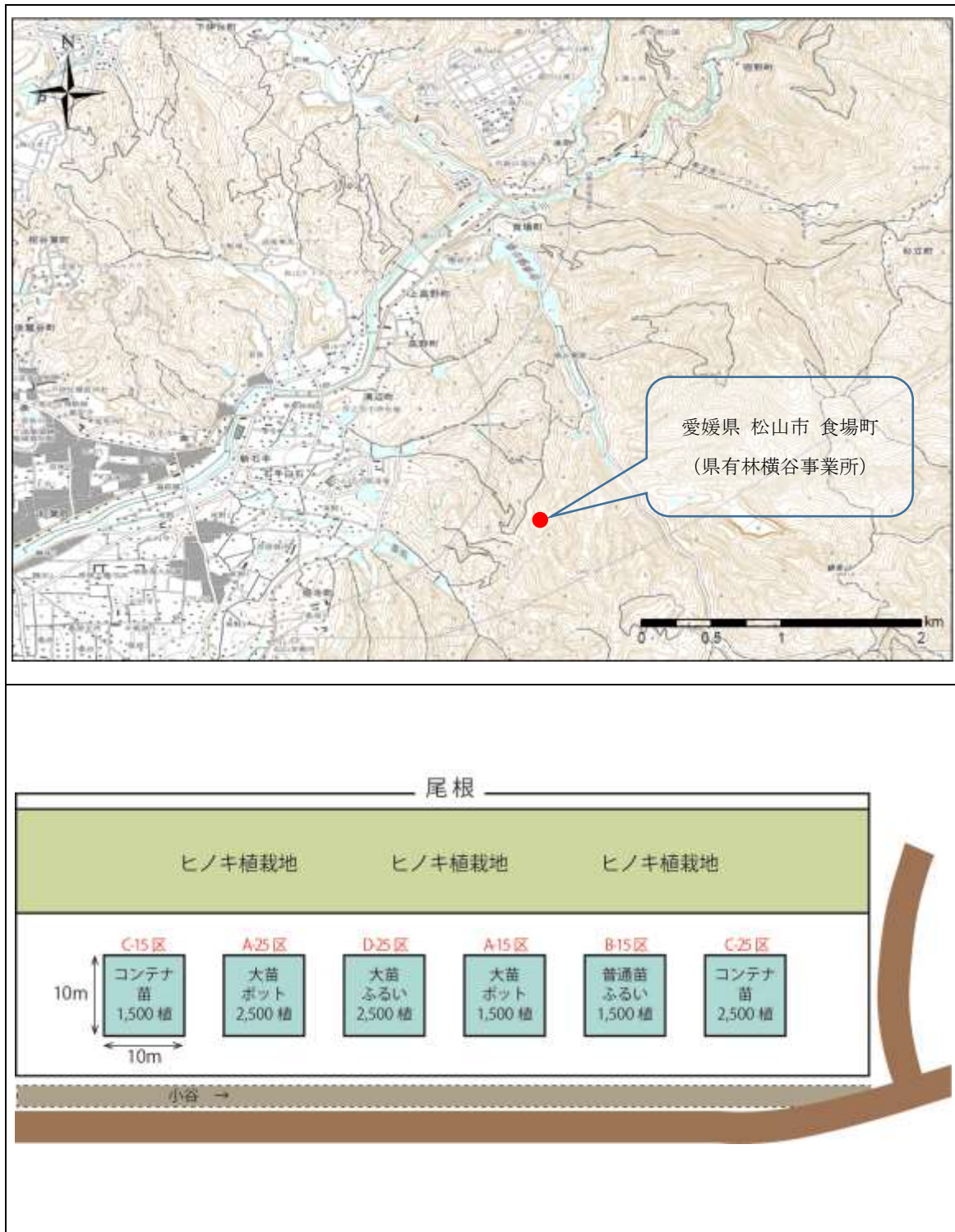


図 4.2.8 低密度植栽地位置図 (愛媛県松山市)

②現地概要

所在地	愛媛県松山市食場町（県有林横谷事業所）
面 積	0.04ha 大苗ポット 1,500 本区：0.01ha 大苗ポット 2,500 本区：0.01ha 普通コンテナ苗 1,500 本区：0.01ha 普通コンテナ苗 2,500 本区：0.01ha
樹 種	スギ 大苗ポット苗：林業研究センターで育成した愛媛県精英樹の挿し木苗 普通苗[300cc]：県内種苗会社から入手
植栽年	2013 年 4、5 月（4 年生）
標 高	約 230m
傾斜角	約 33°
斜面方位	W、SW
平均気温 / 降水量	16.5℃ / 1,314.9mm / 年 （平年値、松山市）
土 壌	褐色森林土
施業履歴	皆 伐：2012 年 11 月 下刈り等： 植栽 1 年目（2013 年）両区とも下刈り無し。 植栽 2 年目（2014 年）大苗区・下刈り無し、普通苗区・下刈り実施。 植栽 3 年目（2015 年）大苗区・下刈り無し、普通苗区・下刈り実施。 植栽 4 年目（2016 年）大苗区・灌木を除伐、普通苗区・下刈り実施。
現地概要	・本調査地は愛媛県林業研究センターの横谷試験地であり、皆伐跡地にスギのエリートツリー・大苗と従来型の普通コンテナ苗の植栽を実施している。エリートツリーと大苗の長所を組み合わせた下刈り回数の削減による低コスト造林を実証することを目的としている。 ・2013 年春に 10m×10m の 4 試験地を設置し、大苗（苗高 80～120cm のポット苗）、普通苗（コンテナ苗）をそれぞれ 1,500 本/ha、2,500 本/ha の密度で植栽を実施（ふるい苗も植栽したが獣害により消滅）。 ・下刈りは普通苗区においては植栽 2 年目から実施しており、大苗区は未実施であるが、植栽から 4 年目（H28 年）に灌木のみ除伐を実施した。シカ、ノウサギの生息地であり植栽直後に特に大苗区以外で食害を受けた。また昨年度にはシンクイムシの発生があり食痕が確認された。
施業工程・経費等	－

③現地調査結果

密度別 調査区	大苗 1,500 本/ha (低密度植栽区)		大苗 2,500 本/ha (比較対照区)		普通 1,500 本/ha (低密度植栽区)		普通 2,500 本/ha (比較対照区)	
調査日	2017 年 1 月 18 日		2017 年 1 月 18 日		2017 年 1 月 18 日		2017 年 1 月 18 日	
調査プロット	プロット A15 (10×10m)		プロット A25 (10×10m)		プロット C15 (10×10m)		プロット C25 (10×10m)	
植栽木/侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数 (本)	1,400	0	2,400	0	1,500	0	2,400	0
平均樹高 (m)	2.7	—	2.8	—	2.0	—	2.6	—
平均根元径 (cm)	4.1	—	4.6	—	3.2	—	4.0	—
調査概況	・プロットは大苗ポット 1,500 本/ha 区、普通コンテナ苗 1,500 本/ha 区に設定し対照区を大苗ポット 2,500 本/ha 区、普通コンテナ苗 2,500 本/ha 区に設定した。 ・平均根元径や樹高からは大苗の密度による成長の違いは確認されなかった。コンテナ苗については若干 2,500 本/ha の方が平均樹高、平均根元径ともに大きい。 ・大苗、コンテナ苗それぞれを散布図で見ると、コンテナ苗の方がばらつきが大きいことが分かる。コンテナ苗区についてはノウサギ等の食害の影響が表れていると考えられる。 ・植栽後約 4 年程度であり、植栽密度別の成長の違いはみられなかった。 ・主な侵入木としては、アカメガシワ、タラノキ、ヒサカキ、シロダモ、カラスザンショウ、クマイチゴ、コシダ、ウラジロ、ススキが確認された。							

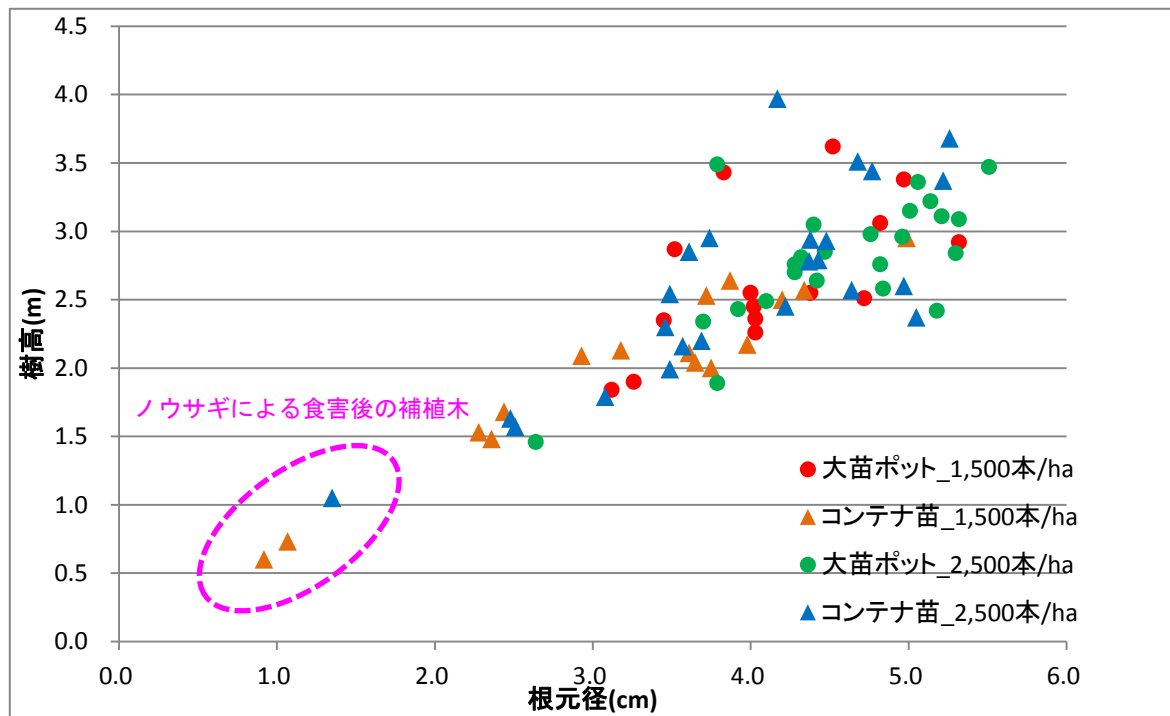


図 4.2.9 愛媛県宇和島市津島町

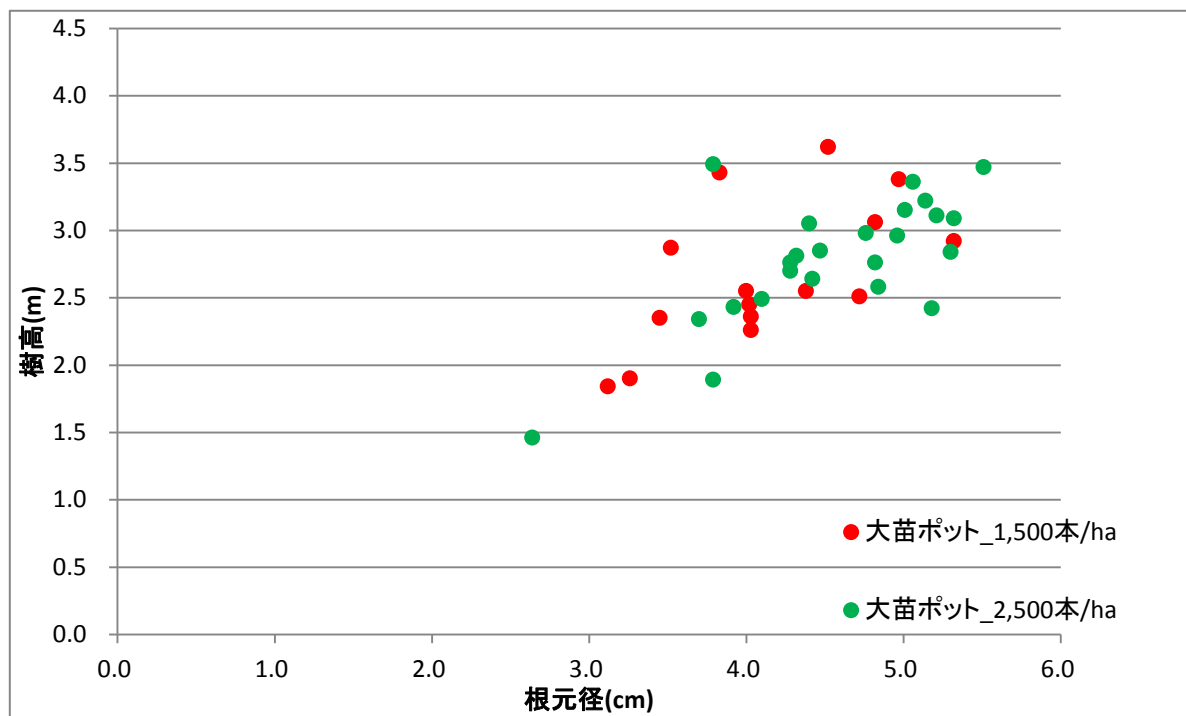


図 4.2.9-1 愛媛県宇和島市津島町（大苗の密度別散布図）

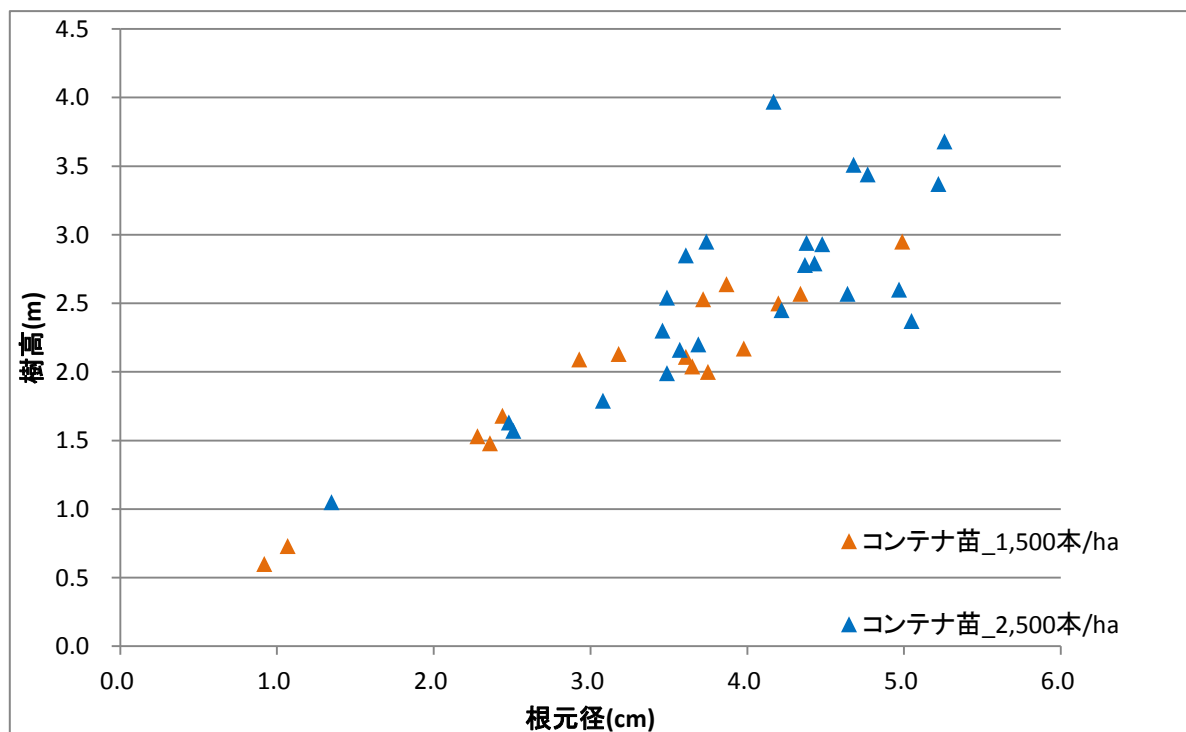
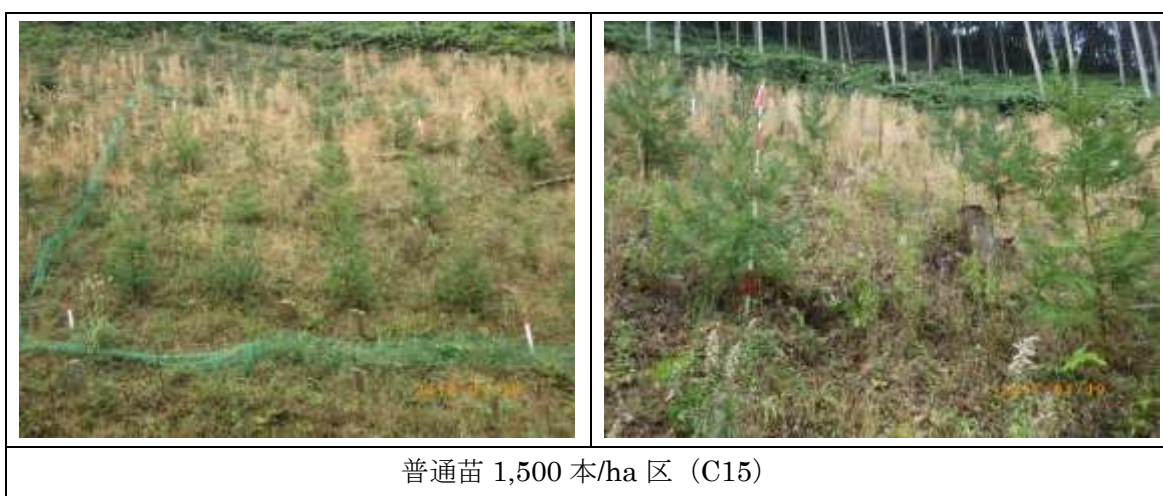
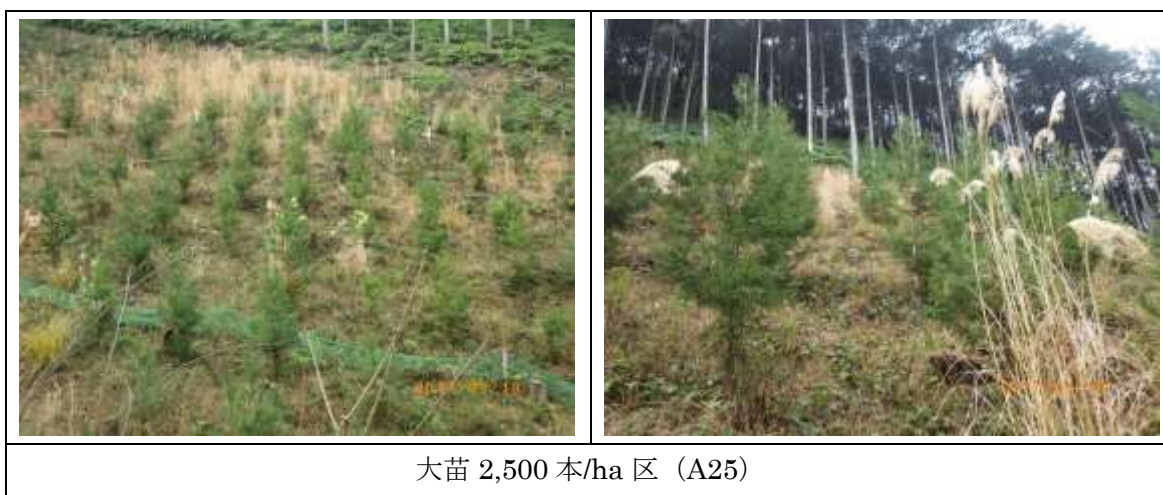
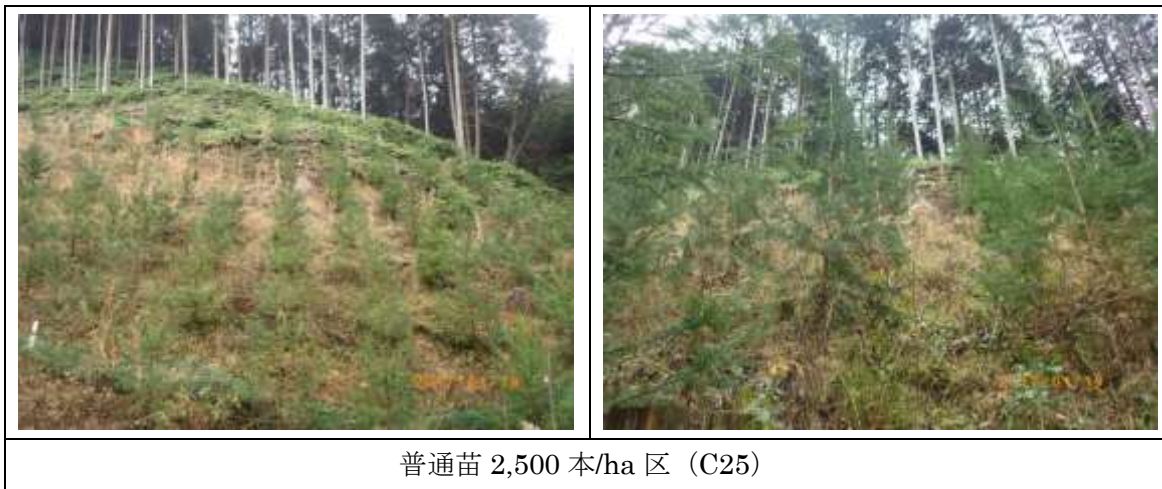


図 4.2.9-2 愛媛県宇和島市津島町（コンテナ苗の密度別散布図）

④現地写真





(5) 愛媛県 宇和島市 津島町 (県有林御槇事業所)

①位置図

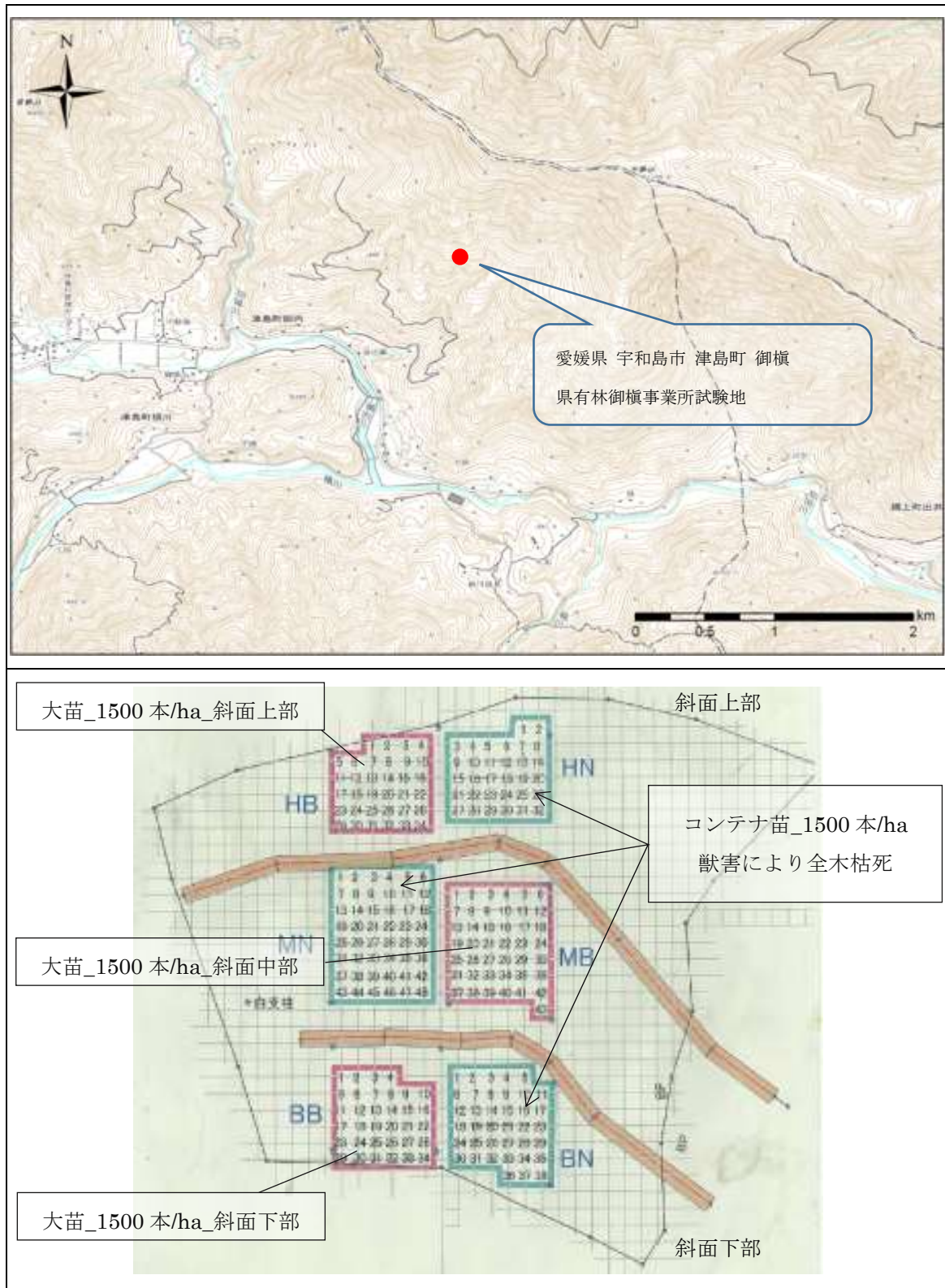


図 4.2.10 低密度植栽地位置図 (愛媛県宇和島市津島町)

②現地概要

所在地	愛媛県宇和島市津島町御槇（県有林御槇事業所試験地）
面積	0.15ha ・大 苗 1500 本/ha：斜面上部 0.023ha、斜面中部 0.035ha、 斜面下部 0.020ha ・普通苗 1,500 本/ha：斜面上部 0.021ha、斜面中部 0.032ha、 斜面下部 0.023ha
樹 種	スギ 大苗ポット苗：林業研究センターで育成した愛媛県精英樹の挿し木苗 普通苗[300cc]：県内種苗会社から入手
植栽年	2014 年 3 月（3 年生）
標 高	約 570m
傾斜角	約 35°
斜面方位	N
平均気温 / 降水量	16.8℃ / 1,648.5mm / 年 （平年値、宇和島）
土 壌	黒ボク土
施業履歴	皆 伐：2013 年 11 月 下刈り：植栽 1 年目は下刈り無し。ススキの繁茂が特に著しかったプロット（BB）のみ、2016 年 6 月下旬に下刈りを実施。
現地概要	・本調査地は愛媛県林業研究センターの御槇試験地であり、皆伐跡地にスギのエリートツリー大苗（ポット）と従来型の普通苗（コンテナ苗）の低密度植栽を実施している。エリートツリーと大苗の長所を組み合わせた下刈り回数の削減による低コスト造林を実証することを目的としている（横谷試験地と同様の目的）。 ・2013 年春に斜面条件別に 6 試験地を設置し、大苗区（苗高 80～120cm ポット苗）、普通苗区（コンテナ苗） 共に 1,500 本/ha の密度で植栽を実施している。 ・当地域ではシカの食害が甚大であるため植栽に先んじて海苔網を設置していたが、植栽の翌年（2014 年 4 月）には網が破られ植栽木に食害を受けた。また、同時期にノウサギの食害も受けており、コンテナ苗区では同年 9 月までにすべての植栽木が食害を受け、そのほとんどが枯死した。同年 12 月以降は目の細かい獣害防止ネットを設置したためニホンジカによる侵入・食害を抑えられたがノウサギによる食害は続き、2015 年 3 月には大苗区においても食害が確認された。
施業工期・経費等	—

③現地調査結果

本調査地は、比較対照区の普通苗区すべての苗が食害により一度枯死していることから、今回は大苗の3試験区について調査を実施した。

密度別調査区	大苗 1,500 本/ha 区 (斜面上部)		大苗 1,500 本/ha 区 (斜面中部)		大苗 1,500 本/ha 区 (斜面下部)	
調査日	2017 年 1 月 17 日		2017 年 1 月 17 日		2017 年 1 月 18 日	
調査プロット	プロット HB 約 15.5m×15.5m		プロット MB 約 15.5m×18m		プロット BB 約 15.5m×15.5m	
植栽木/侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数 (本)	1,412 本	0 本	1,465 本	36 本	1,500 本	0 本
平均樹高 (m)	2.1	—	2.3	—	2.4	—
平均根元径 (cm)	3.6	—	3.7	—	4.0	—
調査概況	・本試験地は濃淡はあるものの、ほぼ全域にススキとホウロクイチゴが繁茂している。ススキによる被圧が特に著しい斜面下部の大苗プロット (BB) のみ、2016 年 6 月下旬に下刈りが実施された。植栽は伐採後すぐに実施されたため木本類の侵入は少ないが、伐採前から林縁に生育していたススキの分布が拡大し、植栽から 2 年経過した今年度から特にススキの繁茂が目立つようになった。ススキは 2m 前後の高さであり、大苗でなければ完全に被圧されてしまう状況である。 ・林業研究センターでは、第一成長期期末時点で試験地内において山川ら (2013) の C1～C4 が認められたため、競合状態別の樹高・直径成長量を比較し分析している。その結果、樹高成長量は C4 が C2 に比べて有意に低く、肥大成長量は C4 が C1、C2 に比べ有意に低かった。また植栽時苗高 100cm、期末樹高 120cm 以上の植栽木はシカの頂芽食害を受けなかったと報告している (「平成 26 年度業務成績報告書」：愛媛県農林水産研究所 林業研究センター)。 ・今回の調査時にもノウサギの食害木を確認し、高いものでは 100cm 位置に食害を受けていた。シカの食害のうち頂芽食害の発生状況を散布図に示した (図 4.2.11)。頂芽食害は各プロットで 4～9 本程度発生していた。なお、ホウロクイチゴの繁茂によりシカの害による影響にばら付きがある可能性がある。 ・侵入木はススキ、ホウロクイチゴ、ナガバノモミジイチゴ、クマイチゴ、コシダ、ヒサカキ、アカメガシワ、ヌルデを確認し、下刈りを実施した斜面下部プロットは他プロットに比べコシダが多数確認された。 ・現段階では斜面位置による成長状況の違いは表れていない。今後も県林業研究センターでは大苗による低コスト及び獣害の発生について分析していく。					

※侵入木については、樹高 0.5m 以上のものについて、樹高のみを記載した。

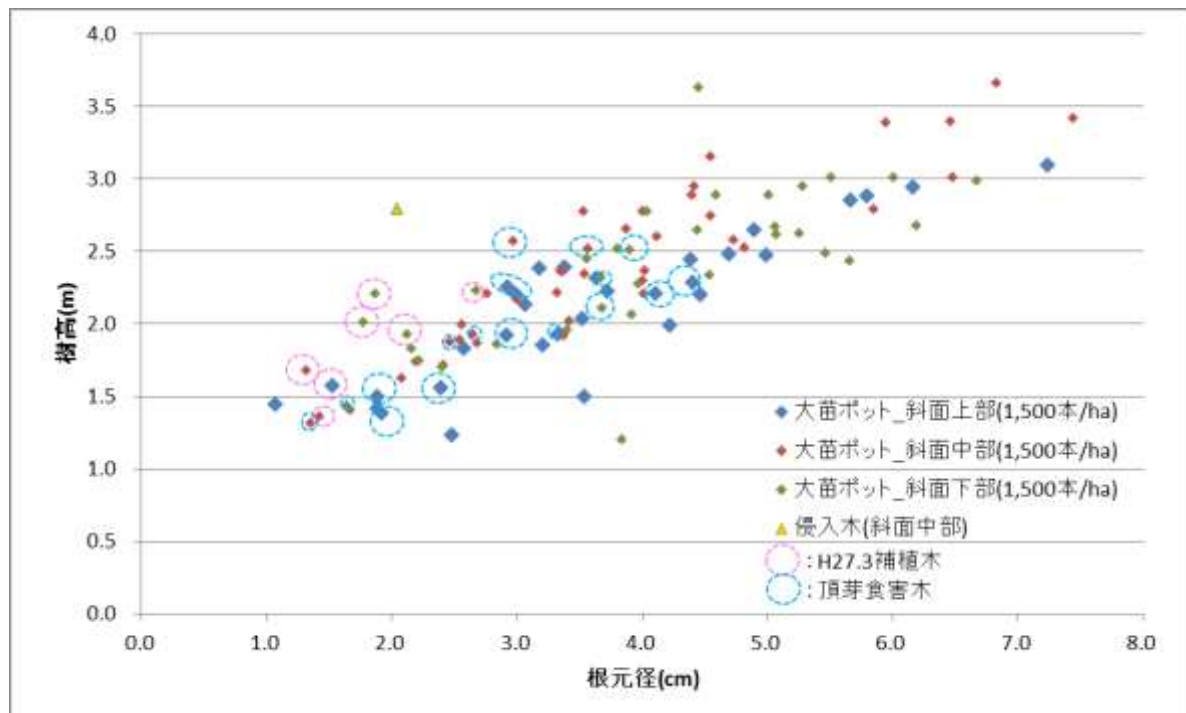


図 4.2.11 愛媛県宇和島市御檜（大苗試験区）

④現地写真

	
大苗 1,500 本/ha_斜面上部 (プロット HB)	植栽木の状況 (プロット HB)
	
食害による枯死状況 (プロット HB)	食害の発生状況 (プロット HB)
	
大苗 1,500 本/ha_斜面中部 (プロット MB)	植栽木の状況 (プロット MB)

	
大苗 1,500 本/ha_斜面下部 (プロット BB)	植栽木の状況 (プロット BB)
	
普通苗 1,500 本/ha_斜面上部 (プロット HN)	普通苗 1,500 本/ha_斜面中部 (プロット MN)
	
普通苗 1,500 本/ha_斜面下部 (プロット BN)	試験地全景

(6) 大分県 佐伯市 茅野国有林

①位置図

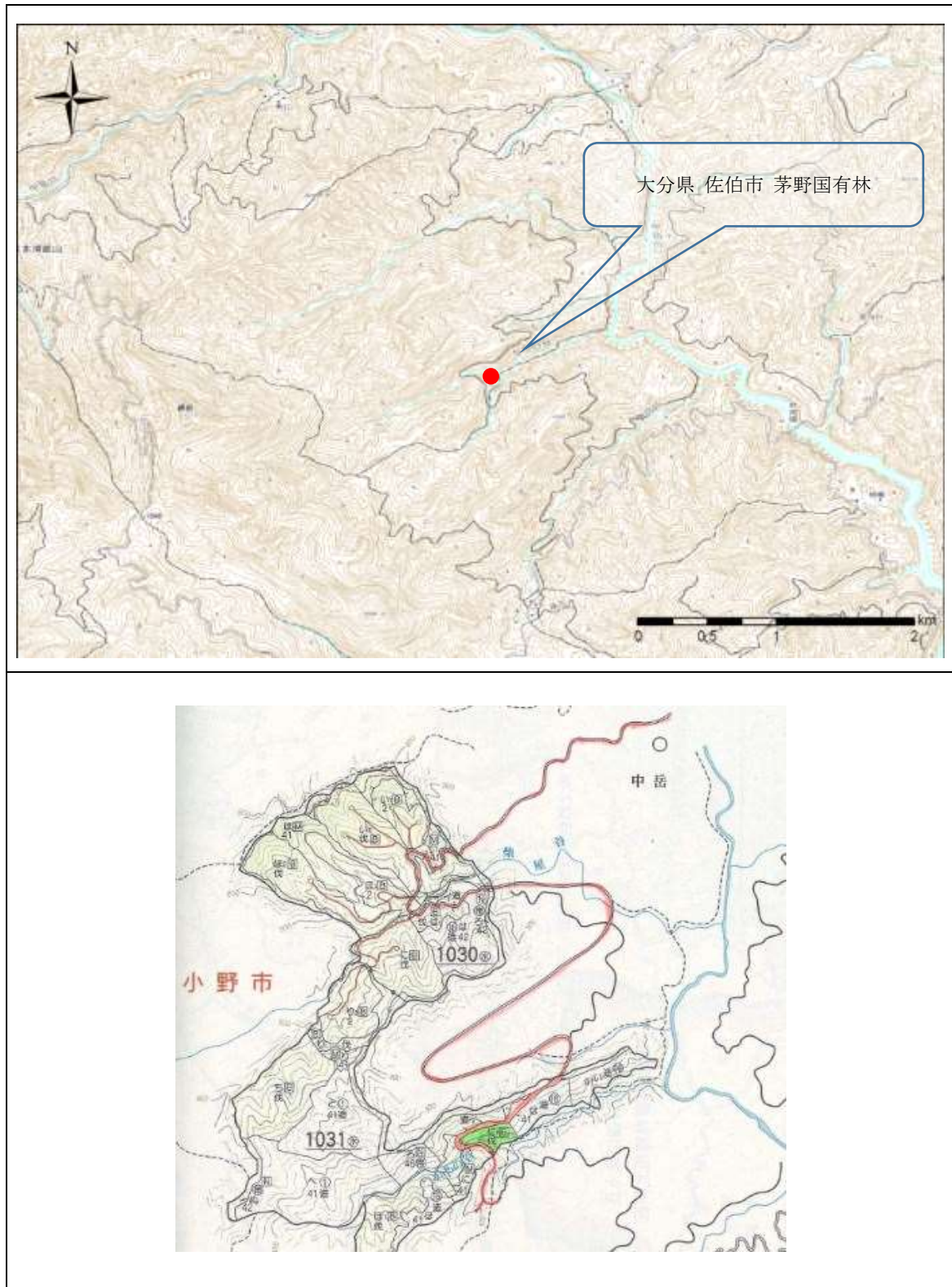


図 4.2.12 低密度植栽地位置図 (大分県佐伯市茅野国有林)

②現地概要

所在地	大分県佐伯市（茅野国有林）1031 林班に 1 小班
面積	0.25ha
樹 種	スギ（大苗：平均苗高 160cm） 2 年生スギ挿し木苗を不織布ポット（径 18cm、高さ 20cm）に移植し 1 年育苗の 3 年生苗
植栽年	平成 25 年 2 月（4 年生）
標 高	約 190m
傾斜角	約 5°（ほぼ平坦地）
斜面方位	—
平均気温 / 降水量	17.4℃ / 2,317.0mm / 年 （平年値、佐伯市）
土 壌	褐色森林土（崩積土）
施業履歴	皆 伐：平成 21 年
現地概要	・本試験地は大分森林管理署が設定したスギポット大苗の植栽試験地である。 ・平成 22 年 3 月にスギ普通苗を植栽するも、シカ食害にあい植栽苗の 80%以上が枯損する。平成 25 年 2 月にポット大苗を植栽し試験林を設定した場所である。 ・地形的には斜面下部の平坦地で、礫質の崩積土壌である。シカ密度が非常に高い場所である。植生はタケニグサやワラビ類が認められる。
施業工程・経費等	苗木価格 630 円／本

③現地調査結果

密度別調査区	大苗 1,000 本/ha	
調査日	2016 年 12 月 18 日	
調査プロット	プロット No.1 (15m×35m)	
植栽木/侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数（本）	781 本	0 本
平均樹高（m）	4.2m	—
平均胸高径（cm）	6.1cm	—
平均最大樹冠幅（m）	1.6m	—
平均最大生枝下高（m）	1.0m	—
調査概況	・平坦地と斜面地にそれぞれプロットがあるが、平坦地の方で調査を行った。侵入木はなかったが、平成 22 年 3 月植栽の盆栽状になっているスギ個体がプロット内に 7 本確認された。樹高は 0.56～1.20 m（平均 0.9m）であった。	

	- 大苗植栽木の内、枯死及び消失したものが 22%であった。残りの生存個体の内、約 3 割がシカによる皮剥ぎや食害に起因する叉木や盆栽状樹形となっていた。 - 高額なポット大苗を用いて植栽したが、シカ被害により 4 年生段階で樹幹形質に問題なく生育しているのは植栽本数の 35%であった。シカ被害が大きい場所での、その対策としての大苗植栽については、今後の継続調査結果を得て、評価を下す必要があると考える。
--	--

※侵入木については、樹高 0.5m 以上のものについて、樹高のみを記載した。

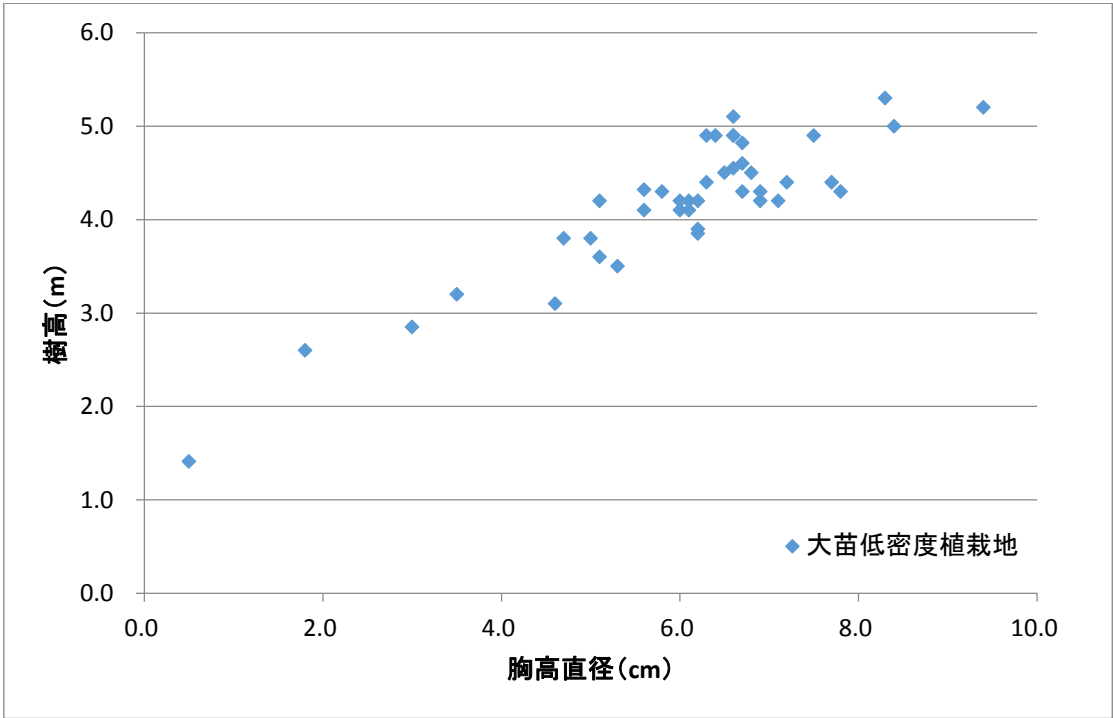


図 4.2.13 大分県佐伯市茅野国有林

④現地写真

	
ポット大苗植栽調査地の遠景	ポット大苗植栽調査地内の植栽木の状況

	
シカによる皮剥ぎ被害	シカによる皮剥ぎ被害

	
盆栽状になったスギ前植栽木	盆栽状になったスギ前植栽木

(7) 長崎県 諫早市 久山町

①位置図

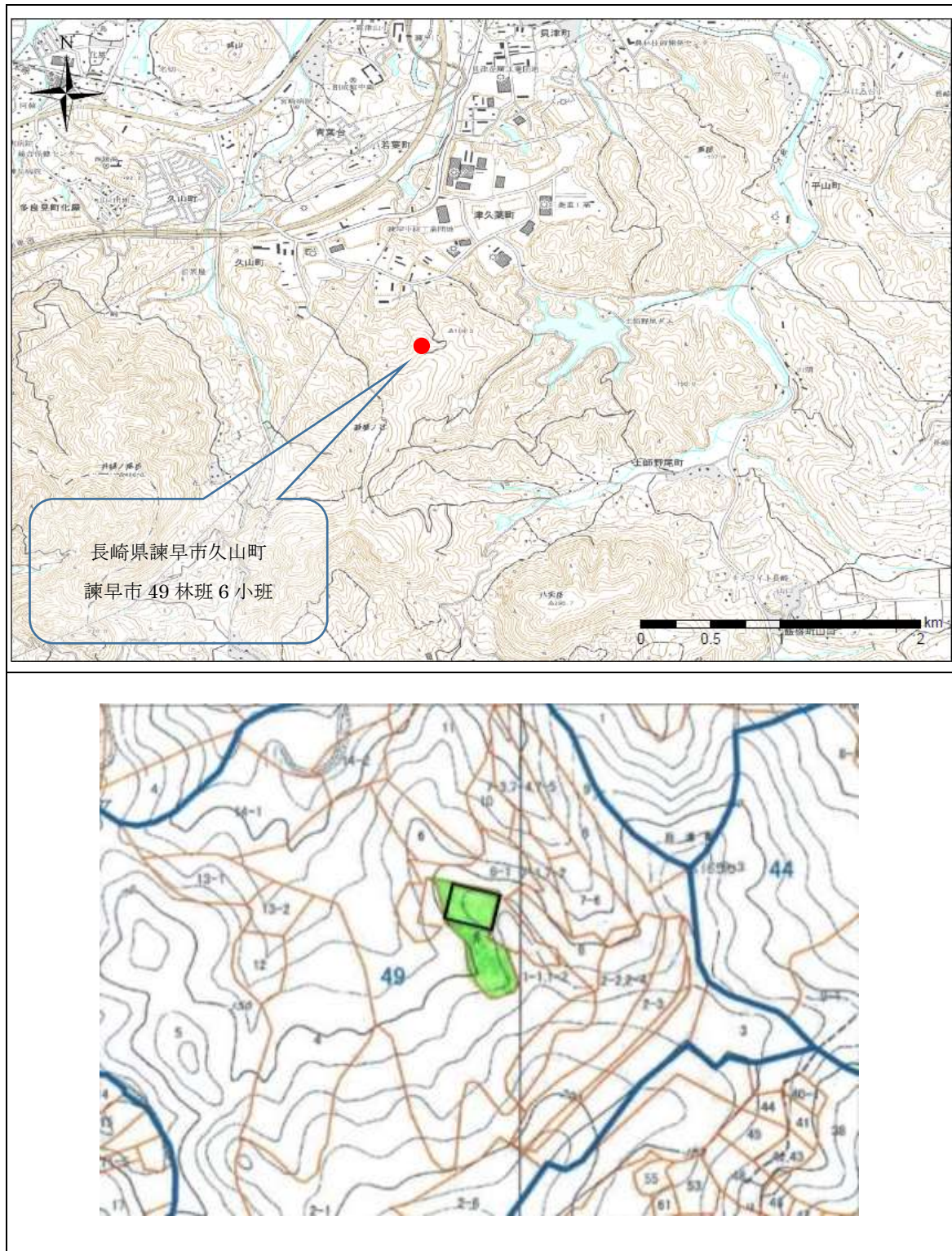


図 4.2.14 低密度植栽地位置図（長崎県諫早市久山町）

②現地概要

所在地	長崎県諫早市久山町（諫早市 49 林班 6 小班）
面積	0.28ha
樹 種	ヒノキ
植栽年	H22 年 3 月（7 年生）
標 高	140m
傾斜角	P1&P2 18°、P3 平坦&P4 16°、P5&P6 22°
斜面方位	P1&P2 WNW、P3 平坦&P4 WNW、P5&P6 SSW
平均気温 / 降水量	17.3℃ / 2,139.4mm / 年 （平年値、諫早市）
土 壌	褐色森林土～乾性褐色森林土
施業履歴	皆 伐：H21 年 下刈り：H22～27 年まで実施。
現地概要	ヒノキ風倒被害跡地
施業工程・経費等	植栽作業の人工数は 3,000 本＞1,500 本＞1,000 本。それぞれ 22.0、12.2、8.2 人・日/ha であった。植栽作業費用でそれぞれ約 210、120、80 千円/ha であった。 下刈り作業の人工数は全刈りで植栽 1 年目+2 年目の合算で 3,000 本＞1,500 本＞1,000 本。それぞれ 8.3、6.9、6.5 人・日/ha であった。 植栽 4 年目までの下刈り作業費用は 3,000 本＞1,000 本＞1,500 本で約 240、200、180 千円/ha であった。

③現地調査結果

密度別調査区	1,000 本/ha		1,500 本/ha		3,000 本/ha	
調査日	2016 年 11 月 24 日		2016 年 11 月 24 日		2016 年 11 月 24 日	
調査プロット	P1 & P2 10m×10m×2 箇所		P3 & P4 10m×10m×2 箇所		P5 & P6 10m×10m×2 箇所	
植栽木/侵入木	ヒノキ	侵入木	ヒノキ	侵入木	ヒノキ	侵入木
ha 当り本数(本)	1,150 本	0 本	1,100 本	0 本	2,350 本	0 本
平均樹高 (m)	3.1m	-	2.7m	-	3.5m	-
平均直径 (cm)	2.8cm	-	2.4cm	-	3.7cm	-
平均最大樹冠幅 (m)	1.5m	-	1.5m	-	1.8m	-
平均最大生枝下高(m)	0.3m	-	0.3m	-	0.4m	-
調査概況	・本試験地は長崎県農林技術開発センターが久山生産森林組合林に設定したヒノキの密度試験地である。 ・本試験地の内、1,000 本区、1,500 本区、3,000 本区で全刈り処理区（冬期全刈り区も含め）において調査を実施した。					

	・各植栽密度処理区が斜面傾斜角や斜面方位が異なることから明らかなように立地差が密度処理に入っている。 ・尾根部の凸平坦部から概ね北西と南西に広がる斜面上に設定された試験地である。ヒノキ風倒跡地からも分かるように風衝地である。3,000 本区が成長が良いのは南南西斜面であり、1,500 本区が良くないのは一部の処理区が尾根平坦部の風衝乾燥地に位置していることによる。1,000 本区、1,500 本区、3,000 本区それぞれ平均最大樹冠幅 1.5m、1.5m、1.8m、平均生枝下高 0.3m、0.3m、0.4m と同レベルであった。閉鎖には未だ至らず。下刈りは 3,000 本区ではほぼ終了と判断して良いのではないかと考える。
--	--

※侵入木については、樹高 0.5m 以上のものについて、樹高のみを記載した。

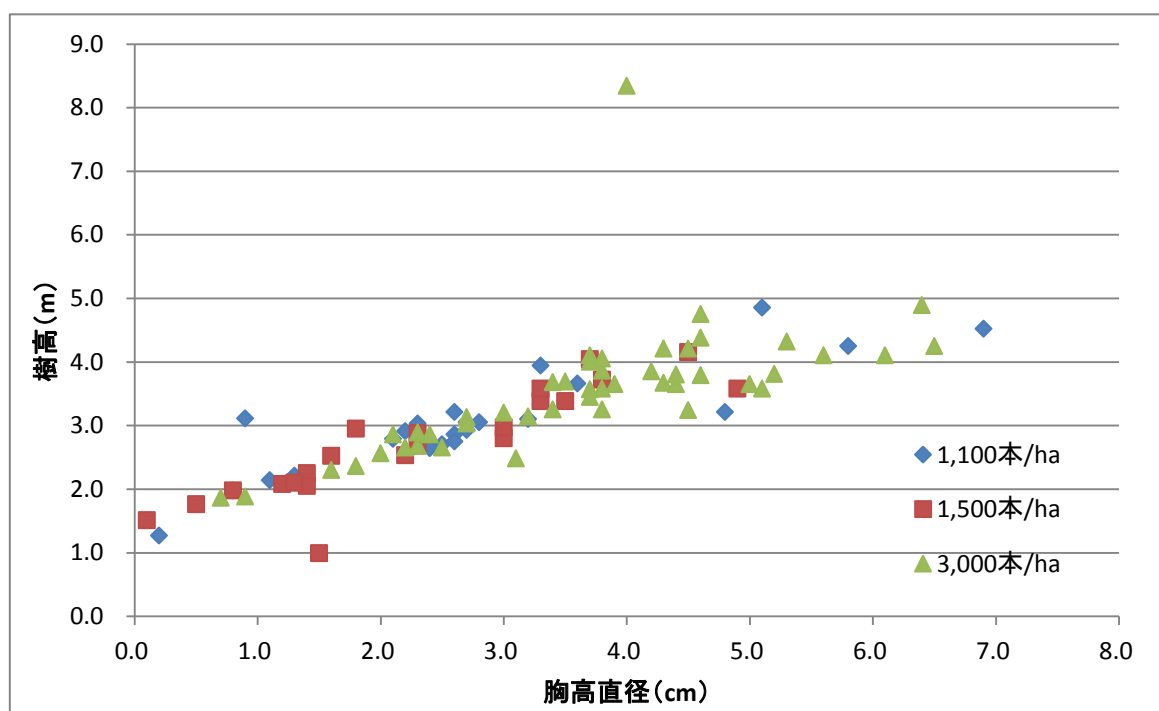


図 4.2.15 長崎県諫早市久山町

④現地写真

	
ヒノキ苗 1,000 本/ha_斜面上部 (P1)	ヒノキ苗 1,000 本/ha_斜面下部 (P2)
	
ヒノキ苗 1,500 本/ha_斜面上部 (P3)	ヒノキ苗 1,500 本/ha_斜面下部 (P4)
	
ヒノキ苗 3,000 本/ha_斜面上部 (P5)	ヒノキ苗 3,000 本/ha_斜面下部 (P6)

(8) 長崎県 諫早市 富川町

①位置図

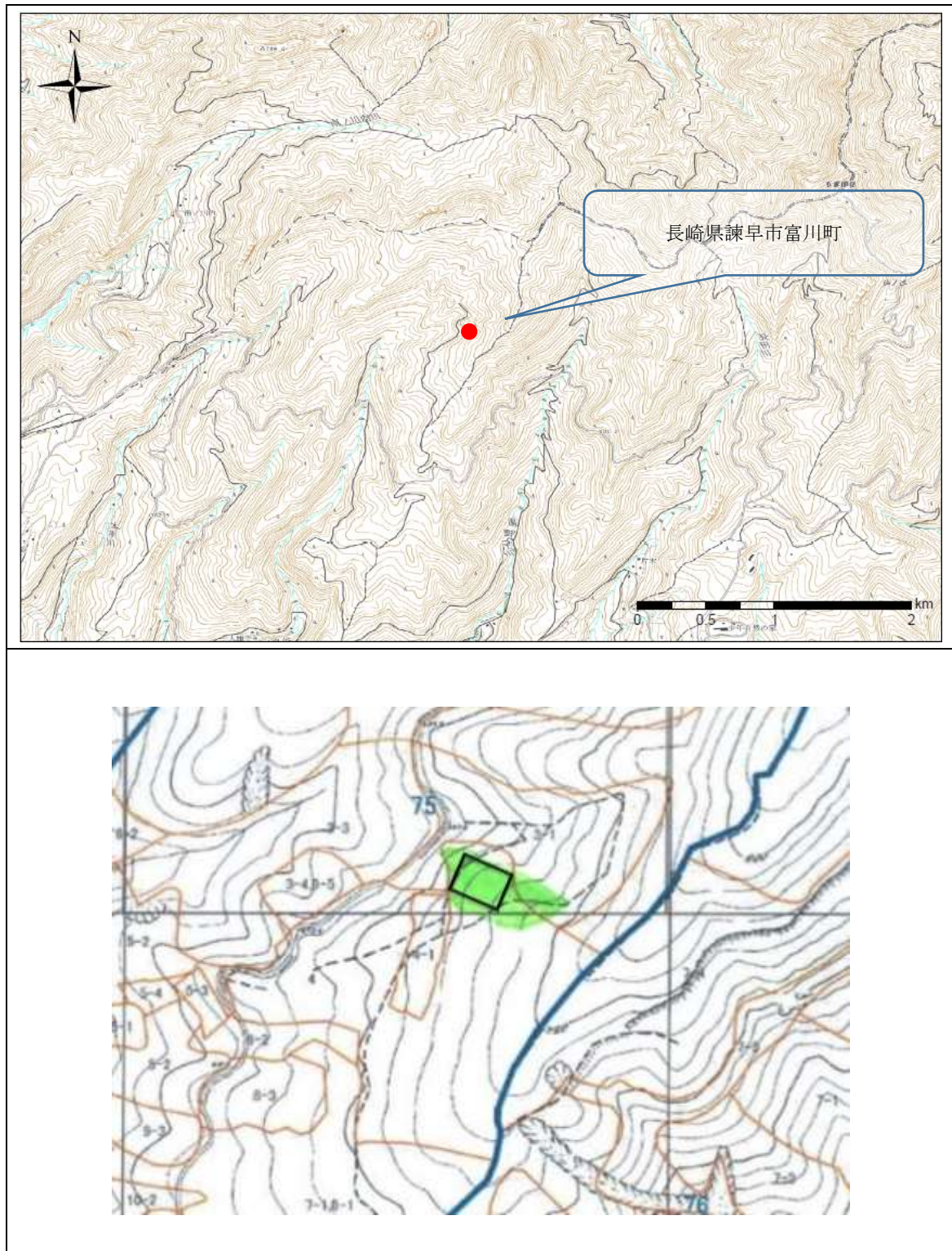


図 4.2.16 低密度植栽地位置図（長崎県諫早富川町）

②現地概要

所在地	長崎県諫早市富川町（諫早市 75 林班 4 小班）
面積	0.28ha
樹 種	ヒノキ
植栽年	H22 年 3 月（7 年生）
標 高	700m
傾斜角	28°
斜面方位	NW
平均気温 / 降水量	17.3℃ / 2,139.4mm / 年 （平年値、諫早市）
土 壌	褐色森林土～乾性褐色森林土
施業履歴	皆 伐：H21 年 下刈り：H22 年の植栽初年は雑草木の繁茂が少なく省略。その後 H23～H27 年まで実施。
現地概要	ヒノキ林の風倒被害跡地（一部スギ植栽あり）
施業工期・経費等	植栽作業の人工数は 3,000 本＞1,500 本＞1,000 本。それぞれ 16.1、12.6、11.0 人・日/ha であった。植栽作業費用でそれぞれ約 151、120、110 千円/ha であった。 下刈り作業の人工数は植栽 2 年目の全刈り初実施で 3,000 本＞1,500 本＞1,000 本。それぞれ 5.7、5.2、4.4 人・日/ha であった。下刈り作業費用は 4 年目までで約 230、210、190 千円/ha であった。

③現地調査結果

密度別調査区	1,500 本/ha		3,000 本/ha			
調査日	2016 年 11 月 25 日		2016 年 11 月 25 日			
調査プロット	P1 & P2 10m×10m×2 箇所		P3 & P4 10m×10m×2 箇所			
植栽木/侵入木	ヒノキ	侵入木	ヒノキ	侵入木		
ha 当り本数(本)	1,700 本	300 本	2,900 本	300 本		
平均樹高 (m)	3.1m	1.9m	3.4m	2.0m		
平均直径 (cm)	3.4cm	0.9cm	3.6cm	0.8cm		
平均最大樹冠幅 (m)	1.6m	—	1.7m	—		
平均最大生枝下高(m)	0.3m	—	0.3m	—		
調査概況	・本試験地は長崎県農林技術開発センターが大山共有林に設定したヒノキの密度試験地である。 ・本試験地の内、1,500 本区、3,000 本区で全刈り処理区（冬期全刈り区も含め）において調査を実施した。					

	・1,500 本区も 3,000 本区もそれぞれ平均最大樹冠幅 1.6m、1.7m、平均生枝下高 0.3m、0.3m と同レベルで、閉鎖には至っていない。 ・ヒノキの樹高からすると、いずれの林分でも下刈りは終了と判断しても良いが、ツル類に巻かれた個体もあることから今後は除伐・ツル切り作業を適切な時期に実施していくことが必要である。
--	---

※侵入木については、樹高 0.5m 以上のものについて、樹高のみを記載した。

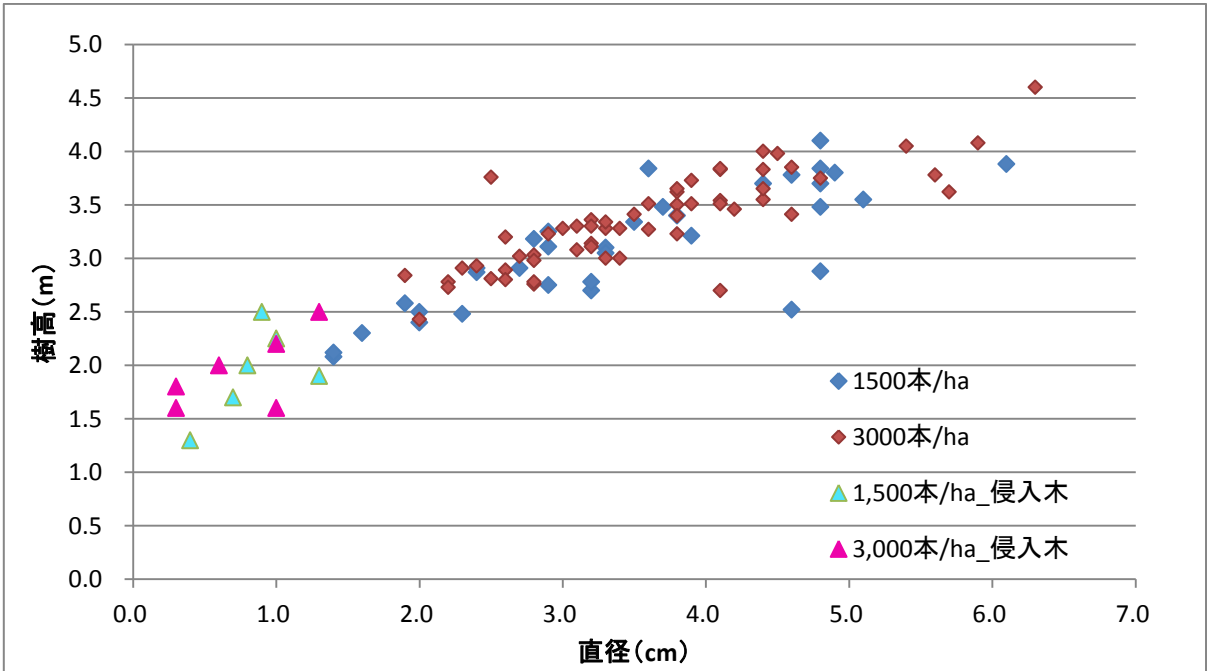


図 4.2.17 長崎県諫早市富川町

④現地写真

	
ヒノキ苗 1,500 本/ha_斜面上部 (P1)	ヒノキ苗 1,500 本/ha_斜面下部 (P2)
	
ヒノキ苗 3,000 本/ha_斜面上部 (P3)	ヒノキ苗 3,000 本/ha_斜面下部 (P4)
	
未閉鎖で ツル類の繁茂が今後の問題	梢端がツルに絡まれたヒノキ (左側)

(9) 熊本県 人吉市 (高仁田国有林)

①位置図

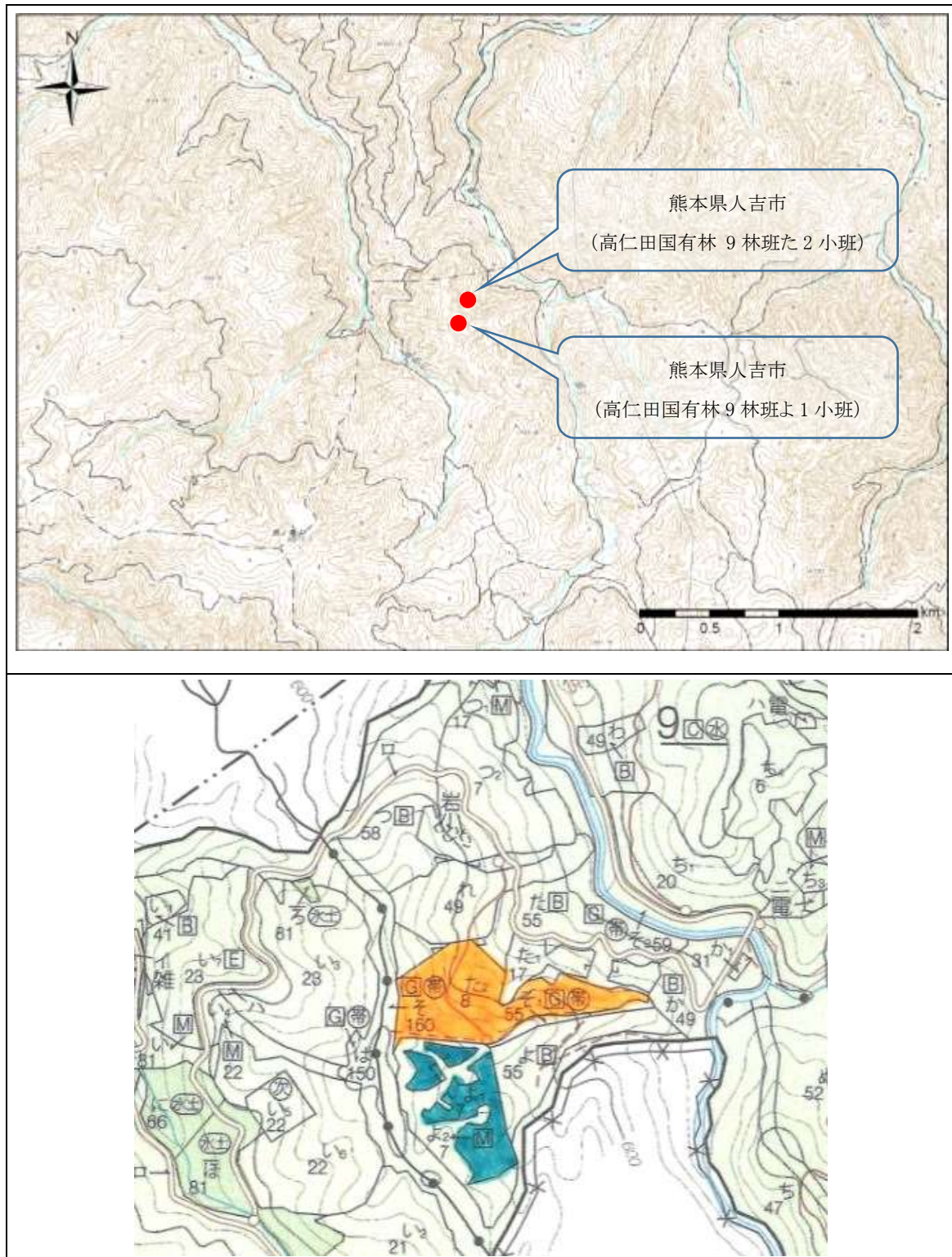


図 4.2.18 低密度植栽地位置図 (熊本県人吉市高仁田国有林)

1,500 本区 (黄色 : 9 林班た 2 小班)、2,000 本区 (青色 : 9 林班よ 1 小班)

②現地概要

所在地	熊本県人吉市（高仁田国有林）9 林班た 2 小班・よ 1 小班
面積	1,500 本/ha 区 9 た 2（3.89ha）、2,000 本/ha 区 9 よ 1（2.52ha）
樹 種	ヒノキ
植栽年	9 た 2：H17 年 2 月（12 年生）、9 よ 1：H18 年 3 月（11 年生）
標 高	9 た 2 660m、9 よ 1 640m
傾斜角	9 た 2 33°、9 よ 1 27°
斜面方位	9 た 2 NE、9 よ 1 W
平均気温 / 降水量	16.7℃ / 998.2mm / 年 （平年値、人吉市）
土 壤	乾性褐色森林土
施業履歴	皆 伐：9 た 2（H16 年）、9 よ 1（不明：H17～18 年） 地拵え：9 た 2（なし）、9 よ 1（H18 年 1 月） 下刈り：いずれも記録なし ツル切り：9 た 2（H17 年 8 月） 除伐：9 た 2（H28 年 6 月）、9 よ 1（H27 年 9 月）
現地概要	・九州森林管理局が H16 年度から H18 年度まで 3 年間に渡って設定した低密度試験地の 1 箇所で、熊本南部署管内にある。 ・植栽年が一年違いの隣接林分（9 よ 1）と対で試験地とされている。
施業工程・経費等	

③現地調査結果

密度別調査区	1,500 本/ha		2,000 本/ha	
調査日	2016 年 11 月 22 日		2016 年 11 月 22 日	
調査プロット	P1 10m×30m		P2 10m×20m	
植栽木/侵入木	ヒノキ	侵入木	ヒノキ	侵入木
ha 当り本数（本）	1,233 本	167 本	1,650 本	200 本
平均樹高（m）	6.5m	5.9m	5.8m	5.5m
平均直径（cm）	12.4cm	9.5cm	8.1cm	9.3cm
平均最大樹冠幅（m）	1.9m	—	1.6m	—
平均最大生枝下高（m）	1.3m	—	1.5m	—
調査概況	・両ヒノキ林分を比較すると、1,500 本区の直径の方が 2,000 本区の直径より低密度を反映し大きくなっている。1,500 本区が $12.4 \pm 4.2\text{cm}$ で 2,000 本区が $8.1 \pm 2.6\text{cm}$ である。H27 年度には 2,000 本区に除伐が入っている。当林分の林床には多量の除伐された枝条が存置されており、その様子からして除伐前までは侵入広葉樹雑草木との混交状態を呈したヒノキ林だと推察され、肥大成長が抑えら			

	れていた可能性がある。 ・一方 1,500 本区にも除伐の痕跡はあるが、オープンスペースにススキが一部繁茂している箇所も認められる。 ・両林分とも、ヒノキ立木には、曲がり木、叉木、梢端折れ、漏脂症状等の形質劣化が認められ、それらは 1,500 本区で 41%、2000 本区で 53%あった。
--	--

※侵入木については、樹高 0.5m 以上のものについて、樹高のみを記載した。

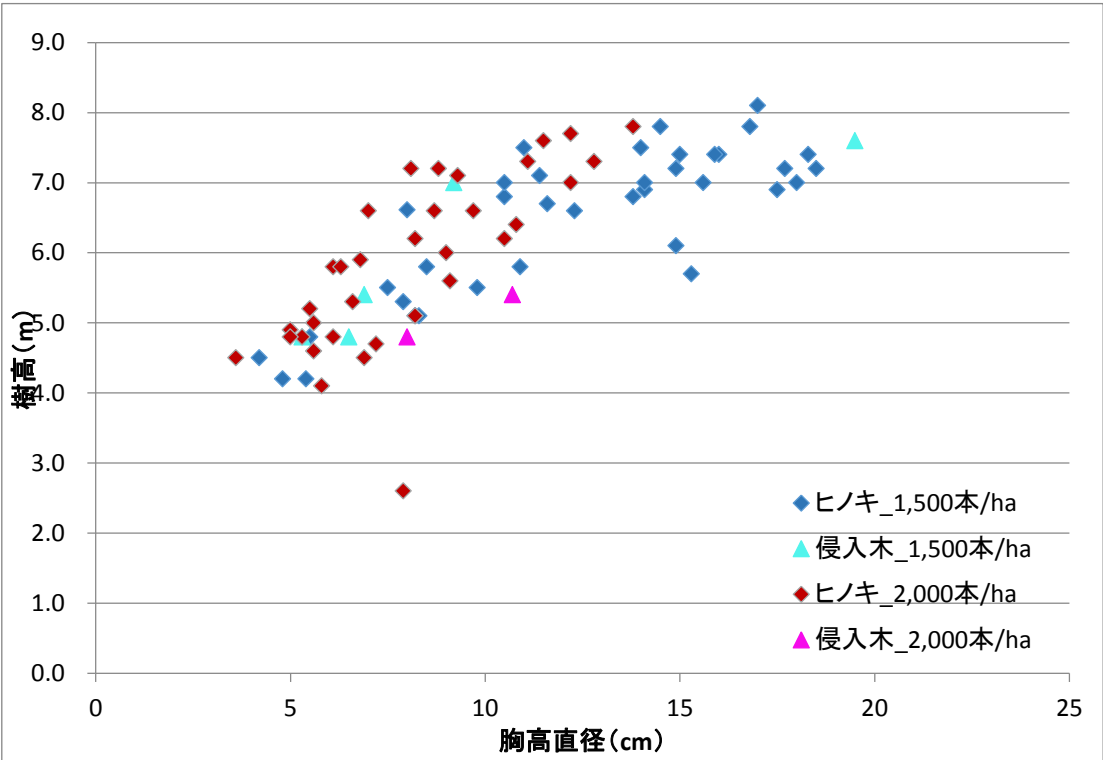


図 4.2.19 熊本県人吉市（高仁田国有林）

④現地写真

	
P1 ヒノキ 1,500 本/ha 区	P1 1,500 本/ha 区 除伐済み
	
P1 林内 除伐枝条あり	P1 未閉鎖で場所によりススキあり
	
P1 未閉鎖でススキが繁茂	P1 漏脂症状を呈する個体が散見される



P2 ヒノキ 2,000 本/ha 区



P2 最近除伐が入る



P2 径の大きい広葉樹は存置



P2 林床には除伐枝条



P2 梢端折れの個体



P2 梢端折れの個体

(10) 宮崎県 日南市（大荷田国有林）

①位置図



図 4.2.20 低密度植栽地位置図（宮崎県日南市大荷田国有林）

②現地概要

所在地	宮崎県日南市大荷田国有林 140 林班ぬ 4 小班
面積	0.225ha
樹 種	スギ（トサアカ 1 年生苗を供試）
植栽年	昭和 49 年 3 月（43 年生）
標 高	約 320m
傾斜角	25°
斜面方位	N
平均気温 / 降水量	17.7℃ / 997.0mm / 年 （平年値、都城市）
土 壌	乾性褐色森林土
施業履歴	皆 伐： 下刈り：昭和 49 年～56 年は毎年、2 回目と 3 回目は 2 回刈り つる切り：昭和 53 年、54 年、55 年 除伐：昭和 57 年 施肥：昭 51 年 選木枝打：昭和 61 年、平成 12 年 間伐：なし
現地概要	・昭和 49 年設定の系統的配置法によるオビスギ密度試験地である。 ・試験地中心から同心円状に各密度処理区が設定されている。処理区の植栽本数は 36 本と定められ、外周へ行くほど植栽木の間隔が長くなり低密度処理となっている（図参照）。 ・密度処理は 10 処理区あり、ha 当たりの植栽本数で 377 本/ha～10,027 本/ha である。 ・今回は 2 箇所の試験地のうち林道寄りの試験地で調査を実施した。
施業功程・経費等	-

③現地調査結果

密度別調査区	544 本/ha 区		783 本/ha 区		1,128 本/ha 区	
調査日	2016 年 12 月 13 日		2016 年 12 月 12 日		2016 年 12 月 12 日	
調査プロット	P1		P2		P3	
植栽木/侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数 (本)	544 本	0 本	783 本	0 本	1,128 本	0 本
平均樹高 (m)	—	—	21.6m	—	20.9m	—
平均直径 (cm)	37.7cm	—	35.0cm	—	30.8cm	—
平均最大樹冠幅 (m)	4.3m	—	3.8m	—	3.3m	—
平均最大生枝下高 (m)	—	—	12.9m	—	14.8m	—
密度別調査区	1,626 本/ha 区		2,339 本/ha 区		3,365 本/ha 区	
調査日	2016 年 12 月 12 日		2016 年 12 月 12 日		2016 年 12 月 12 日	
調査プロット	P4		P5		P6	
植栽木/侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木	スギ	侵入木
ha 当り本数 (本)	1,580 本	0 本	2,339 本	0 本	3,179 本	0 本
平均樹高 (m)	21.2m	—	20.1m	—	19.0m	—
平均直径 (cm)	27.1cm	—	23.4cm	—	19.7cm	—
平均最大樹冠幅 (m)	2.8m	—	2.2m	—	1.9m	—
平均最大生枝下高 (m)	15.5m	—	15.2m	—	14.2m	—
調査概況	・密度 10 処理区の内から当事業の目的を考え、植栽密度約 3,000 本/ha を対照区とし、それ以下の密度処理区を調査した。具体的には上記のように 544 本区、783 本区、1,128 本区、1,626 本区、2,339 本区、そして 3,365 本区の 6 処理である。 ・高密度より低密度になるに従い、直径及び樹高はそれぞれ大きい方へ (P6→P1 の平均直径は 19.7→23.4→27.1→30.8→35.0→37.7cm)、高い方へ移動する傾向が認められた (図 4.2.15)。 ・樹幹の形状 (曲がり・二叉木) と密度を検討すると、P6 の 3,365 本区で曲がり木 28%と最も多く、一方の P1 の 544 本区では叉木が多く曲がりを含め 25%であった。P2 の 783 本区が処理区の中ではベストで二叉等の形質劣化木はわずか 1 本の 3%であった。無間伐で植栽 43 年で直径 35.0±2.5cm であり、十分に伐期に対応できるサイズである。勿論、蓄積等との関係も含めて今後検討する必要がある。					

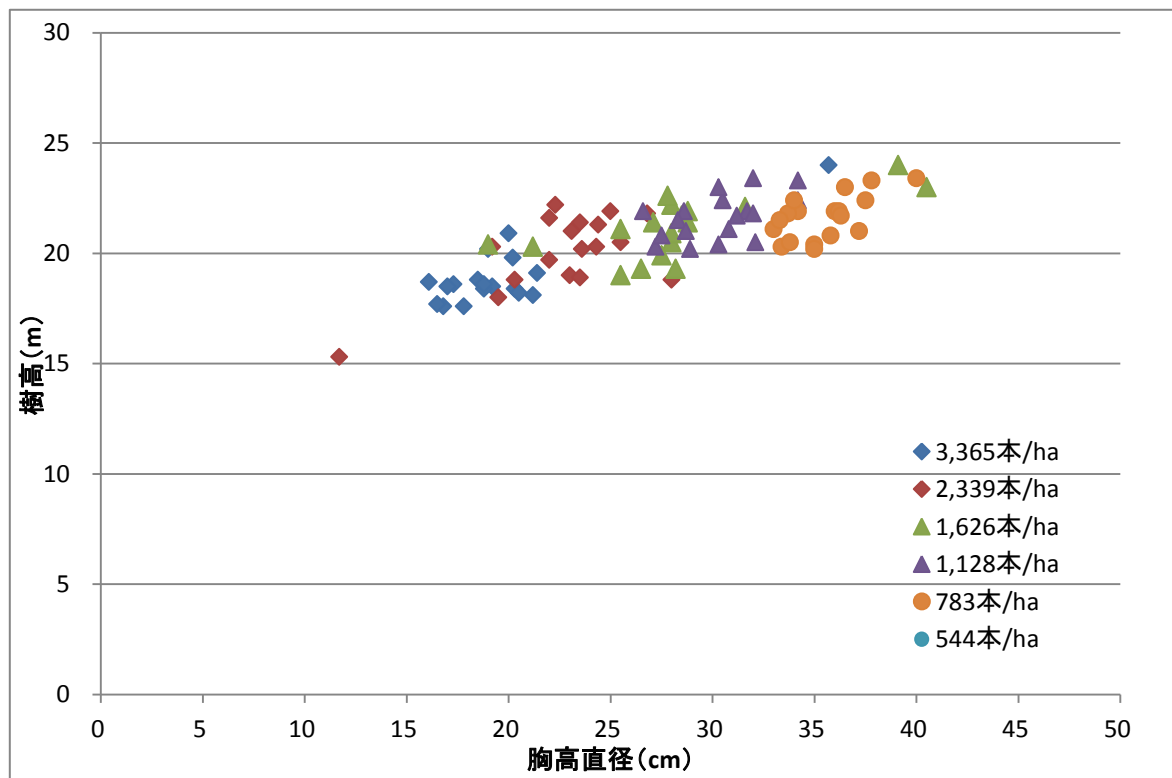
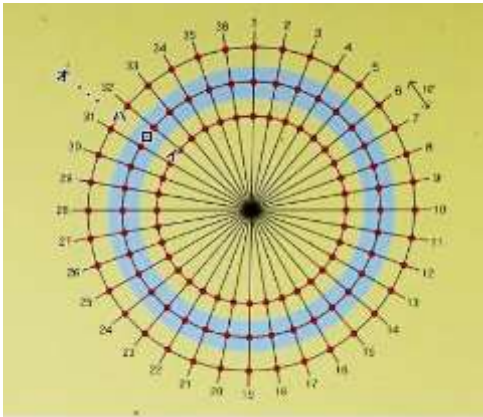


図 4.2.21 宮崎県日南市大荷田国有林

④現地写真

	
林分密度試験林試験地①	密度試験デザイン（点密度）

	
中心点方向を見る（放射状）	密度試験林の林冠

	
植栽密度 1,128 本/ha 区	植栽密度 3,365 本/ha 区

4.2.3 全体的な考察

平成 27 年度に実施した全国 20 箇所における既往低密度植栽試験地等における現地調査に加え、平成 28 年度に実施した関東地方 2 箇所、四国地方 3 箇所、九州地方 5 箇所の合計 10 箇所の既往低密度植栽試験地での現地調査を加え、現時点における現況把握の調査結果を基に考察を行う。なお、ここで言う低密度植栽とは、現時点では暫定的な幅を持たせ、おおむね 1,000 本～2,000 本/ha 程度を念頭に置く。

なお、将来的には（平成 31 年度には）、地域や樹種に応じた望ましい植栽密度や下刈り、つる切り等の林冠閉鎖に至るまでの手法について、具体的な指針を提示していく予定であり、ここでは既存の低密度植栽の個別林分現地調査から得られた暫定的な取りまとめとして留意する。

① 低密度植栽で林冠閉鎖させるために必要な下刈り期間等は

事例が少なく、明確な物言いはできないが、現段階でのおおよその概況を述べる。

- ◆ 成長の早いグイマツ F1 やカラマツでは、植栽後、おおむね 3～4 年間、通常通りの下刈りを実施すれば植栽木がササ等下草や侵入木の上に抜け出し、林冠閉鎖が期待できる。
- ◆ 成長の中庸なスギは、おおむね通常通りの 5 年前後の下刈りで、林冠閉鎖へと繋げることができると思われるが、雑草木の再生が激しい所では、通常より 1～2 年下刈り期間を延ばすより確実な成林が期待できる。ただし、九州・四国や近畿中国地域等、つる植物の生育の旺盛な場所では、植栽木の樹高が侵入木を上回っても、つる切りの実施の有無が、その後の成林と植栽木の成長に大きな影響を与える可能性が指摘できる。
- ◆ 成長の遅いヒノキは、植栽木の成長に係る地域や地形、地利または侵入草木・つる植物等の生育状態によりかなりの相違を示す。低密度植栽であれば、おおむね通常通りの 5～6 年の下刈り後にも、1～2 年下刈り期間を延ばす必要性が高い。さらに、下刈り終了後のつる切りを怠ると、その後の形質不良木の発生等、成林が危うくなる事例が多く、通常密度の植栽とは異なる育林施業を検討する必要性が高い。
- ◆ 低密度植栽には、特に適地・適木が必須である。風衝地に植栽されたヒノキでは、その上長成長が非常に劣るため、低密度植栽では下刈りに長期間要することとなり、初期段階で枯死個体が集団で発生すると成林も危うくなる。

② 低密度植栽で林冠閉鎖に掛かる期間は

前述①と同様に事例が少なく、明確な物言いはできないので、前述①の育林施業を実施したものと想定した上で、あくまで現段階における暫定的な数値を示す。

- ◆ 成長の早いグイマツ F1 やカラマツでは、おおむね 6～9 年程度で成林する可能性がある。
- ◆ 成長の中庸なスギは、侵入草木・つる植物の状態等（地域や地形・地利）により、多少の相違があるが、おおむね 10 年前後で林冠閉鎖に至る可能性がある。
- ◆ 成長の遅いヒノキは、植栽木の成長に係る地域や地形・地利、また侵入草木・つる植物等の生育状態により、かなりの相違を示すが、おおむね 12～14 年程度で林冠が閉鎖する可能性がある。

③ 低密度植栽による間伐の軽減効果は

現在、地域や樹種を問わず、間伐時期に達した低密度植栽試験地は非常に少なく、明らかなことは言えないが、地域や樹種を問わず、下刈りやつる切りを終え成林し、20～40 年経過した林分では、例えば間伐回数を通常の 3 回から 1 回以下に軽減できることが見込まれている。

④ 全体的な考察として

- ◆ 一般的に、低密度植栽として求められる生産目標は、合板・集成材等の並材生産を目標としたものであり、低密度植栽技術とは、苗木代や植栽費用を軽減させ、成林後の間伐回数を抑えた短伐期施業を行う低コストな造林技術である。そのため、無節の柱材生産を目標とする低密度植栽は、本来の意図から離れた考え方と言える。
- ◆ 現地調査結果からは、どの樹種においても低密度植栽で成林した樹種は、自然状態では基本的に枝葉が幹下方まで着生した樹幹長比の長い樹形になっている。樹幹の形状が完満ではなく梢殺（うらごけ：樹幹の太さが上部に向かって小さくなる度合いが大きい場合）的で、枝葉が多く多節形質となるとともに、一斉林でありながら直径・樹高が一樣ではない林分が多かった。
- ◆ 林分閉鎖後、スギのような樹種であれば、梢殺的な形状は、暗い林内での枝葉の自然な枯れ上がりにより時間の経過とともに次第に完満な形状に変わるものと思われる。
- ◆ ただし、ヒノキのように自然落枝ができない樹種であれば、林分閉鎖後でも梢殺的な形状は当面は維持されると思われる。枯れ枝が樹幹下方まで長く着生し続け、多量の死節が形成される状況になるのではないかとと思われる。ヒノキの場合には、梢殺の解消や死節の回避を考えると従来実施していた枝打ち作業が必要と思われる。低密度で育成するヒノキの生産目標をどう考えるか一考を要するのではないかとと思われる。
- ◆ 一方、林齢が数 10 年以上に到達した低密度植栽林分では、間伐回数の軽減効果が報告されきちんと成林さえすれば、樹木 1 本 1 本のばらつきが見られても、当初の意図通りの合板・集成材等の並材生産に向けた低コスト化に繋がる可能性があった。
- ◆ しかし、個々の森林所有者の話を聞くと、低密度植栽では無節・柱材を生産できないことが大きな問題であるかのような批判を聞く。このことは、低密度植栽が意図する本来の目的がきちんと普及啓発されていないことに起因する。
- ◆ 特に、柱材としての需要が多く、集成材等並材としての需要が少ないヒノキについては、低密度植栽で成林したヒノキ材の使い道の検討が大きな課題となっている。その上、かつては高値で取引されていた無節のヒノキ柱材が、現在では全国的な価格の低迷を受け、森林所有者の頭を悩ませている。
- ◆ 近年注目を受けているバイオマス発電や CLT に代表される新たな木材利用に対し低密度植栽技術がどれほど貢献できるかについては現段階では明らかでないが、そのような観点をも念頭に今後の調査が必要となる。
- ◆ さらに森林所有者の頭を悩ませているのは、近年のシカ被害の増加である。せっかく成林しても、樹皮剥ぎで半分以上に本数が減少した九州のスギ低密度植栽地の事例や、シカ柵

が数日壊れたことにより植栽ヒノキの全部が食害を受け、その内頂芽を食された植栽木がほぼ枯死していた近畿の事例等がある。

- ◆ この問題に対する低密度植栽技術の観点からの貢献としては、今後は、下刈りの省力化を念頭に置いた大苗植栽技術への取り組み結果と合わせた検討が必要となろう。
- ◆ そのような観点からも、来年度以降は、本業務の最終目的である低密度植栽技術の指針の提示に向け、実証や事例を数多く示しながら、具体的な結果を明確に提示することが必要と考える。
- ◆ そのためにも、低密度植栽の技術導入に向けて、今後さらに樹種の、地域（気候）、育林初期における施業履歴、立地等の条件ごとに、既存の文献情報と合わせて改めて整理・解析し、総合化する必要があると考える。

5 低密度植栽技術の実証

本項では、各地域に適したと考えられる低密度植栽技術により植栽を行い、同技術の実証を行うことを目的とした。今年度は通常の苗木、及び大苗の植栽を行うこととし、調査地は仕様及び全体計画に従い、通常苗（コンテナ苗）を関東地方、中部地方、中国・四国地方の計 6 箇所を設定し、大苗を九州地方の 1 箇所に設定した。

植栽を実施するに当たり、地拵えや植栽等について所要人工数を記録し、コスト分析をするものとした。また各植栽箇所については、今後継続的に植栽苗の状況を把握するため、固定プロットを設置し現地調査を行った。調査は、1 調査地当たり、100 m²のプロット（方形）を 5 箇所以上設定し、植栽木の苗高、根元径、形状等を調査した。

表 5.1 に低密度植栽実証地の一覧を、図 5.1 にその位置図を示した。

表 5.1 低密度植栽実証地一覧（全 7 箇所）

No.	場所	苗木種	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	植栽本数 (本)	備考
1	茨城県日立市 (小松沢国有林)	ヒノキ 150cc コンテナ苗	1,100	0.83	900	2,400
			1,600	0.39	600	
			2,500	0.37	900	
2	茨城県日立市 (民有林)	スギ 150cc コンテナ苗	1,100	0.35	385	1,695
			1,600	0.35	560	
			2,500	0.33	750	
3	岐阜県高山市 (民有林)	カラマツ 150cc コンテナ苗	1,100	0.30	330	1,560
			1,600	0.30	480	
			2,500	0.30	750	
4	岐阜県高山市 (民有林)	ヒノキ 150cc コンテナ苗	1,100	0.35	385	1,695
			1,600	0.35	560	
			2,500	0.30	750	
5	岡山県加賀郡 (加茂山国有林)	ヒノキ 150cc コンテナ苗	1,100	0.29	323	1,492
			1,600	0.29	468	
			2,500	0.28	701	
6	高知県四万十町 (大谷山国有林)	ヒノキ 150cc コンテナ苗	1,100	0.31	341	1,733
			1,600	0.33	528	
			2,500	0.34	864	
7	宮崎県都城市 (民有林)	スギ大型 コンテナ苗	1,100	0.35	387	1,753
			1,600	0.28	443	
			2,500	0.37	923	
		スギ 300cc コンテナ苗	2,500	0.20	501	501

(注) No.は見出し番号ある。

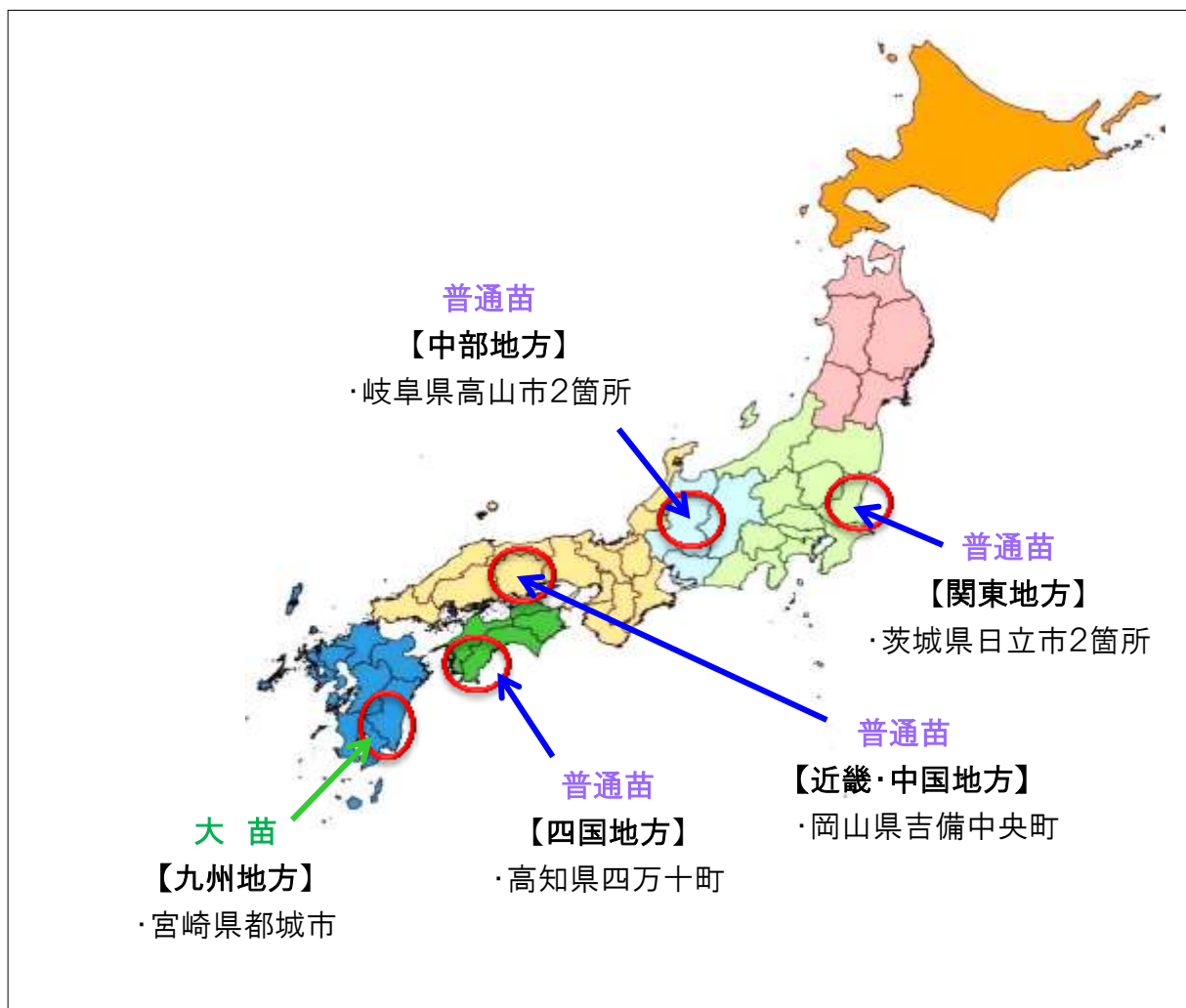


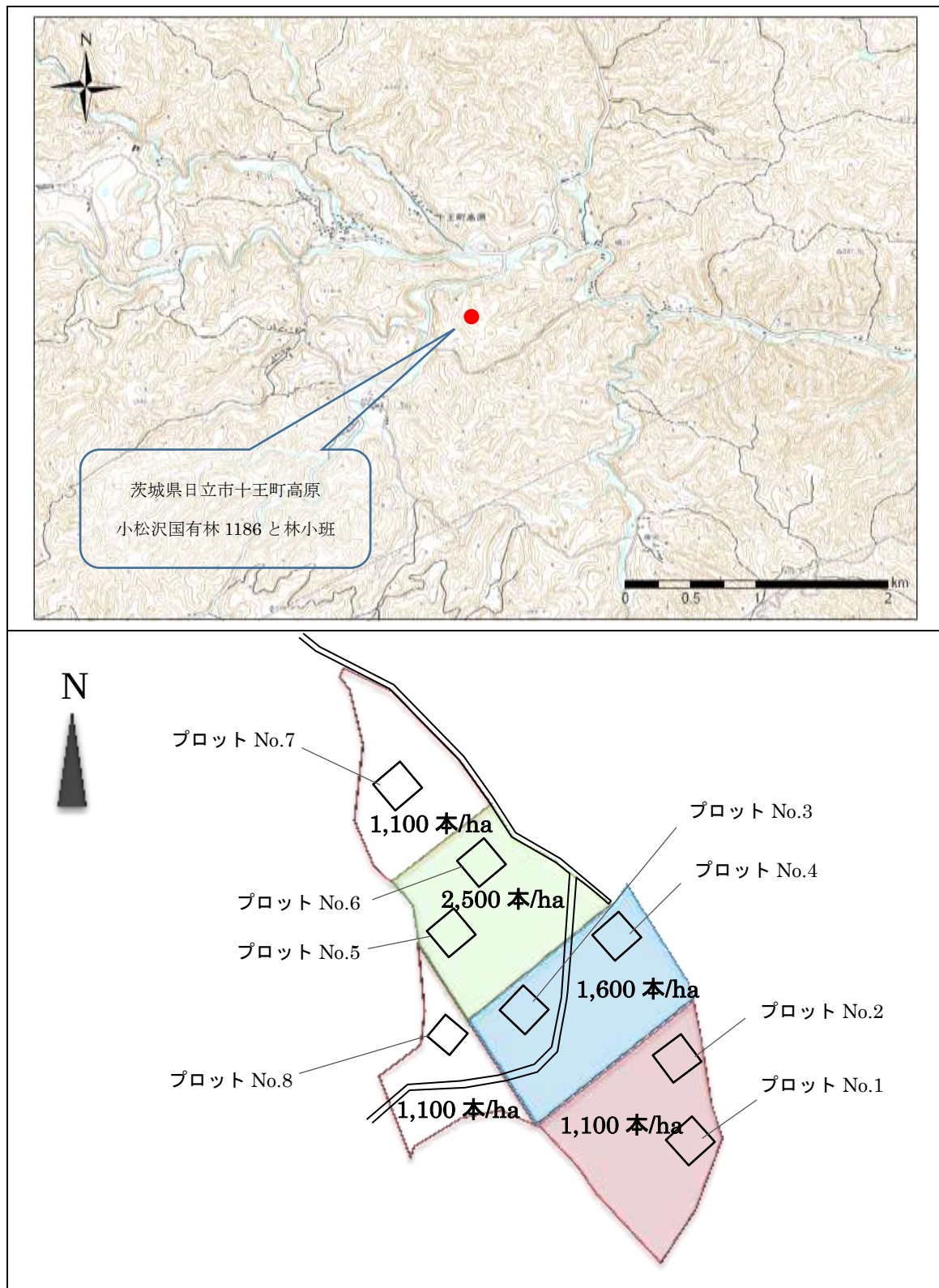
図 5.1 平成 28 年度 低密度植栽実証地位置図

次頁より、各低密度植栽実証地の概要、及び調査結果、現地状況を示す。

5.1 関東地方

5.1.1 茨城県 日立市（小松沢国有林）（No. 1）

（1）位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】ヒノキ、スギ

【前生樹の林齢】55 年生

【伐採】平成 26 年



実証試験地は約 1ha の面積を予定していたが、提供地は徐地を含め約 1.7ha あり、協議のうえ、全域に植栽を行うこととした。除地を除く植栽面積は約 1.6ha である。

試験地内には小尾根が 2 つ含まれ、日照条件は様々である。各密度区分試験地内に植栽プロットを斜面上部、下部にそれぞれ 2 個設定し、更に、最も低密度である 1,100 本/ha 植栽地内には斜面方位違いで 2 つのプロットを設定した。(位置図参照)

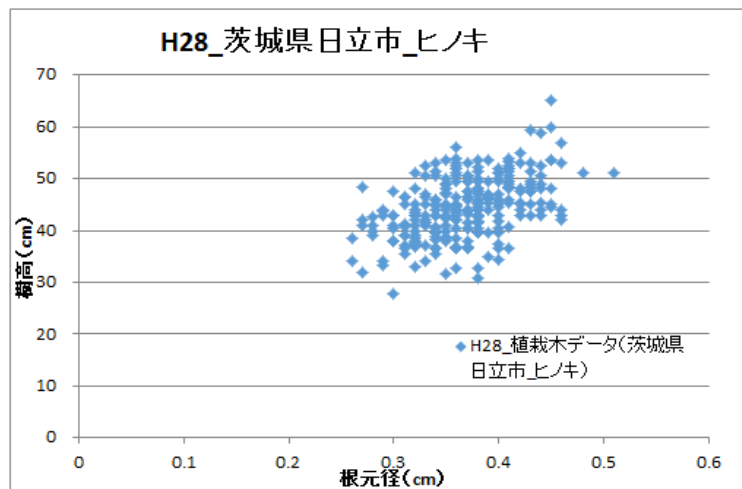
実証試験地	茨城県日立市十王町高原小松沢国有林 1186 と林小班			
苗木種	ヒノキ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.83ha	0.39ha	0.37ha	1.59ha
植栽本数	900 本	600 本	900 本	2,400 本
気温/ 降水量	13.9℃ (平均気温) / 1,477.3mm (年降水量) (平年値、日立市)			
標高/ 傾斜/ 方位	260~310m / 10~25° / N~S			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	国有林			
植栽実施者	有限会社 佐川運送			
植栽日	2016 年 10 月 31 日、11 月 2 日・3 日			

(3) 調査プロット概要

密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	斜面上部に設置
	No.2	21×15m	35 本	斜面下部に設置
	No.7	18×18m	36 本	斜面中部に設置
	No.8	12×12m	16 本	斜面中部に設置
1,600 本/ha	No.3	21×18m	42 本	斜面上部に設置
	No.4	18×18m	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本	斜面下部に設置
合計			273 本	

(4) 調査結果

地区	日立市(国有林)	
調査日	2016 年 11 月 18 日	
項目	根元径	樹高
データ数	272	272
平均	0.37	44.42
分散	0.002	33.944
標準偏差	0.05	5.83
最小値	0.26	27.7
最大値	0.51	65.0
形状比平均	122.05	



【苗木の特徴】

- ・ヒノキ 150cc コンテナ苗
(購入先：愛知県林業種苗協同組合_前田樹苗園)
- ・根元径平均が 0.37cm、樹高平均が 44.42cm
- ・形状比平均が 122.05
- ・比較的、根元径及び樹高の分散は少ない。



(5) 植栽コスト

茨城県日立市（国有林）のヒノキ 150cc コンテナ苗の低密度植栽試験（1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha）について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha（コンテナ苗植栽）			1,600 本/ha（コンテナ苗植栽）			2,500 本/ha（コンテナ苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	337,263	337,263	1.000 ha	337,263	337,263	1.000 ha	337,263	337,263
苗木	1,100 本	175	192,500	1,600 本	175	280,000	2,500 本	175	437,500
植栽	1,100 本	76	83,600	1,600 本	76	121,600	2,500 本	76	190,000
鹿柵	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他	1.000 ha	408,248	408,248	1.000 ha	408,248	408,248	1.000 ha	408,248	408,248
計	1.000 ha	—	1,021,611	1.000 ha	—	1,147,111	1.000 ha	—	1,373,011

なお、参考までに、当地域にてヒノキの裸苗（苗高約 40cm）を通常密度（3,000 本/ha）で植栽する場合の ha あたりのコスト（推定値）について聞き取り結果を基に以下に示す。

項目	3,000 本/ha（裸苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	337,263	337,263
苗木	3,000 本	98	294,000
植栽	3,000 本	86	258,060
鹿柵	—	—	—
その他	1.000 ha	408,248	408,248
計	1.000 ha	—	1,297,571

苗木単価はコンテナ苗よりも裸苗の方が安価であり、植栽費はコンテナ苗の方が安価である。植栽密度 1,100 本/ha、1,600 本/ha ではコンテナ苗の方が経費は安価となるが、2,500 本/ha 植栽となると、裸苗の通常密度植栽の方がコストを抑えられる想定となった。

（６）生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日 /ha)	植栽 人工	植栽苗	植栽 器具	植栽 本数	生産性 (本/人 日)
①茨城県 日立市 (国有林)	17.0	グラップル・刈払い 機・チェーンソー	1.70	10.0	16.0	ヒノキ 150cc	手製デ ィブル、唐 鋤	2,400	150.0

(注 1) 現場における日労働時間は 8 時間である。（昼休憩含む）

(注 2) 本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

本試験地では地拵えに林業機械（グラップル）を使用したため生産性が 10 人日/ha と比較的高い。また、植栽の生産性は 150 本/人日であり他地域と比較すると低い。これは調査地域が広いこともあり、苗の運搬や移動等に時間を費やしたこと、また植栽位置を予めマーキングする等、事前の準備を丁寧に行ったことが要因の一つと考えられる。

(7) 現地写真





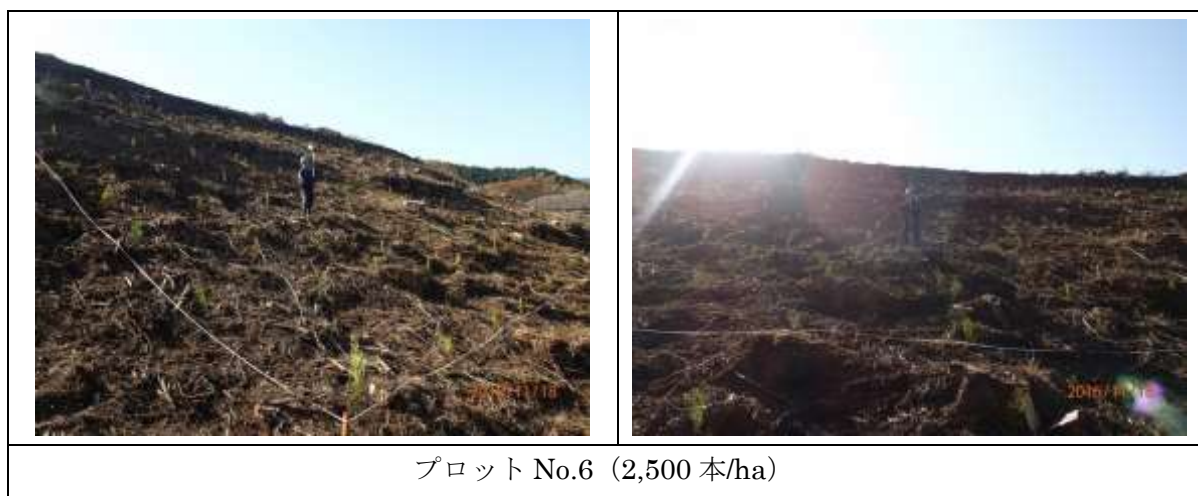
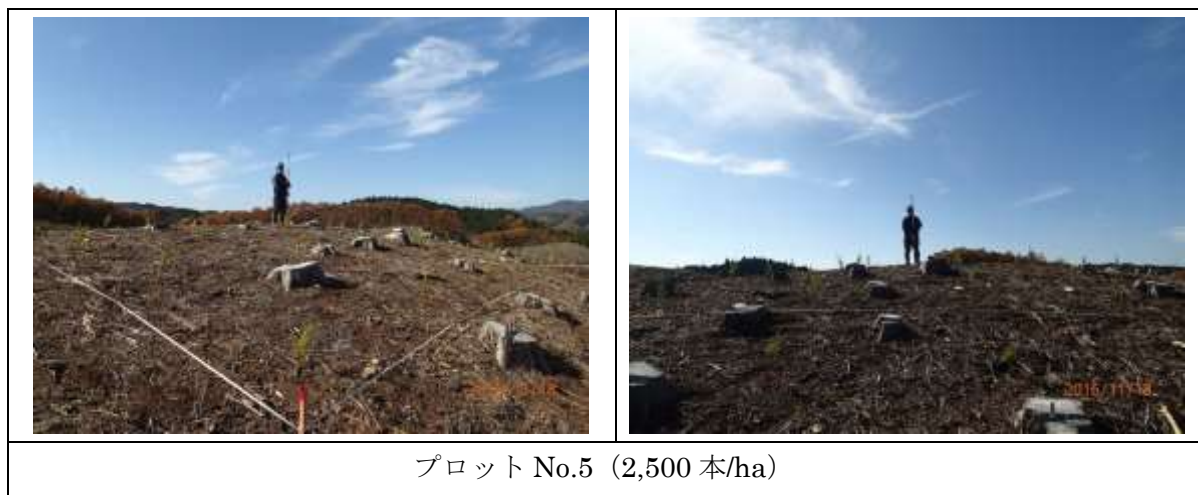
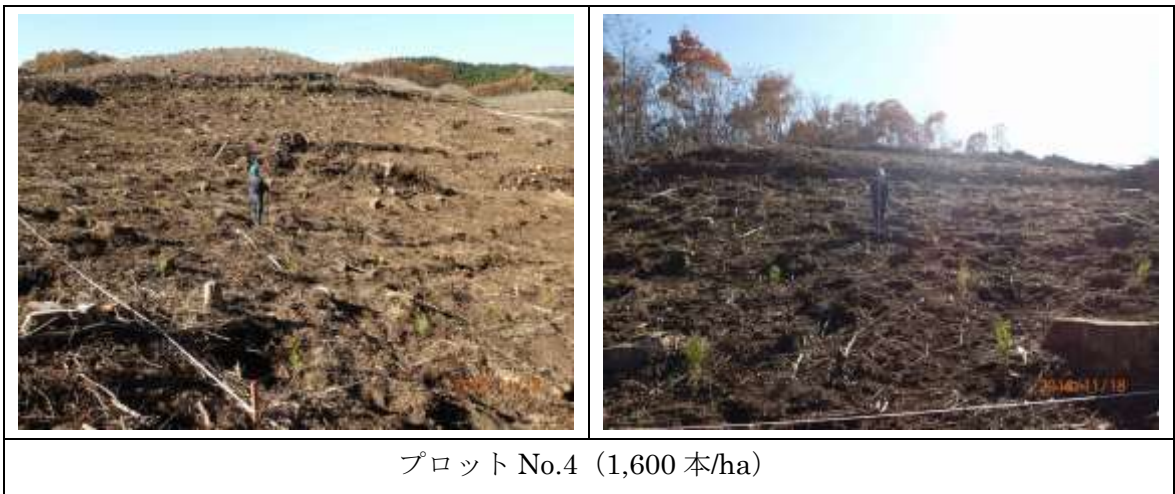
プロット No.1 (1,100 本/ha)



プロット No.2 (1,100 本/ha)



プロット No.3 (1,600 本/ha)





プロット No.7 (1,100 本/ha)



プロット No.8 (1,100 本/ha)



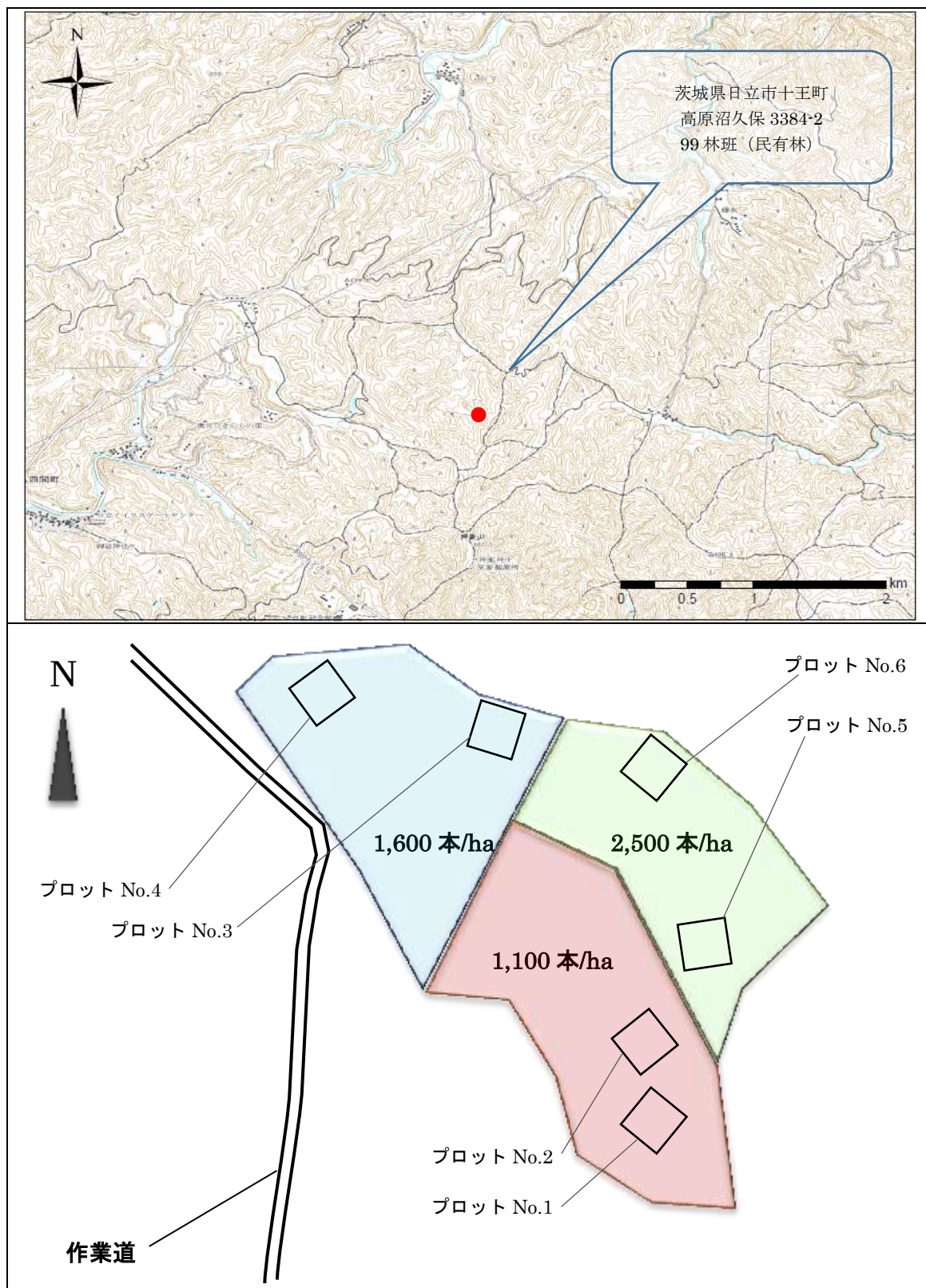
植栽木の状況_個体 No.696 (1,100 本/ha)



植栽木の状況_個体 No.805 (1,600 本/ha)

5.1.2 茨城県 日立市（民有林）（No. 2）

（1）位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】 ヒノキ、スギ

【前生樹の林齢】 56～57 年生

【伐採】 平成 26 年 5 月前後



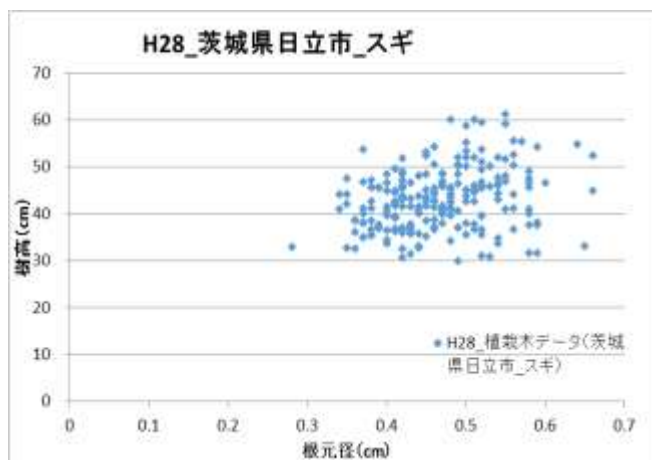
実証試験地	茨城県日立市（民有林）			
苗木種	スギ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.35ha	0.35ha	0.33ha	1.03ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量	13.9℃（平均気温）/ 1477.3mm（年降水量）（平年値、日立市）			
標高/ 傾斜/ 方位	400～450m / 20～25° / NW			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	個人			
植栽実施者	高萩市森林組合			
植栽日	2016 年 10 月 25・26 日（前生樹の伐採は 2016 年 6 月）			

(3) 調査プロット概要

密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	39 本	斜面上部に設置
	No.2	18×21m	41 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	35 本	斜面上部に設置
	No.4	15×15m	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本	斜面下部に設置
合計			223 本	

(4) 調査結果

地区	日立市(民有林)	
調査日	2016 年 11 月 17 日	
項目	根元径	樹高
データ数	223	223
平均	0.47	42.86
分散	0.005	40.885
標準偏差	0.07	6.39
最小値	0.28	29.80
最大値	0.66	61.0
形状比平均	93.37	



【苗木の特徴】

- ・スギ 150cc コンテナ苗
(購入先：茨城県林業種苗協同組合)
- ・根元径平均が 0.47cm、樹高平均が 42.86cm
- ・形状比平均が 93.97
- ・比較的、根元径及び樹高の分散は少ない。



(5) 植栽コスト

茨城県日立市（民有林）のスギ 150cc コンテナ苗の低密度植栽試験（1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha）について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha（コンテナ苗植栽）			1,600 本/ha（コンテナ苗植栽）			2,500 本/ha（コンテナ苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	350,000	350,000	1.000 ha	350,000	350,000	1.000 ha	350,000	350,000
苗木	1,100 本	165	181,500	1,600 本	165	264,000	2,500 本	165	412,500
植栽	1,100 本	118.18	129,998	1,600 本	87.5	140,000	2,500 本	76	190,000
鹿柵	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他	1.000 ha	260,030	260,030	1.000 ha	260,030	260,030	1.000 ha	260,030	260,030
計	1.000 ha	—	921,528	1.000 ha	—	1,014,030	1.000 ha	—	1,212,530

なお、参考までに、当地域にてスギの裸苗（苗高約 40cm）を通常密度（3,000 本/ha）で植栽する場合の ha あたりのコスト（推定値）について聞き取り結果を基に以下に示す。

項目	3,000 本/ha（裸苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	350,000	350,000
苗木	3,000 本	106	318,000
植栽	3,000 本	77	230,000
鹿柵	—	—	—
その他	1.000 ha	260,030	260,030
計	1.000 ha	—	1,158,030

茨城県日立市（民有林）におけるスギの植栽コストは、前項の日立市（国有林）のヒノキ植栽と同様に、コンテナ苗を用いた場合でも植栽密度 1,600 本/ha 以下であれば、通常密度（3,000 本/ha）の裸苗植栽よりも安価であると想定された。

（６）生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日/ha)	植栽 人工	植栽苗	植栽 器具	植栽 本数	生産性 (本/人 日)
②茨城県 日立市 (民有林)	14.0	刈払い機・チェーンソー	1.03	13.6	12.1	スギ 150cc	ディプ ル	1,695	139.6

（注 1）現場における日労働時間は 8～9 時間である。（昼休憩含む）

（注 2）本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

茨城県日立市（民有林）の当試験地は、前生樹の伐採が今年度の 6 月前後であり、下草量が比較的少量であったが、部分的に急傾斜があることから、地拵えの生産性は 14 人日/ha に留まっている。また、植栽の生産性は 139 本/人日と低く、植栽地に急傾斜が含まれることや、植栽前に予めヒモを引き、植栽位置を定めるなど事前準備を実施したことも生産性が上がらなかった要因の一つと考えられる。なお、地拵え、植栽ともに作業者が高齢の方々であったことも要因の一つと考えられた。

(7) 現地写真





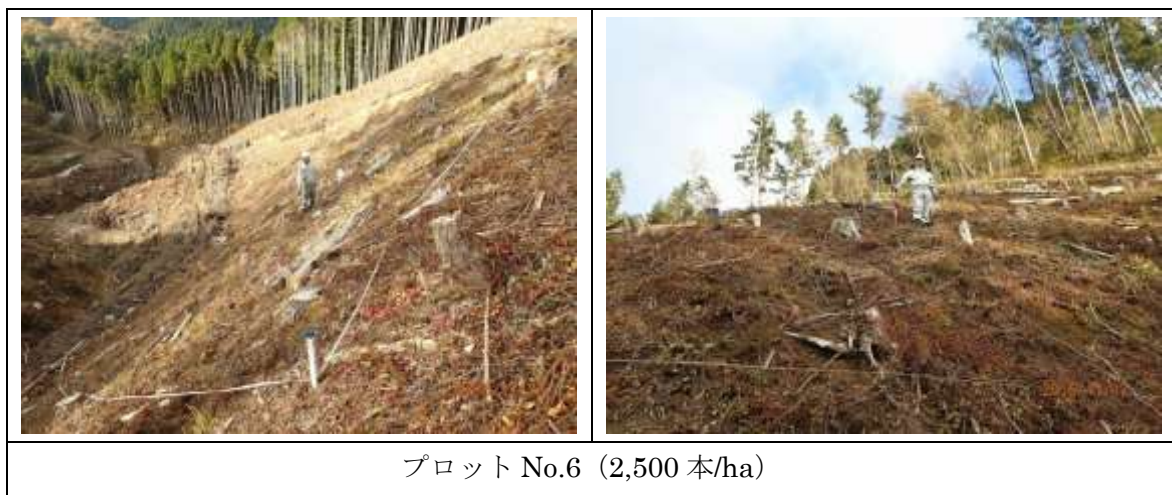
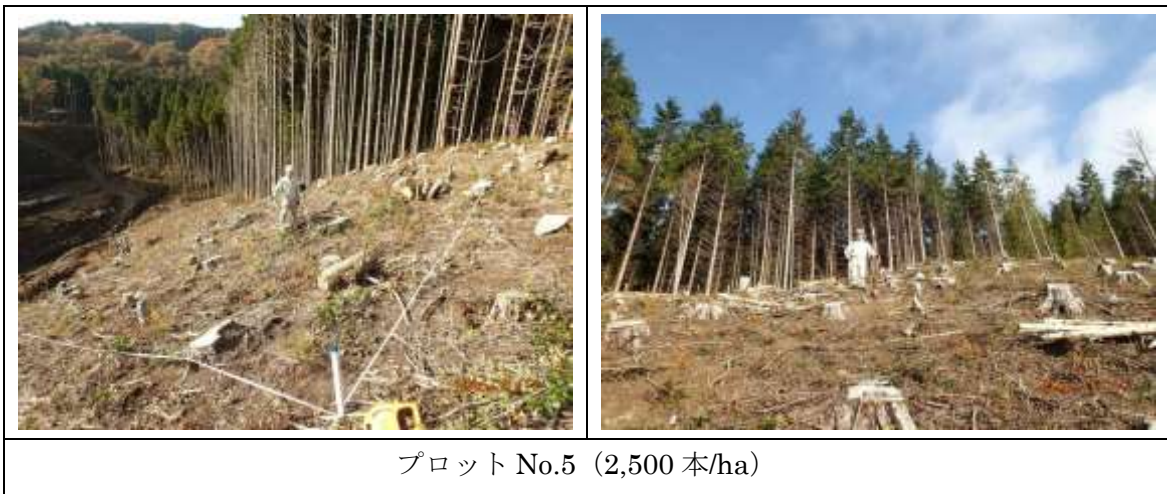
プロット No.2 (1,100 本/ha)



プロット No.3 (1,600 本/ha)

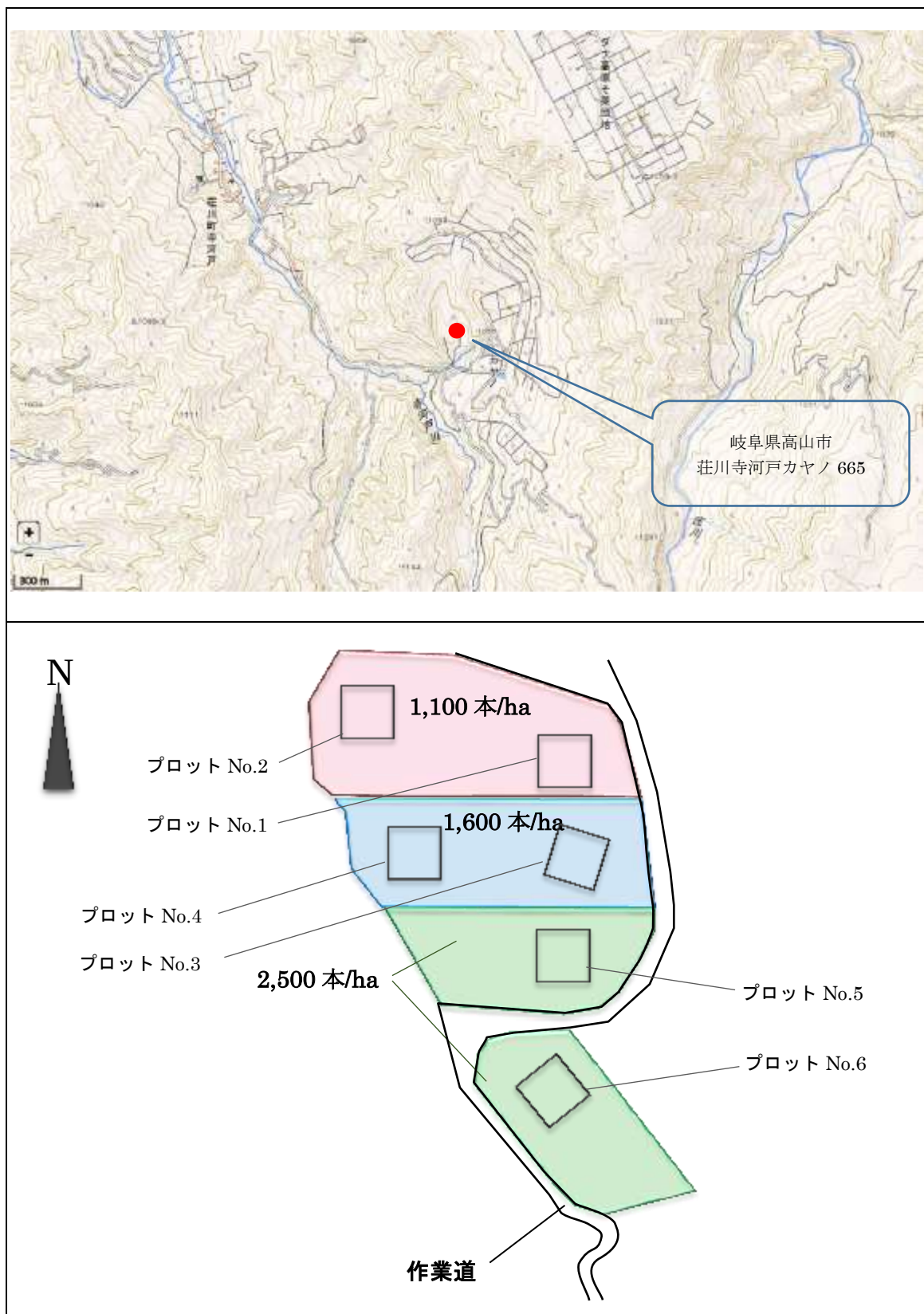


プロット No.4 (1,600 本/ha)



5.1.3 岐阜県 高山市 (カラマツ) (No. 3)

(1) 位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】 スギ

【前生樹の林齢】 55-60 年生

【前成樹の立木密度】 3,000 本/ha

【伐採】 平成 28 年（一貫作業）



当試験地は岐阜県高山市の荘川に位置する。試験地は道路から近く、また地形はほぼ平坦であり、現場作業にロスが少ない。当試験地はカラマツやスギ林に囲まれ、前生樹はスギの 55 から 60 年生であった。今回は一貫作業による伐採、地拵え、植栽作業を実施した。なお、No.4 試験地と隣接しており、伐採から植栽まで同時に行われた。

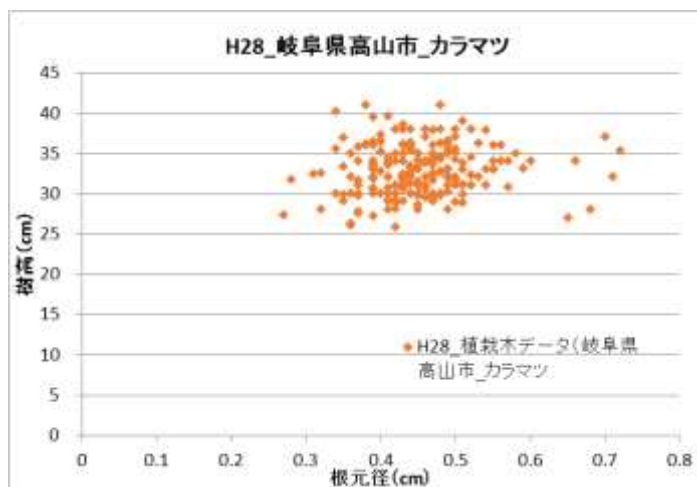
実証試験地	岐阜県高山市荘川寺河戸カヤノ 665			
苗木種	カラマツ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.30ha	0.30ha	0.30ha	0.90ha
植栽本数	330 本	480 本	750 本	1,560 本
気温/ 降水量	11.4℃（平均気温） / 3,003.5mm（年降水量）（平年値、長滝）			
標高/ 傾斜/ 方位	1,020～1,040m / 0～10° / S			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	個人			
植栽実施者	特定非営利活動法人農林業経営支援センター			
植栽日	2016 年 10 月 14・15 日（前生樹の伐採は 2016 年 1 月から 9 月）			

(3) 調査プロット概要

密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	試験地の東部に設置
	No.2	18×18m	36 本	試験地の西部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	35 本	試験地の東部に設置
	No.4	15×15m	36 本	試験地の西部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	試験地の北部に設置
	No.6	12×12m	36 本	試験地の南部に設置
合計			215 本	

(4) 調査結果

地区	高山市（カラマツ）	
調査日	2016 年 11 月 14 日	
項目	根元径	樹高
データ数	215	215
平均	0.45	32.82
分散	0.005	9.329
標準偏差	0.07	3.05
最小値	0.27	25.80
最大値	0.72	41.00
形状比平均	74.26	



【苗木の特徴】

- ・カラマツ 150cc コンテナ苗
(購入先：長野県山林種苗協同組合_やまと種苗園)
- ・根元径平均が 0.45cm、樹高平均が 32.82m
- ・形状比平均が 74.26
- ・樹高の分散は小さい。

(5) 植栽コスト

岐阜県高山市（民有林）のカラマツ 150cc コンテナ苗の低密度植栽試験（1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha）について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha（コンテナ苗植栽）			1,600 本/ha（コンテナ苗植栽）			2,500 本/ha（コンテナ苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	328,666	328,666	1.000 ha	328,666	328,666	1.000 ha	328,666	328,666
苗木	1,100 本	230	253,000	1,600 本	230	368,000	2,500 本	230	575,000
植栽	1,100 本	131	144,269	1,600 本	131	209,846	2,500 本	131	327,885
鹿柵	400 m	1,731	692,571	400 m	1,731	692,571	400 m	1,731	692,571
その他	1.000 ha	238,667	238,667	1.000 ha	238,667	238,667	1.000 ha	238,667	238,667
計	1.000 ha	—	1,657,173	1.000 ha	—	1,837,750	1.000 ha	—	2,162,789

なお参考までに、仮に同地にて、カラマツ 40～50cm の苗高の裸苗を通常密度 (3,000 本/ha) で植栽する場合の ha あたりのコスト (推定値) を聞き取り結果より示す。

項目	3,000 本/ha (裸苗植栽)		
	面積・本数		単価(円)
地拵え	1.000 ha	328,666	328,666
苗木	3,000 本	100	300,000
植栽	3,000 本	134	401,760
鹿柵	400 m	1,731	692,571
その他	1.000 ha	238,667	238,667
計	1.000 ha	—	1,961,664

岐阜県高山市におけるカラマツの植栽コストは、コンテナ苗を用いた場合でも密度 1,600 本/ha 以下であれば、通常密度 (密度 3,000 本/ha) の裸苗植栽より安価であると想定された。

(6) 生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日/ha)	植栽人工	植栽苗	植栽器具	植栽本数	生産性 (本/人日)
③岐阜県高山市 (カラマツ)	18.0	グラップル・刈払い機・チェーンソー	1.90	9.5	9.4	カラマツ 150cc	ディプル	1,560	165.5

(注 1) 現場における日労働時間は 7～9 時間である。(昼休憩含む)

(注 2) 本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

(注 3) 本試験地は No.4 ヒノキ試験地に隣接し、地拵え作業は 2 試験地を合わせて実施した。

地拵えについては隣接するヒノキ試験地と同時に一貫作業にて実施された。グラップル等、林業機械が使用されたため生産性は 1.90ha に対し 9.5 人日/ha と比較的高い。

試験地は全体的に平坦であり、また、一貫作業を実施しているため、下草の繁茂量が少なく植栽は効率的に実施できると想定された。しかし植栽の生産性は 165.5 本/人日に留まっており、試験的な試みであることから植栽位置の確認及びマーキング等の事前準備に時間を費やしたことが要因の一つと推測された。

(7) 現地写真



植栽風景 (2016 年 10 月)



実証試験地 近景 (2016 年 10 月)



プロット No.1 (1,100 本/ha)



プロット No.2 (1,100 本/ha)



プロット No.3 (1,600 本/ha)



プロット No.4 (1,600 本/ha)



プロット No.5 (2,500 本/ha)



プロット No.6 (2,500 本/ha)



植栽木の状況_個体 No.6 (1,100 本/ha)



植栽木の状況_個体 No.190 (2, 500 本/ha)



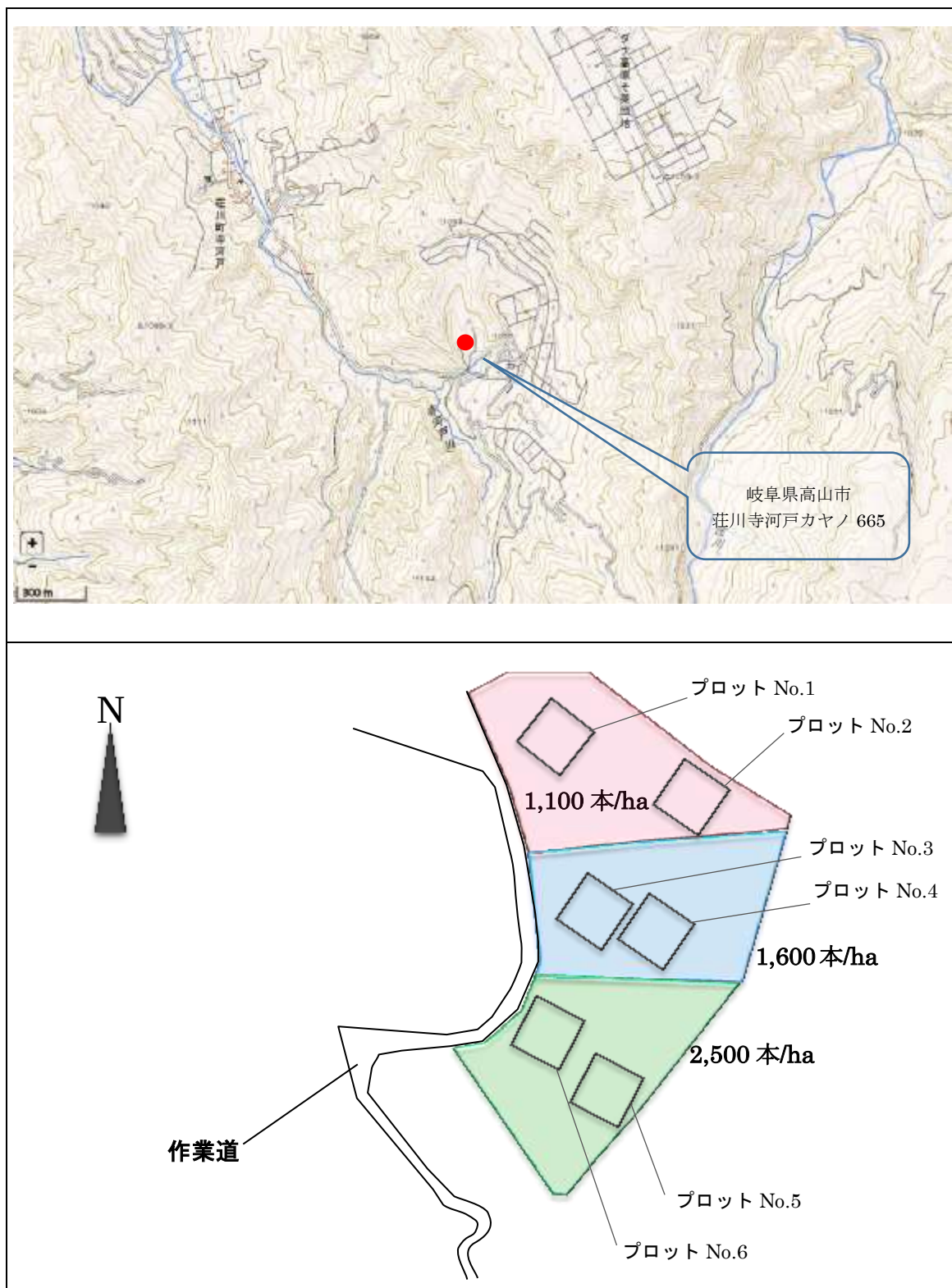
シカの痕跡確認 (2016 年 10 月※柵設置前)



シカ柵の設置状況 (柵設置日:2016 年 10 月)

5.1.4 岐阜県 高山市（ヒノキ）(No. 4)

(1) 位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】 スギ

【前生樹の林齢】 55～60 年生

【前成樹の立木密度】 3,000 本/ha

【伐採】 平成 28 年（一貫作業）



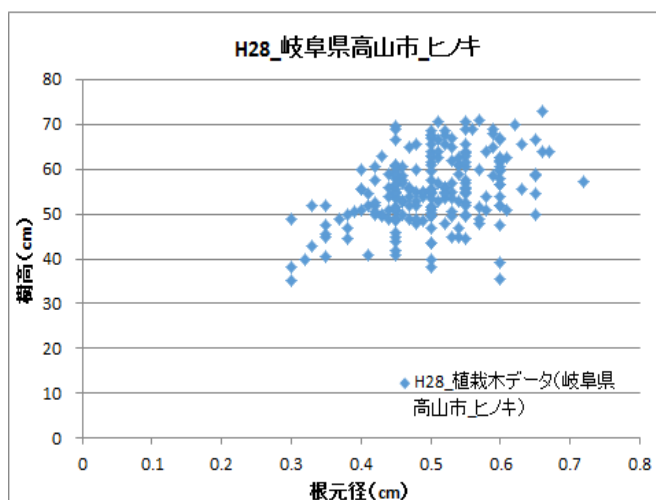
実証試験地	岐阜県高山市荘川寺河戸カヤノ 665			
苗木種	ヒノキ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.35ha	0.35ha	0.30ha	1.00ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量	11.4℃（平均気温） / 3,003.5mm（年降水量）（平年値、長滝）			
標高/ 傾斜/ 方位	1,020～1,050m / 0～30° / S			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	個人			
植栽実施者	特定非営利活動法人農林業経営支援センター			
植栽日	2016 年 10 月 15 日（前生樹の伐採は 2016 年 1～10 月）			

(3) 調査プロット概要

密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	試験地の西部に設置
	No.2	18×18m	38 本	試験地の東部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	36 本	試験地の西部に設置
	No.4	15×15m	36 本	試験地の東部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	37 本	試験地の西部に設置
	No.6	12×12m	37 本	試験地の東部に設置
合計			215 本	

(4) 調査結果

地区	高山市(ヒノキ)	
調査日	2016年11月14・15日	
項目	根元径	樹高
データ数	220	220
平均	0.50	55.48
分散	0.006	58.649
標準偏差	0.08	7.66
最小値	0.30	35.0
最大値	0.72	73.0
形状比平均	112.47	



【苗木の特徴】

- ・ヒノキ 150cc コンテナ苗
(購入先：長野県山林種苗協同組合_やまと種苗園)
- ・根元径平均が 0.50cm、樹高平均が 55.48cm
- ・形状比平均が 112.47
- ・比較的に根元径及び樹高の分散は少ない。



(5) 植栽コスト

ヒノキ 150cc コンテナ苗の低密度植栽試験（1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha）について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha (コンテナ苗植栽)			1,600 本/ha (コンテナ苗植栽)			2,500 本/ha (コンテナ苗植栽)		
	面積・本数	単価 (円)	経費(円)	面積・本数	単価 (円)	経費(円)	面積・本数	単価 (円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	328,666	328,666	1.000 ha	328,666	328,666	1.000 ha	328,666	328,666
苗木	1,100 本	230	253,000	1,600 本	230	368,000	2,500 本	230	575,000
植栽	1,100 本	151	165,572	1,600 本	151	240,832	2,500 本	151	376,301
鹿柵	400 m	1,731	692,571	400 m	1,731	692,571	400 m	1,731	692,571
その他	1.000 ha	239,973	239,973	1.000 ha	239,973	239,973	1.000 ha	239,973	239,973
計	1.000 ha	—	1,679,783	1.000 ha	—	1,870,043	1.000 ha	—	2,212,511

なお参考までに、仮に同地にて、ヒノキ 40～50cm の苗高の裸苗を通常密度（3,000 本/ha）で植栽する場合の ha あたりのコスト（推定値）を聞き取り結果より示す。

項目	3,000 本/ha（裸苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	328,666	328,666
苗木	3,000 本	100	300,000
植栽	3,000 本	134	401,760
鹿柵	400 m	1,731	692,571
その他	1.000 ha	239,973	239,973
計	1.000 ha	—	1,962,970

岐阜県高山市におけるヒノキの植栽コストは、コンテナ苗を用いた場合でも植栽密度 1,600 本/ha 以下であれば、通常密度（3,000 本/ha）の裸苗植栽より安価であると想定された。

（６）生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日 /ha)	植栽 人工	植栽 苗木	植栽 器具	植栽 本数	生産性 (本/人日)
④岐阜県 高山市 (ヒノキ)	18.0	グラップ ル・刈払い 機・チェー ンソー	1.90	9.5	9.4	ヒノキ 150cc	ディ プル	1,695	179.8

（注 1）現場における日労働時間は 7～9 時間である。（昼休憩含む）

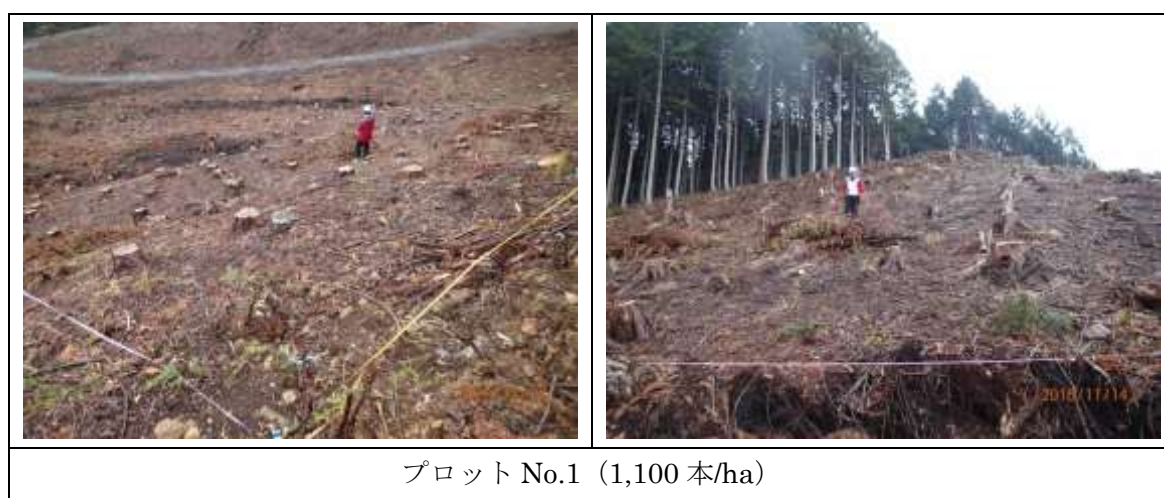
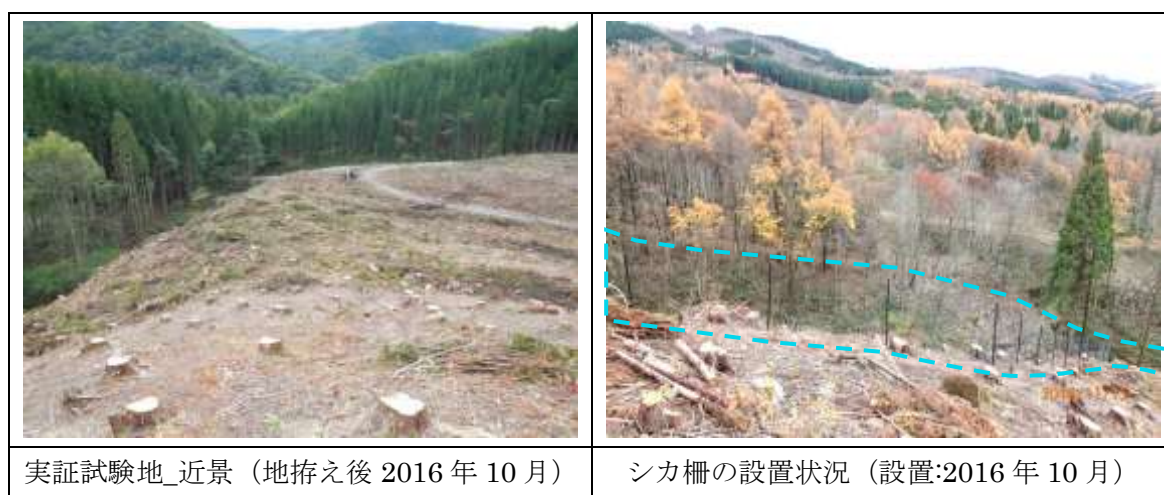
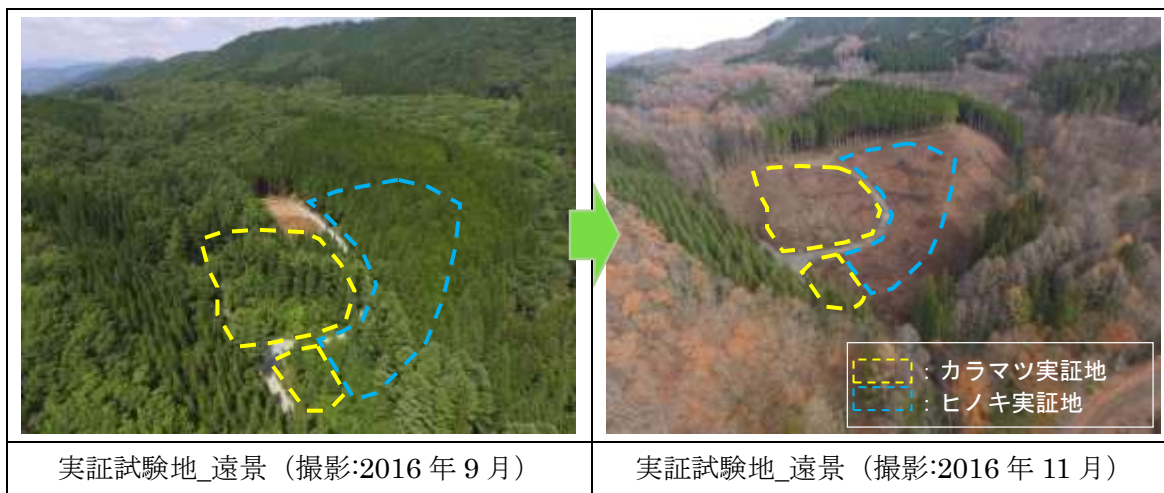
（注 2）本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

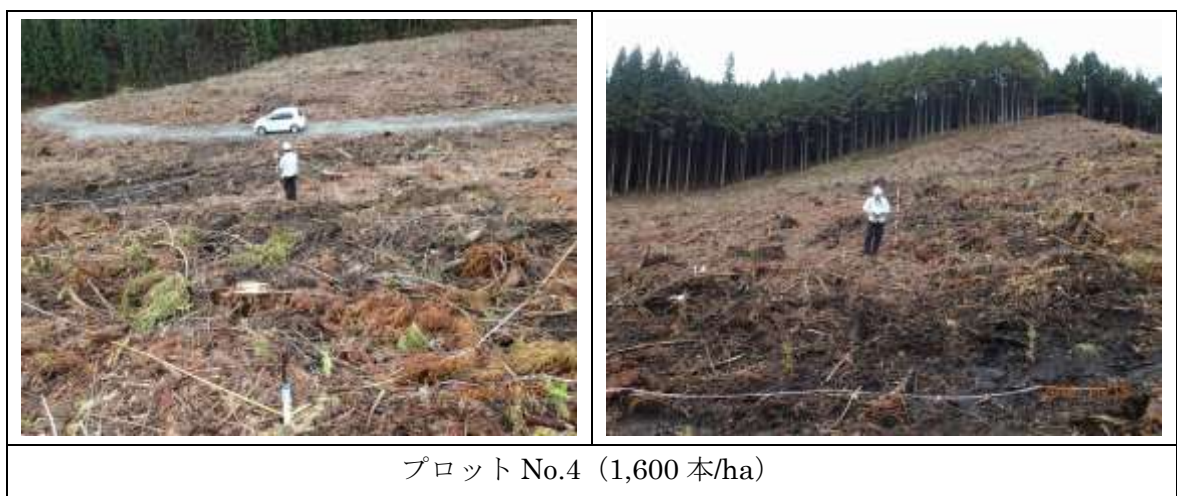
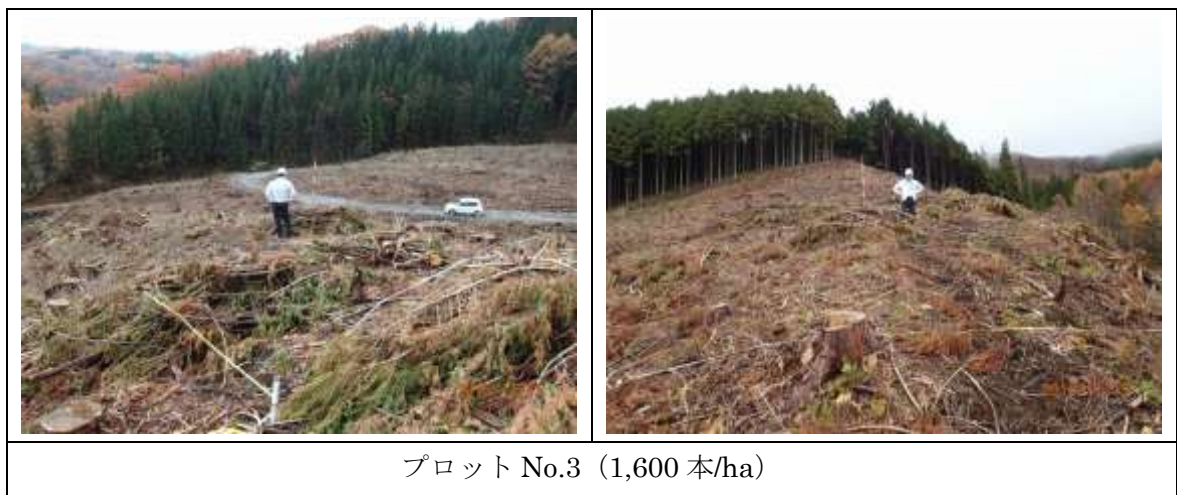
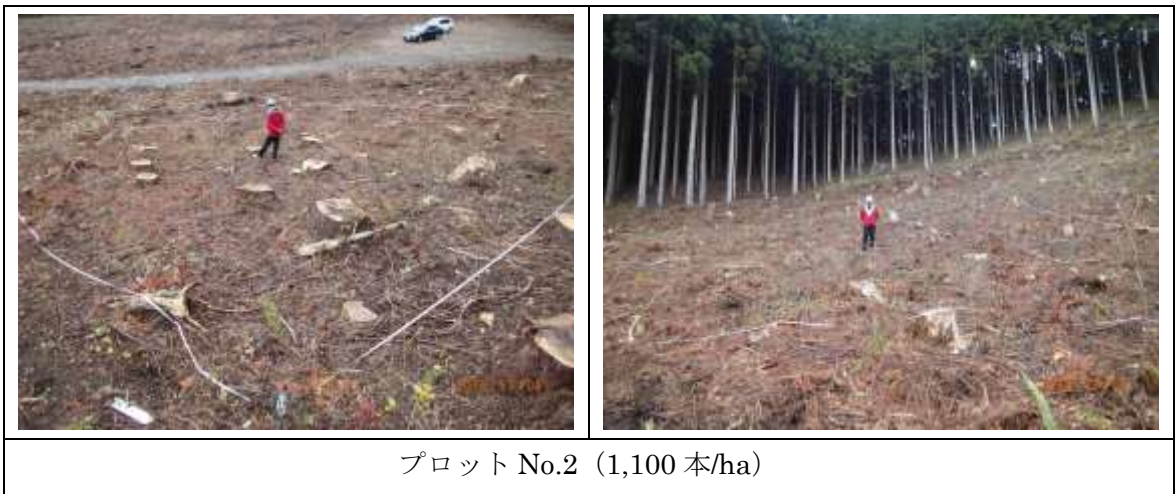
（注 3）本試験地は No.3 ヒノキ試験地に隣接し、地拵え作業は 2 試験地を合わせて実施した。

岐阜県高山市のヒノキ試験地については、前項 No.3 のカラマツ試験地と同時に地拵えを実施しているため生産性は同様である。

試験地は一部傾斜があるが全体的に足場は良好であり、一貫作業を実施しているため、下草の繁茂量は少なく植栽は効率的に実施できると思われた。しかし生産性は 179.8 本/人日に留まっており、試験的な試みであることから植栽位置の確認、及びマーキング等の事前準備に時間を費やしたことが要因の一つと推測された。

(7) 現地写真







プロット No.5 (2,500 本/ha)



プロット No.6 (2,500 本/ha)



植栽木の状況_個体 No.241 (1,100 本/ha)

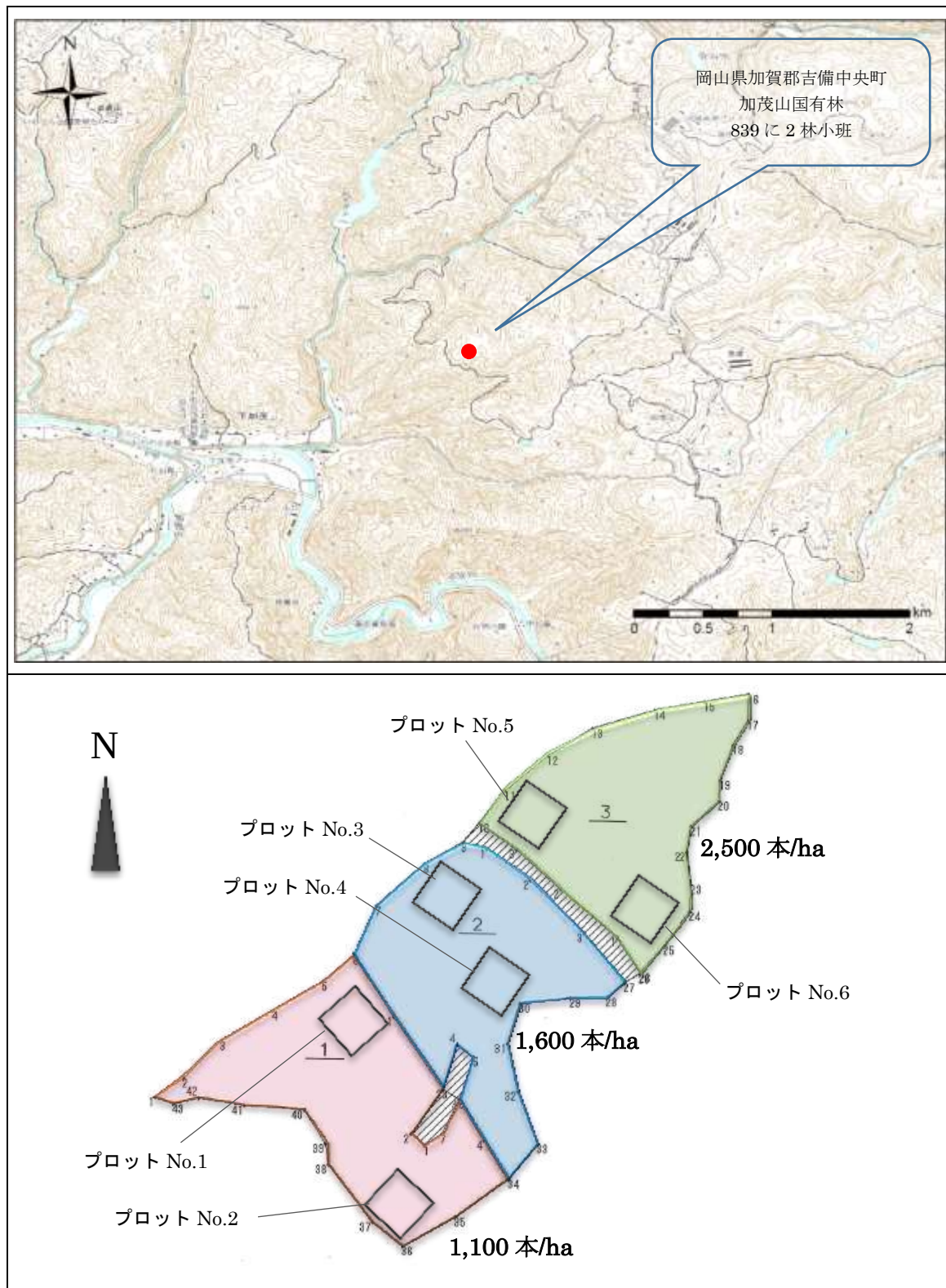


植栽木の状況_個体 No.268 (2,500 本/ha)

5.2 中国・四国地域

5.2.1 岡山県 加賀郡 吉備中央町（加茂山国有林）(No. 5)

(1) 位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】ヒノキ、一部スギ

【前生樹の林齢】61 年生

【前成樹の立木密度】1,188 本/ha

【伐採】平成 27 年（伐採後 1 年）



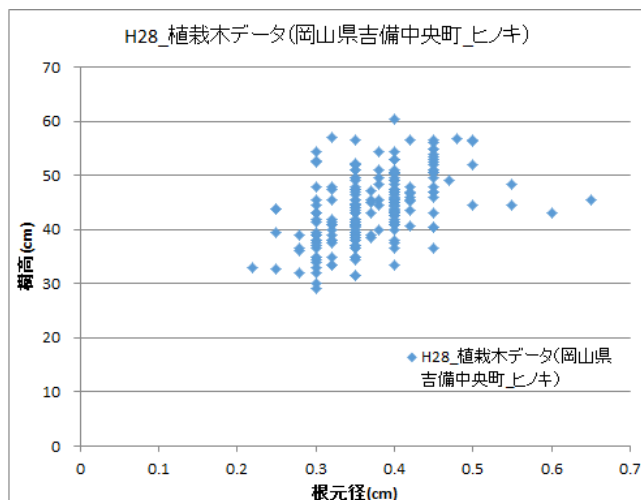
実証試験地	岡山県 加賀郡 吉備中央町 加茂山国有 839 に 2 林小班			
苗木種	ヒノキ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.29ha	0.39ha	0.37ha	0.86ha
植栽本数	323 本	468 本	700 本	1,491 本
気温/ 降水量	12.1℃（平均気温）/ 1,354.3mm（年降水量）（平年値、新見市）			
標高/ 傾斜/ 方位	350～370m / 10～20° / SE～SW			
土壌				
土地所有者	国有林			
植栽実施者	岡山森林組合			
植栽日	2016 年 12 月 14 日			

(3) 調査プロット概要

密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	斜面上部に設置
	No.2	18×18m	36 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	36 本	斜面上部に設置
	No.4	15×15m	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本	斜面下部に設置
合計			216 本	

(4) 調査結果

地区	岡山県吉備中央町	
調査日	2016 年 12 月 15 日	
項目	根元径	樹高
データ数	216	216
平均	0.37	43.88
分散	0.004	38.972
標準偏差	0.06	6.24
最小値	0.22	29.0
最大値	0.65	60.5
形状比平均	119.7	



【苗木の特徴】

- ・ヒノキ 150cc コンテナ苗（購入先：豊並樹苗生産組合）
- ・根元径平均が 0.37cm、樹高平均が 43.88cm
- ・形状比平均が 119.7
- ・比較的に樹高の分散は小さいが、根元径の分散は大きい。

(5) 植栽コスト

岡山県吉備中央郡(国有林)のヒノキ 150cc コンテナ苗の低密度植栽試験(1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha)について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha (コンテナ苗植栽)			1,600 本/ha (コンテナ苗植栽)			2,500 本/ha (コンテナ苗植栽)		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	432,800	432,800	1.000 ha	432,800	432,800	1.000 ha	432,800	432,800
苗木	1,100 本	200	220,000	1,600 本	200	320,000	2,500 本	200	500,000
植栽	1,100 本	217	238,519	1,600 本	217	346,936	2,500 本	217	542,088
鹿柵	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他	1.000 ha	226,440	226,440	1.000 ha	226,440	226,440	1.000 ha	226,440	226,440
計	1.000 ha	—	1,117,759	1.000 ha	—	1,326,176	1.000 ha	—	1,701,328

なお、参考までに、仮に同地にて、ヒノキ約 40cm の苗高の裸苗を通常密度（3,000 本/ha）で植栽する場合の ha あたりのコスト（推定値）を聞き取り結果より示す。

項目	3,000 本/ha（裸苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	432,800	432,800
苗木	3,000 本	91	272,400
植栽	3,000 本	181	542,088
鹿柵	—	—	—
その他	1.000 ha	226,440	226,440
計	1.000 ha	—	1,473,728

前生樹の伐採時の枝条が大量に残置されていたため、地拵えにはグラップルやフォワーダ等の重機の稼働、加えて人力作業による地拵えが要され、コストが高くなっている。

ヒノキコンテナ苗（150cc）の植栽コストは、植栽密度 1,600 本/ha 以下であれば、通常密度（密度 3,000 本/ha）の裸苗の植栽より安価であると想定された。

（6）生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日/ha)	植栽 人工	植栽苗	植栽 器具	植栽 本数	生産性 (本/人 日)
⑤岡山県 吉備中央町	14.1	グラップル・刈払い機・チェーンソー、フォワーダ	0.86	16.4	15.9	ヒノキ 150cc	ディプル、唐鋤	1,492	94.0

（注 1）現場における日労働時間は 8～9 時間である。（昼休憩含む）

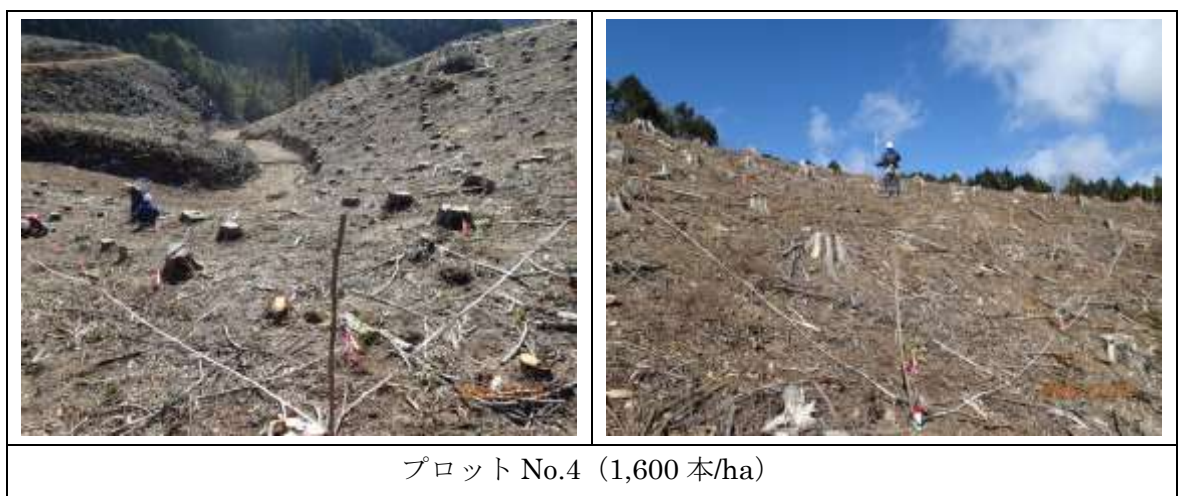
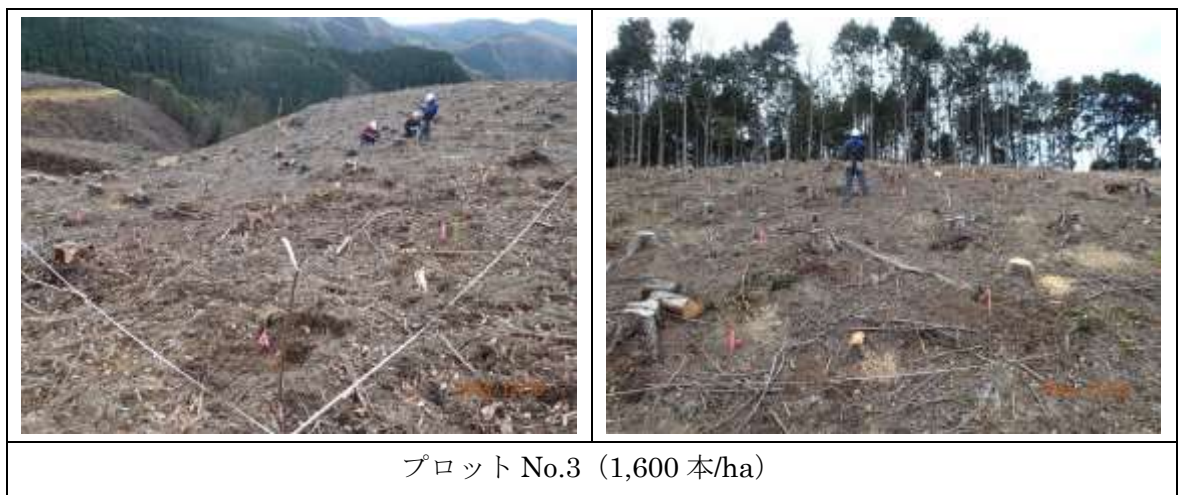
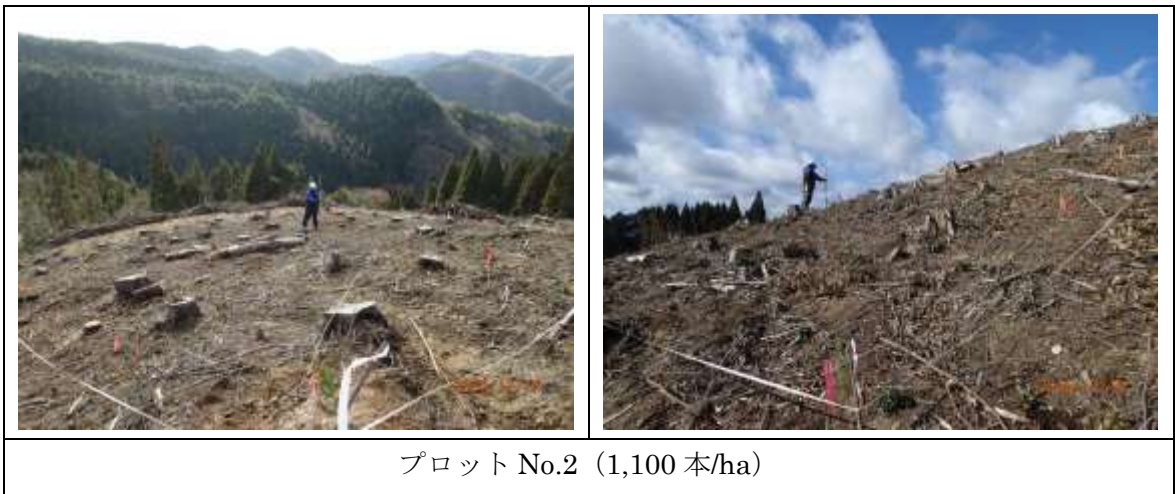
（注 2）本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

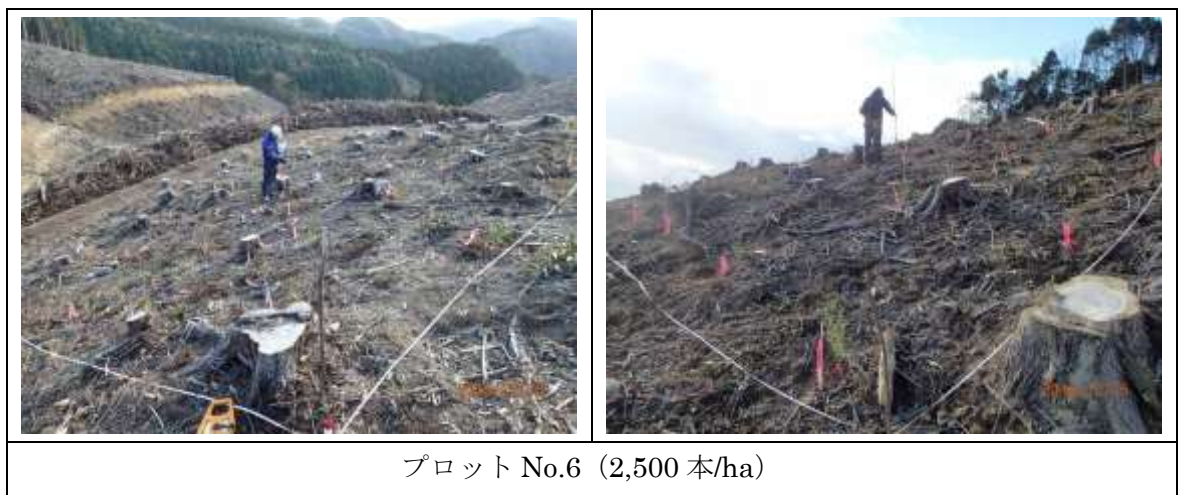
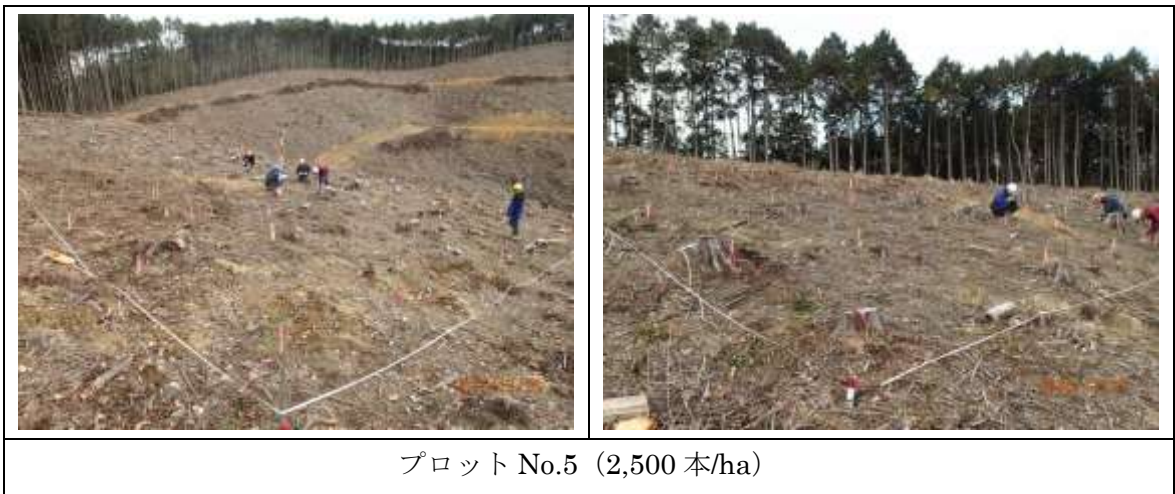
岡山県吉備中央町の試験地は伐採から 1 年が経過しているが下草は少ない。また、全体的に地形は緩傾斜地である。地拵えにはグラップルやフォワーダ等の重機が数日間稼働し、その後に人力作業による丁寧な集材作業等が実施された。重機が稼働することで効率的な作業が実施されたが、道路から現場までのアクセス等のロスがあり生産性は 16.4 人日/ha となっている。

植栽は地形が緩傾斜であるためディプルを用いて効率的に進んだが、植栽位置の確認やマーキング等の事前準備を丁寧に実施したため、生産性が 94.0 本/人日と低い値となっている。

(7) 現地写真

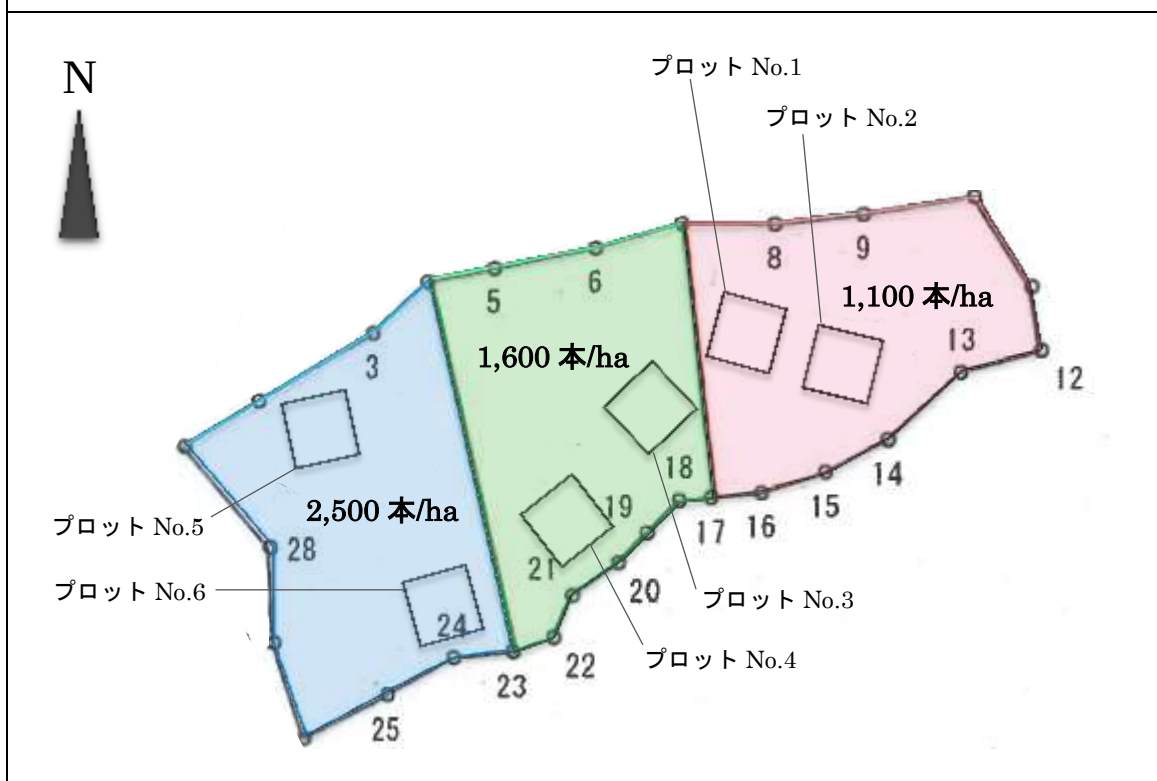
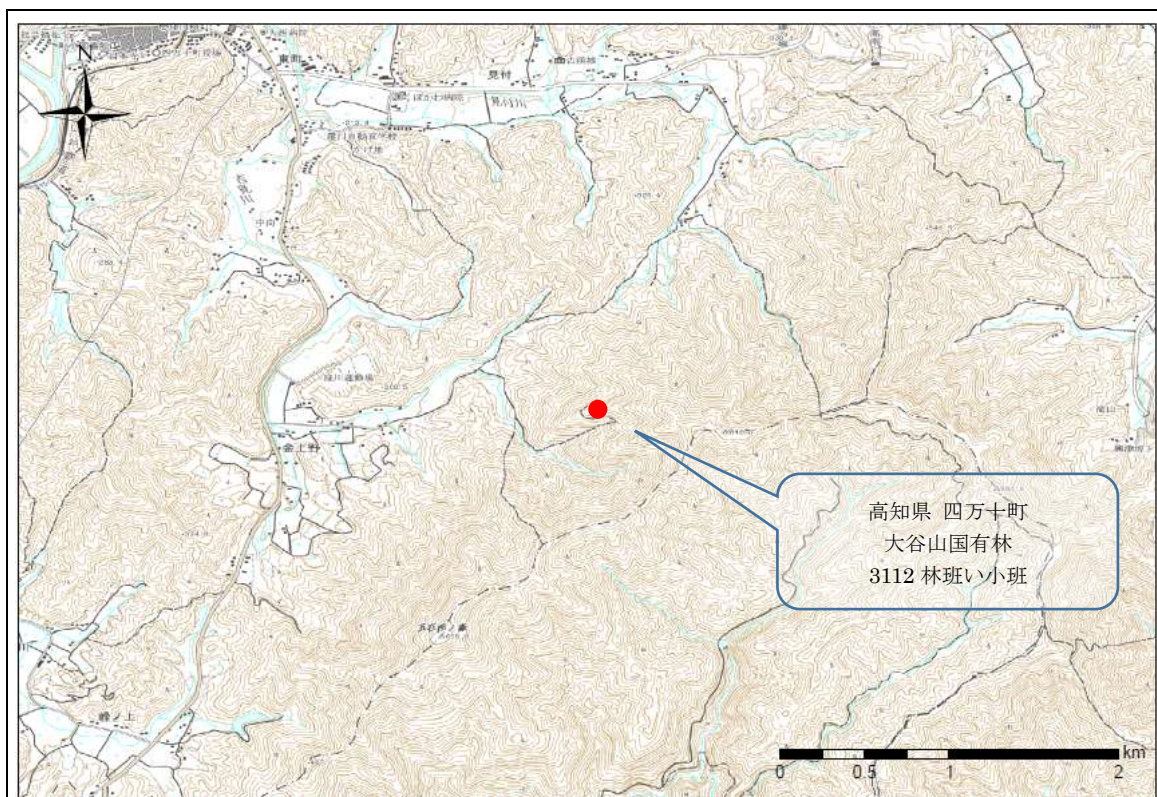
	
地拵え風景 (2016 年 12 月)	地拵え風景 (2016 年 12 月)
	
実証試験地_遠景 (地拵え前 2016 年 10 月)	実証試験地 遠景 (地拵え後 2016 年 12 月)
	
プロット No.1 (1,100 本/ha)	





5.2.2 高知県 四万十町（大谷山国有林）（No. 6）

（1）位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】 スギ、ヒノキ

【前生樹の林齢】 58 年生

【前成樹の立木密度】

スギ 1,869 本/ha

ヒノキ 2,048 本/ha

【伐採】 平成 26 年（伐採後 2 年）



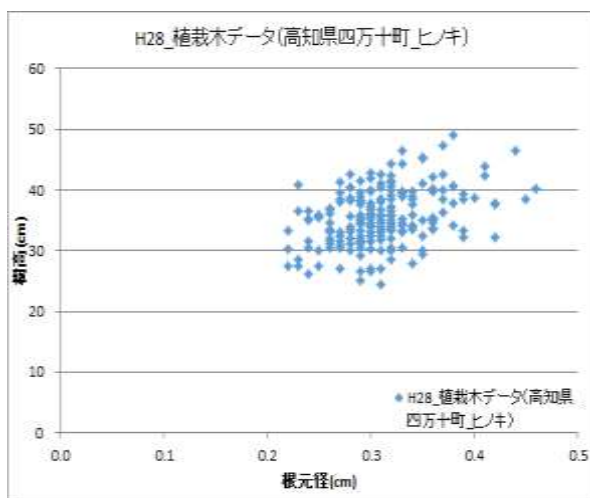
実証試験地	高知県四万十町大谷山国有林 3112 林班い小班			
苗木種	ヒノキ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.31ha	0.33ha	0.34ha	0.98ha
植栽本数	341 本	528 本	850 本	1,719 本
気温/ 降水量	14.8℃（平均気温） / 3089.2mm（年降水量）（平年値、窪川）			
標高/ 傾斜/ 方位	410～480m / 35～40° / S			
土壌				
土地所有者	国有林			
植栽実施者	四万十町森林組合 窪川支所			
植栽日	2017 年 2 月 28 日～3 月 2 日			

(3) 調査プロット概要

密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	斜面上部に設置
	No.2	18×18m	36 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	39 本	斜面上部に設置
	No.4	15×15m	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本	斜面下部に設置
合計			219 本	

(4) 調査結果

地区	高知県四万十町	
調査日	2017年2月28日・3月1日	
項目	根元径	樹高
データ数	219	219
平均	0.31	35.5699
分散	0.002	20.054
標準偏差	0.04	4.48
最小値	0.22	24.5
最大値	0.46	49.0
形状比平均	115.6	



【苗木の特徴】

- ・ヒノキ 150cc コンテナ苗
(購入先：高知県種苗緑化協同組合)
- ・根元径平均が 0.31cm、樹高平均が 35.6cm。
今年度のヒノキの実証試験地内において、樹高、根元径ともに、当試験地の平均値が最も小さい。
- ・形状比平均 115.6
- ・樹高、根元径ともに分散は比較的小さい。



(5) 植栽コスト

高知県四万十町(国有林)のヒノキ 150cc コンテナ苗の低密度植栽試験(1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha)について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha (コンテナ苗植栽)			1,600 本/ha (コンテナ苗植栽)			2,500 本/ha (コンテナ苗植栽)		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	345,000	345,000	1.000 ha	345,000	345,000	1.000 ha	345,000	345,000
苗木	1,100 本	170	187,000	1,600 本	170	272,000	2,500 本	170	425,000
植栽	1,100 本	120	132,000	1,600 本	120	192,000	2,500 本	120	300,000
鹿柵	—	—	—	—	—	—	—	—	—
その他	1.000 ha	272,130	272,130	1.000 ha	272,130	272,130	1.000 ha	272,130	272,130
計	1.000 ha	—	936,130	1.000 ha	—	1,081,130	1.000 ha	—	1,342,130

なお、参考までに、仮に同地にて、ヒノキ約 40cm の苗高の裸苗を通常密度（3,000 本/ha）で植栽する場合の ha あたりのコスト（推定値）を聞き取り結果より示す。

項目	3,000 本/ha（裸苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	345,000	345,000
苗木	3,000 本	90	270,000
植栽	3,000 本	120	360,000
鹿柵	—	—	—
その他	1.000 ha	272,130	272,130
計	1.000 ha	—	1,247,130

ヒノキコンテナ苗（150cc）の植栽コストは、植栽密度 1,600 本/ha 以下であれば、通常密度（密度 3,000 本/ha）の裸苗の植栽より安価であると想定された。

（６）生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日 /ha)	植栽 人工	植栽苗	植栽 器具	植栽 本数	生産性 (本/人 日)
⑥高知県 四万十町 (大谷山国 有林)	12.0	刈払い機	0.98	12.2	6.0	ヒノキ 150cc	唐鋤	1,514※ (1,733)	252.3

（注 1）現場における日労働時間は 8 時間である。（昼休憩含む）

（注 2）本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

（注 3）※…日報はプロット外の植栽のみを対象に記載しているため、プロット内の植栽本数を省いて生産性を計算した。（ ）内は試験区全体の植栽本数を示す。

高知県四万十町の試験地の傾斜は 35～40° と急峻であるが、生産性は地拵え、植栽ともに比較的、高い結果となった。

生産性向上の要因としては、植栽苗の運搬に、近隣の伐採に使用した架線を利用したこと、他の実証試験地と異なり、植栽位置のマーキング等を行わず、植栽間隔を示した棒を使用しながら植栽したこと、また、伐採から 2 年が経過していながら、礫の多い地質のせいか下草量が比較的少ないこと等が考えられた。

(7) 現地写真

	
実証試験地_遠景（地拵え前 2016 年 9 月）	実証試験地_遠景（地拵え後 2017 年 2 月）
	
実証試験地_近景（地拵え前 2016 年 9 月）	架線の状況（2016 年 2 月）



プロット No.1 (1,100 本/ha)



プロット No.2 (1,100 本/ha)



プロット No.3 (1,600 本/ha)



プロット No.4 (1,600 本/ha)



プロット No.5 (2,500 本/ha)



プロット No.6 (2,500 本/ha)



植栽風景（2017年2月）



植栽風景（2017年2月）



植栽木の状況_個体 No.180（1,100本/ha）



植栽木の状況_個体 No.56（1,600本/ha）

5.3 九州地域

5.3.1 宮崎県 都城市 (No. 7)

(1) 位置図



(2) 植栽地の概要

【前生樹種】スギ

【前生樹の林齢】40 年生・63 年生

【前成樹の立木密度】885 本/ha

【伐採】平成 28 年（一貫作業）



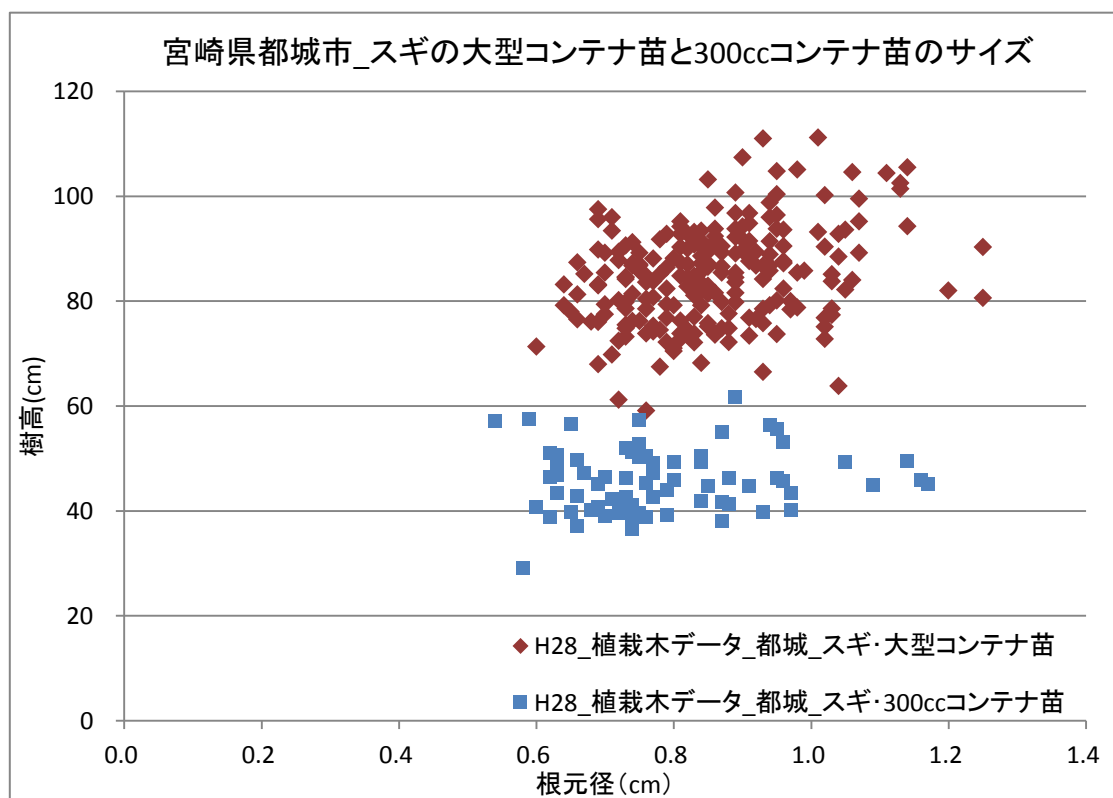
実証試験地	宮崎県都城市高野町 1533 番 22、1533 番 8、1537 番 35				
苗木種	スギ大型コンテナ苗			スギ 300cc コンテナ苗	合計
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	2,500 本/ha	
植栽面積	0.35ha	0.28ha	0.37ha	0.20ha	1.21ha
植栽本数	387 本	443 本	923 本	501 本	大苗:1,753 本 300cc:501 本
気温/ 降水量	16.5℃（平均気温） / 2481.8mm（年降水量）（平年値、都城）				
標高/ 傾斜/ 方位	295～355m / 6～20° /				
土壌	黒色火山灰土壌				
土地所有者	都城森林組合（社有林）				
植栽実施者	都城森林組合				
植栽日	2017 年 1 月 23 日（一貫作業による伐採・地拵え）				

(3) 調査プロット概要

密度調査区		プロット No.	プロット形	調査本数	シカ柵 内・外	備 考
スギ 大型コン テナ苗	1,100 本/ha	No.2	18×18m	36 本	内	1,100 本区上側に設置
		No.8	18×18m	36 本	外	1,100 本区下側に設置
	1,600 本/ha	No.4	15×15m	36 本	内	1,600 本区上側に設置
		No.6	15×15m	36 本	外	1,600 本区下側に設置
	2,500 本/ha	No.3	12×12m	36 本	内	2,500 本区上側に設置
		No.7	12×12m	36 本	外	2,500 本区下側に設置
合計				216 本	－	-
300cc コンテナ 苗	2,500 本/ha	No.1	12×12m	36 本	内	2,500 本区上側に設置
		No.5	12×12m	36 本	外	2,500 本区下側に設置
合計				72 本	－	-

(4) 調査結果

地区	大型コンテナ苗		300cc コンテナ苗	
調査日	2017 年 2 月 3 日		2017 年 2 月 3 日	
項目	根元径	樹高	根元径	樹高
データ数	216	216	72	72
平均	0.86	84.92	0.78	45.8
分散	0.015	85.259	0.020	37.700
標準偏差	0.12	9.23	0.14	6.14
最小値	0.6	59.1	0.5	29.1
最大値	1.3	111.2	1.2	61.8
形状比平均	100.5		60.0	



【苗木の特徴】

スギ・大型コンテナ苗（栽培協力：株式会社 長倉樹苗園）

- ・ 樹高平均が 84.9cm、根元径平均が 0.86cm、形状比平均が 100.5

300cc コンテナ苗（栽培協力：株式会社 長倉樹苗園）

- ・ 樹高平均が 45.8m、根元径平均が 0.78cm、形状比平均が 60.0

(5) 植栽コスト

宮崎県都城市にてスギの大型コンテナ苗の低密度植栽試験(1,100 本/ha・1,600 本/ha・2,500 本/ha)を実施した際の ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。

項目	1,100 本/ha (大型コンテナ苗植栽)			1,600 本/ha (大型コンテナ苗植栽)			2,500 本/ha (大型コンテナ苗植栽)		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	単価(円)
地拵え	1.000 ha	269,000	269,000	1.000 ha	269,000	269,000	1.000 ha	269,000	269,000
苗木	1,100 本	260	286,000	1,600 本	260	416,000	2,500 本	260	650,000
植栽	1,100 本	108	118,800	1,600 本	108	172,800	2,500 本	108	270,000
鹿柵	400 m	1,895	758,000	400 m	1,895	758,000	400 m	1,895	758,000
その他	1.000 ha	238,787	238,787	1.000 ha	238,787	238,787	1.000 ha	238,787	238,787
計	1.000 ha	—	1,670,587	1.000 ha	—	1,854,587	1.000 ha	—	2,185,787

また、大型コンテナ苗と同時に植栽した 300cc コンテナ苗の 2,500 本/ha 植栽試験について、ha あたりのコストを実際に掛かった経費〔税抜〕を基に示す。(実際の植栽は、2,500 本/ha のみであるが、参考までに 1,100 本/ha、1,600 本/ha 植栽も想定し示す。

項目	1,100 本/ha (300cc コンテナ苗植栽)			1,600 本/ha (300cc コンテナ苗植栽)			2,500 本/ha (300cc コンテナ苗植栽)		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	経費(円)	面積・本数	単価(円)	単価(円)
地拵え	1.000 ha	269,000	269,000	1.000 ha	269,000	269,000	1.000 ha	269,000	269,000
苗木	1,100 本	130	143,000	1,600 本	130	208,000	2,500 本	130	325,000
植栽	1,100 本	90	99,000	1,600 本	90	144,000	2,500 本	90	225,000
鹿柵	400 m	1,895	758,000	400 m	1,895	758,000	400 m	1,895	758,000
その他	1.000 ha	234,503	234,503	1.000 ha	234,503	234,503	1.000 ha	234,503	234,503
計	1.000 ha	—	1,503,503	1.000 ha	—	1,613,503	1.000 ha	—	1,811,503

なお、参考までに、仮に同地にて、スギ 40～50cm の苗高の裸苗を通常密度（3,000 本/ha）で植栽する場合の ha あたりのコスト（推定値）を聞き取り結果より示す。

項目	3,000 本/ha（裸苗植栽）		
	面積・本数	単価(円)	経費(円)
地拵え	1.000 ha	269,000	269,000
苗木	3,000 本	70	210,000
植栽	3,000 本	100	300,000
鹿柵	400 m	1,895	758,000
その他	1.000 ha	255,083	255,083
計	1.000 ha	—	1,792,083

今回はスギの大型コンテナ苗植栽試験のため、裸苗植栽との比較はあくまでも参考となるが、裸苗 3,000 本/ha 植栽と比較すると、大型コンテナ苗植栽では植栽密度 1,100 本/ha であれば、通常密度（密度 3,000 本/ha）植栽より安価であると想定された

（６）生産性

⑦宮崎県 都城市	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日 /ha)	植栽 人工	植栽苗	植栽 器具	植栽 本数	生産 性 (本/人 日)
大型 コンテナ 苗	18.0	グラップ ル・刈払 機	1.21	14.9	17.0	スギ大型 コンテナ 苗	自動植え 穴掘機	1,753	103.1
300cc コンテナ 苗					3.0	スギ 300cc コ ンテナ苗	手製ディ プル	500	166.7

（注 1）現場における日労働時間は 9 時間である。（昼休憩含む）

（注 2）本資料は地拵え及び植栽の作業日誌とヒアリングを基に整理した。

宮崎県都城市の地拵えについては、丁寧な作業が行われたため、生産性は約 14.9 人日/ha となった。一方、植栽の生産性は、大型コンテナ苗については 103.1 本/人日であり通常より若干低い。重量のある自動植え穴掘機を使用していることや、穴掘機の操作者が穴掘り専属になるため植栽者が別に必要になること、機械操作に慣れ不慣れが影響すること等が要因と考えられた。また 300cc コンテナ苗の生産性については 166.7 本/ha であり大型コンテナ苗植栽の約 1.5 倍の生産性となった。

(7) 現地写真

	
伐採前の林分の状況	林業機械による伐採の状況
	
伐採・地拵え終了	大型コンテナ苗（根鉢容量は約 470cc）
	
林内作業車で大型コンテナ苗を運搬	一束 30 本の大型コンテナ苗



自動植え穴掘り機による植栽作業



シカ柵の敷設



P1 コンテナ苗・シカ柵内 (2,500 本/ha)



P1 コンテナ苗 (300cc)



P2 大型コンテナ苗・シカ柵内 (1,100 本/ha)



P2 大型コンテナ苗



P3 大型コンテナ苗・シカ柵内 (2,500 本/ha)



P3 大型コンテナ苗



P4 大型コンテナ苗・シカ柵内 (1,600 本/ha)



P4 大型コンテナ苗



P5 コンテナ苗・シカ柵外 (2,500 本/ha)



P5 コンテナ苗 (300cc)



P6 大型コンテナ苗・シカ柵外 (1,600 本/ha)



P6 大型コンテナ苗



P7 大型コンテナ苗・シカ柵外 (2,500 本/ha)



P7 大型コンテナ苗



P8 大型コンテナ苗・シカ柵外 (1,100 本/ha)



P8 大型コンテナ苗

5.4 全体の考察

5.4.1 実証の概況

平成 28 年度の実証調査は全体計画及び仕様書の内容を基に、コンテナ苗の植栽を関東地方 2 箇所、中部地方 2 箇所、中国・四国地方 2 箇所の合計 6 箇所とし、大型コンテナ苗の植栽を九州地方 1 箇所で実施した。

実証調査は、おおむね 1ha に植栽密度別の試験地を設定しコンテナ苗を植栽した。植栽密度は所有者と調整の上、1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の 3 種とした。

今年度の実証地の内、伐採直後（1～2 ヶ月以内）に地拵・植栽を実施した実証地が 3 箇所（③④岐阜県高山市、⑦宮崎県都城市）、伐採の半年から 1 年（約 1 年後）に地拵え・植栽を行った実証地が 3 箇所（①②茨城県日立市、⑤岡山県吉備中央町）、伐採後 2 年後に地拵え・植栽を行った実証地が 1 箇所（⑥高知県四万十町）であった。昨年度の実証調査においては、三重県大紀町の試験地が伐採後 10 年経過しており地拵えに労力が掛かったが、今年度の実証地は前生樹の伐採から比較的に年数が浅く、前生樹の残材が多く残されていた⑤岡山県吉備中央町以外は、効率的な地拵え作業が実施されたと考えられる。

実証地のうち、民有林においては所有者と地拵え及び植栽、その後の下刈り、経費、森林保険、植栽木の所有、管理等に係る項目についての協定を結んだ上で試験を開始した。また、国有林においては管轄する森林管理署と調整のうえ試験を実施した。実証地の決定（低密度試験内容、樹種、面積、シカの有無、斜面条件等）には、土地所有者との調整が必要であり、ある程度の目星がついてからも、交渉に時間を費やした。結果的に植栽時期に遅れが生じる実証地もあった。翌年度の実証地は、北海道、東北の日本海側、北陸を予定しており、植栽時期の遅れは地域によっては積雪時期にずれ込む可能性があり、この点を十分に留意する必要がある。

植栽した苗木については、関東地方はスギとヒノキの 150cc コンテナ苗を 1 箇所ずつ、中部地方はカラマツとヒノキの 150cc コンテナ苗を 1 箇所ずつ、中国・四国地方はヒノキの 150cc コンテナ苗を 1 箇所ずつ、九州地域はスギの大型コンテナ苗、比較として 300cc コンテナ苗を 1 箇所で植栽した。実証地の地形や道路等は様々であり、本文に記載した一覧表や地形図等を参照されたい。

地拵え作業は、程度に違いがあるものの方法は全国的に大きな違いはなかった。一方で植栽作業は、各実施事業体により方法が様々であり、事前に植栽位置を決めるためにヒモを引いたうえでマーキング（石灰や割り箸等で目印）をしてから植栽する事業体や、植栽間隔を示した棒で検討を付けながら植栽する事業体があった。コンテナ苗の運搬においても、人力運搬、重機による運搬、急峻な地形のため架線での運搬など様々であり、植栽においてもコンテナ苗専用の植栽器具であるディプルを装備している事業体、唐鍬を使う事業体、ディプルを手製で作成し使用する事業体等、様々であり、コンテナ苗の普及において様々な工夫がなされていることが伺える。

以下に、植栽した苗木の特性、植栽に係るコスト、生産性の調査結果を示す。

5.4.2 苗木の特性

表 5-2 コンテナ苗木の形状

場所	樹種等	平均樹高 (cm)	平均 根元直径 (cm)	平均 形状比	樹高 分散	根元直 径分散
①茨城県日立市十王町 (国有林)	ヒノキ 150cc	44.4±5.83	0.37±0.05	122.1	33.944	0.002
②茨城県日立市十王町 (民有林)	スギ 150cc	42.9±6.39	0.47±0.07	93.4	40.885	0.005
③岐阜県高山市	カラマツ 150cc	32.8±3.05	0.45±0.07	74.3	9.329	0.005
④岐阜県高山市	ヒノキ 150cc	55.5±7.66	0.50±0.08	112.5	58.649	0.006
⑤岡山県吉備中央町	ヒノキ 150cc	43.9±6.24	0.37±0.06	119.7	38.972	0.004
⑥高知県四万十町	ヒノキ 150cc	35.6±4.48	0.31±0.04	115.6	20.054	0.002
⑦宮崎県都城市	スギ 大型 コンテナ苗	84.9±9.23	0.86±0.12	100.5	85.259	0.015
	スギ 300cc	45.8±6.14	0.78±0.14	60.0	37.700	0.020

※上記データはプロット内の植栽木の計測データを基にしている。

※平均樹高および平均根元径の“±”は、それぞれの標準偏差を示す。

- ≫ コンテナ苗の平均樹高は、ヒノキ 150cc 苗が4産地で 35cm～55cm、スギ 150cc 苗で 43cm、スギ 300cc 苗で 46cm、カラマツ 150cc 苗で 33cm 前後であった。なお、ヒノキについては④のみ 3 年生の実生苗であり、他のヒノキ苗は 2 年生の実生苗であった。また、⑦については挿木苗である。
- ≫ 平均根元直径は、ヒノキ 150cc 苗が 4 産地で 0.3cm～0.5cm、スギ 150cc 苗で 0.5cm、スギ 300cc 苗で 0.8cm、カラマツ 150cc 苗で 0.5cm 前後であった。
- ≫ 形状比（樹高／根本直径〔値が低い程樹高に対する根元直径が太い〕）は、カラマツが低く、スギが中庸で、ヒノキが高い。ヒノキの形状比が高いのは昨年度も同様であり、今年度は4産地で 113～122 となっている。なお、最も形状比が低いのは④の 3 年生実生苗である。
- ≫ 苗木の樹高、根元直径のバラつきを標準偏差、及び分散で示した。樹高のバラつきは、昨年度と同様にカラマツが特に小さく一様な苗木が多かったといえる。
- ≫ 根元直径については本来 0.5 cm 以上、形状比は 60～70 が望ましいが、今回使用したコンテナ苗は細いものが多い。後述する”5.5 コンテナ苗の活用について”にて記載しているが、生産者も根元直径のサイズアップを課題としており、今後、栽培法の改良を通じてコンテナ苗の品質向上が図られることを期待したい。

5.4.3 植栽に係るコスト

表 5.3 植栽に係るコスト

項目	①茨城県日立市 小松沢国有林 ヒノキ 150cc		②茨城県日立市 民有林 スギ 150cc		③岐阜県高山市 民有林 カラマツ 150cc		④岐阜県高山市 民有林 ヒノキ 150cc	
	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗
地拵え(円/ha)	337,263		350,000		328,666		328,666	
苗木(円/本)	175	98	165	106	230	100	230	100
植栽(円/本)	76	86	89	77	131	134	151	134
鹿柵(円/m)	—		—		1,731		1,731	
その他(円/ha)	408,248		260,030		238,667		239,973	
項目	⑤岡山県加賀郡 吉備中央町 加茂山国有林 ヒノキ 150cc		⑥高知県四万十町 大谷山国有林 ヒノキ 150cc		⑦宮崎県都城市			
	コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗	スギ 大型コンテナ苗		スギ 300cc	
					コンテナ苗	裸苗	コンテナ苗	裸苗
地拵え(円/ha)	432,800		345,000		269,000			
苗木(円/本)	200	91	170	90	260	70	130	70
植栽(円/本)	216	180	120	120	108	100	90	100
鹿柵(円/m)	—		—		1,895		1,895	
その他(円/ha)	226,440		272,130		238,787		234,503	

(注) 苗木代は、純粋な苗木の単価を示した。植栽費用には、林内における苗木の運搬代、植栽の事前準備費用が含まれる。その他には、事前調査、森林保険、諸経費等が含まれる。

【地拵え】

≫ 地拵えコストは、前生樹を伐採してからの経過年数が多いほど高い傾向にある（①②⑥）。

（⑤は試験地面積を確保のため、棚積された枝条の再移動でコストが高くなっている。）

≫ 一貫作業を実施し、更に地拵えにグラップル等の林業機械を使用している地域はコストが低くなっている（③④⑦）。

【苗木】

≫ 全てコンテナ苗を使用した。値段は、「カラマツコンテナ苗 > ヒノキコンテナ苗 > スギコンテナ苗」の順に高かった。

≫ コンテナ苗は、九州地域のスギコンテナ苗が挿し木苗であるが、その他は実生苗であった。

【植栽】

≫ コンテナ苗の植栽経費は、一般的には裸苗の植栽ほど掛からないと想定していたが、本試験の各事業体からの見積もりでは、裸苗よりもコンテナ苗の植栽を高く見積もる傾向が複数事業体でみられた。その事業体にヒアリングしたところ、植栽自体はコンテナ苗の方が容易であるが、運搬にコストが掛かると考える場合、また、コンテナ苗の植栽に不慣れで

あるためコストが掛かると考え、高く見積もる場合等があった。

【鹿柵・その他】

- ≫ 昨年度の報告にもあるが、鹿柵を設置すると ha 当り 50～75 万円程度（材料費込）経費が掛かる。これは、民有林における一般的な柵の設置費用であり、杭やその基礎、網を強固にする場合はこの倍程度のコストが掛かる。また、昨年度に設置したシカ柵が、今年度にピンが抜け、隙間ができていたケースが確認され、鹿柵にはメンテナンスを込みで想定する必要がある。

5.4.4 植栽に係る生産性

表 5.4 植栽に係る生産性

場所	地拵え				植栽				
	地拵え 人工	使用機械	面積 (ha)	生産性 (人日 /ha)	植栽 人工	植栽苗	植栽 器具	植栽 本数	生産性 (本/人 日)
①茨城県 日立市 十王町 (国有林)	17.0	グラップル・刈払い機・チェーンソー	1.70	10.0	16.0	ヒノキ 150cc	手製ディプル、唐鋏	2,400	150.0
②茨城県 日立市 十王町 (民有林)	14.0	刈払い機・チェーンソー	1.03	13.6	12.1	スギ 150cc	ディプル	1,695	139.6
③岐阜県 高山市 (民有林)	18.0	グラップル・刈払い機・チェーンソー	1.90	9.5	9.4	カラマツ 150cc	ディプル	1,560	165.5
④岐阜県 高山市 (民有林)		グラップル・刈払い機・チェーンソー			9.4	ヒノキ 150cc	ディプル	1,695	179.8
⑤岡山県 吉備中央町 (国有林)	14.1	グラップル・刈払い機・チェーンソー	0.86	16.4	15.9	ヒノキ 150cc	ディプル、唐鋏	1,492	94.0
⑥高知県 四万十町 (国有林)	12.0	刈払い機	0.98	12.2	6.0	ヒノキ 150cc	唐鋏	1,514※ (1,733)	252.3
⑦宮崎県 都城市 (林有林)	18.0	グラップル・刈払い機	1.21	14.9	17.0	スギ大型コンテナ苗	自動植え穴掘機	1,753	103.1
					3.0	スギ300ccコンテナ苗	手製ディプル	500	166.7

※…作業日報がプロット外の植栽のみを対象に作成しているため、プロット内の植栽本数を省いて計算した。()内は試験区全体の植栽本数を示す。

【地拵え】

≫ 一貫作業として伐採直後（伐採後約1～2ヶ月以内）に地拵えをする場合、地拵えの生産性が高い（③④）。一方で伐採後、月日を経て地拵えを実施する場合、侵入木の繁茂状況により、生産性が落ちている（②⑤⑥）。

（⑤は試験地面積を確保のため、棚積された枝条の再移動で生産性を落としているとも考えられる。）

≫ 地拵えに林業機械を用いた場所（①③④）では、生産性が高い。

≫ 植栽現場までの距離が近い場合は生産性が高い（③④）。

- ≫ 急傾斜を含む試験地は生産性が低い(②⑥)。一方で平坦な試験地は生産性が高い(③④)。
- ≫ その他、今回は事例が無かったが、シカの高密度生息地においては、植生が食害を受けている場合があり、地拵えの生産性が上がることもある(シカが嫌う植生は繁茂する)。

【植栽】

- ≫ 平坦地では植栽の生産性が高い(③④)。一方で急傾斜地が含まれると生産性が低い傾向にある(②)。
 - ⑥は試験地全体が急傾斜地であるが、架線による苗の運搬により、生産性が落ちていないと考えられる。
- ≫ 植栽位置のマーキング等、事前準備の有無で生産性が大きく異なる(⑥とその他)。今回の調査では植栽前の事前準備について特に指定しておらず、植栽位置を定めるためにヒモを引き、植栽位置をマーキングする等、事前準備を行う事業体がほとんどであった。マーキング等を行わず、植栽間隔を示した棒を使用しながら植栽した⑥は、生産性が高く表れている。また、試験という要素により丁寧な作業が実施されており、全体的に作業スピードは落ちているものと考えられた。

5.5 コンテナ苗の活用について

コンテナ苗は、植栽時期の拡大が期待できる（土壌凍結や積雪時、長期間乾燥が続く時期等は除く）こと、また、活着率が高いことなどが研究成果として報告され普及が進んでいる。しかし現場の声の中には、値段が高いこと、持ち運びが困難であること、扱いに不慣れであることなど、現段階ではネガティブな発言もある。また、生産者から造林業者まで、及び土場から植栽現場までの搬送コストが掛かること、植栽器具（ディプル等）の普及が追いついていないことなどの課題がある。

一方で生産者はコンテナ苗の量産に備えた機械の導入、均一な苗の生産、得苗率の向上などの課題に取り組んでいる。また本事業でも協力いただいているが、シカの食害対策、及び下刈りの省力化によるコストの低減を課題に、新たな試みとして大型コンテナ苗の生産に取り組んでいる生産者もいる。

今回はコンテナ苗生産の課題に取り組み、実証調査にて協力いただいた苗木生産者に、出荷苗の基本情報の他、コンテナ苗を生産するに当たり注意している点、及び工夫している点、現在取り組んでいる課題、今後取り組みたい課題について、答えられる範囲でヒアリング及びアンケートを実施した。以下に結果を示す。

◇苗木生産時の注意、工夫点	◇現在取り組んでいる課題、今後取り組みたい課題
・ 苗の大きさの均一化 ・ 温度、湿度の調節 ・ 日照条件、散水条件の均一化 （苗の位置をローテーションする等） ・ 適度な冠水、過灌水の注意 ・ 出荷数日前の水切り ・ 出荷時にマルチキャビティから取り出し、 10本ごとにラッピングしている。	・ 得苗率の向上 ・ 早期出荷 ・ 成長が早い苗木の生産 ・ 低コスト化、省力化 ・ 苗木のサイズアップ ・ 地際径のサイズアップ ・ 適時に出荷できなかった苗木の有効活用 （大苗化等）

上記は5生産者（関東1、中部2、中国1、四国1）の意見であるが、ほぼ全ての生産者が、得苗率の向上と、苗の均一化、早期出荷、省力化を課題に挙げ、対策に取り組んでいた。その他、生産者の中には、発注は多く来るが、多く生産しても余りが出てしまい採算が合わないことがあるといった、流通の面でも課題があり対策が必要となっている。

今後、コンテナ苗の質の安定が進むことで価格の安定化や更なる普及に繋がると思われ、将来的には、コンテナ苗、裸苗、大型コンテナ苗等が、地域性、気候性、獣害の有無、植栽現場までの距離、斜面条件、搬送方法など、適材適所で使い分けて活用されること、また、低コスト化を図るための一貫作業システムの中で、裸苗では植栽に適さなかった時期においても良好な活着が期待できるコンテナ苗を普及・活用することが望ましいと考える。

6 平成 27 年度植栽地における現地調査及び下刈りの実証調査

本項では平成 27 年度の実証調査地である 10 箇所の植栽地において、植栽木の追跡調査、及び下刈り作業を実施した。

追跡調査については昨年度に設置したプロット内の植栽木の樹高、根元直径について記録し、調査地の概況把握のため昨年度と同様の位置から林況写真を撮影した。

下刈りについては下草の繁茂状況を確認し、必要に応じて下刈りを実施することとした。

なお、昨年度の植栽地は、東北地域の太平洋側、近畿地域、九州地域の計 10 箇所である。表 6.1 に平成 27 年度の低密度植栽実証地の一覧を、図 6.1 にその位置図を示した。

表 6.1 平成 27 年度 低密度植栽実証地一覧（全 10 箇所）

No.	場所	苗木種	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	植栽本数(本)	備考
1	岩手県紫波郡紫波町赤沢 行人平 63-12(125-8 林小 班⑤・⑥)	カラマツ 150cc コンテナ苗	1,600	0.50	800	2,050
			2,500	0.50	1,250	
2	岩手県盛岡市猪去上猪去 55-1(203 林班-2-2)	カラマツ 150cc コンテナ苗	1,100	0.35	385	1,695
			1,600	0.35	560	
			2,500	0.30	750	
3	岩手県葛巻町押田内 267-1 林小班②	カラマツ 150cc コンテナ苗	1,600	0.54	864	2,189
			2,500	0.53	1,325	
4	宮城県登米市東和町米川 字東綱木 33 林班イ-1・6 小班	スギ 150cc コンテナ苗	1,100	0.38	418	1,976
			1,600	0.38	608	
			2,500	0.38	950	
5	三重県大紀町 2064 林班 ア-9 小班	ヒノキ 150cc コンテナ苗	1,600	0.50	800	1,800
			2,500	0.40	1,000	
6	長崎県大村市 14 林班 20-1 小班	ヒノキ 300cc コンテナ苗	1,600	0.36	576	1,476
			2,500	0.36	900	
7	長崎県東彼杵郡遠ノ久保 56-3 遠目採穂園	ヒノキ 300cc コンテナ苗	1,100	0.38	420	1,780
			1,600	0.35	560	
			2,500	0.32	800	
8	熊本県美里町大露山団地 26 林班 1 小班 3-0 林分	スギ 300cc コンテナ苗	1,600	0.56	952	2,327
			2,500	0.55	1,375	
9	宮崎県椎葉村大字大河内 1 林班ア 10 小班	スギ 300cc コンテナ苗	1,100	0.35	385	1,695
			1,600	0.35	560	
			2,500	0.30	750	
10	鹿児島県薩摩川内市祁答 院町大字黒木字片草 2826(50 林班イ 59 小班)	スギ 300cc コンテナ苗	1,600	0.47	752	1,902
			2,500	0.46	1,150	

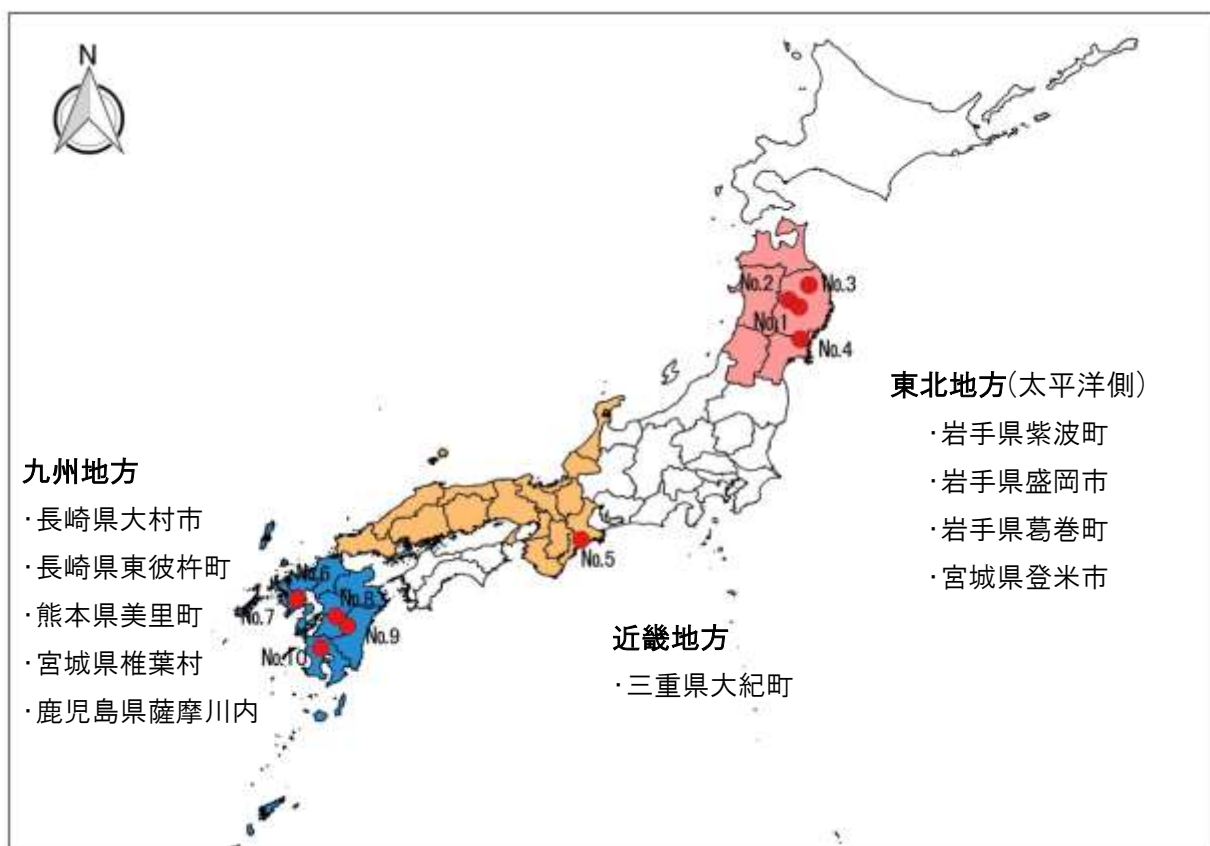


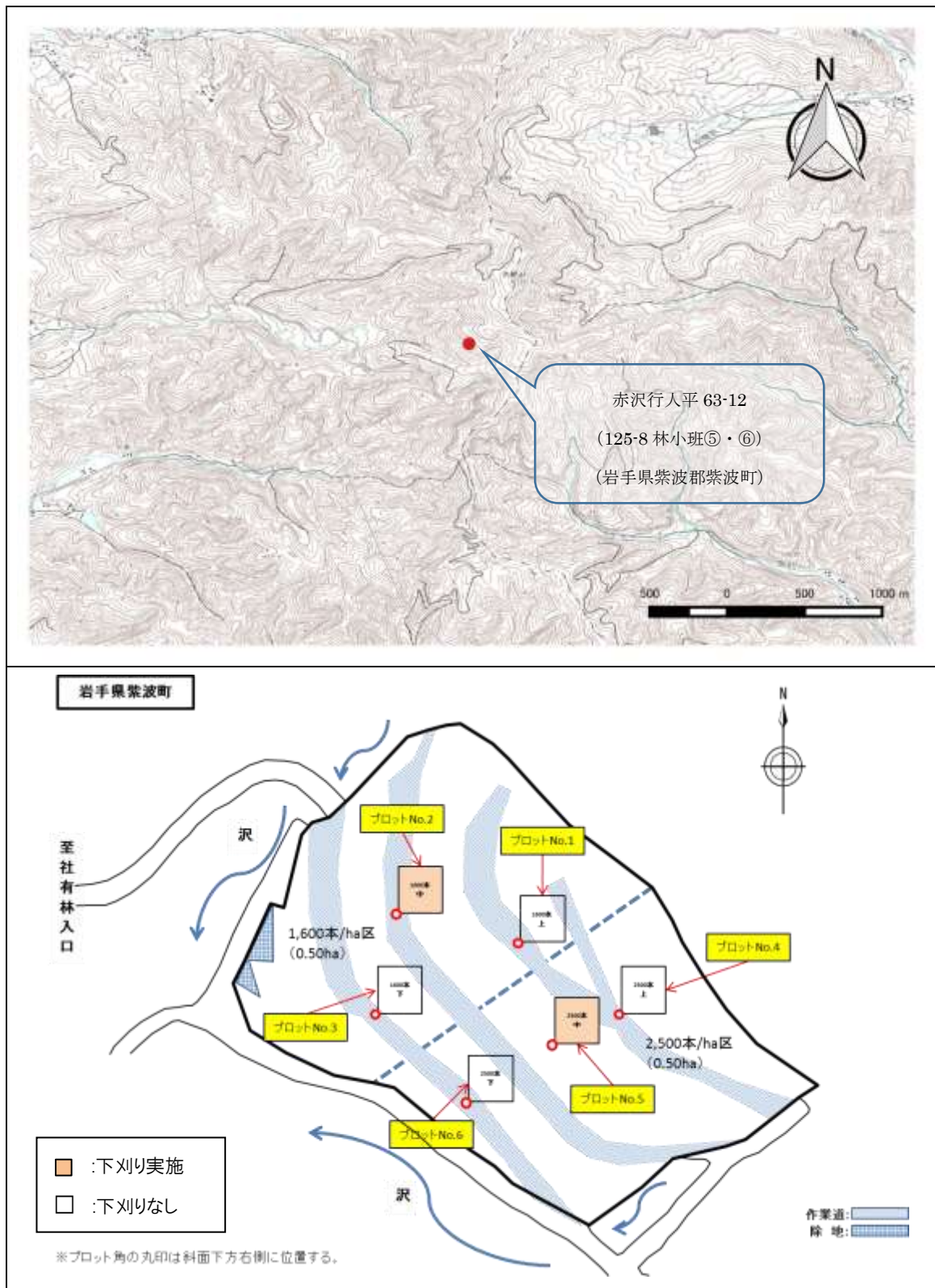
図 6.1 平成 27 年度 低密度植栽実証地位置図

以下に試験地及びプロットの概要、追跡調査の結果、下刈りの実施状況を示すを試験地ごとに示す。

6.1 東北地域（太平洋側）

6.1.1 岩手県 紫波郡 紫波町（No.1）

（1）位置図



(2) 試験地の概要

岩手県紫波町は傾斜が緩く、作業道から近いため、昨年度の植栽時には林業機械（グラップル）を使用し、地拵えは効率的に実施された。また、前生樹の伐採は植栽の 1 ヶ月前であり一貫作業でその後、地拵え、植栽が実施された。

実証試験地	岩手県紫波郡紫波町赤沢行人平 125・8 林小班		
苗木種	カラマツ 150cc コンテナ苗		
植栽密度区	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.50ha	0.50ha	1.00ha
植栽本数	800 本	1,250 本	2,050 本
気温/ 降水量	10.0℃（平均気温）/ 1,239.7mm（年降水量）（平年値、紫波）		
標高/ 傾斜/ 方位	550～580m / 10～25° / SW		
土壌	乾性褐色森林土～褐色森林土		
土地所有者	岩手県盛岡市菜園 1 丁目 3-6 株式会社イワリン		
植栽実施者	岩手県盛岡市菜園 1-3-6 ノースジャパン素材流通協同組合		
植栽日	平成 27 年 12 月 24～26 日（前生樹の伐採は平成 27 年 11 月）		

(3) 調査プロットの概要

当試験地においては、昨年度に一貫作業で植栽が実施されたこともあり、下草の繁茂量が少なく、基本的には下刈りを省くものとし、試験的に 2 個のプロット（No.2,5）において下刈りを実施した。なお、下刈りについては、8 月 19 日に実施した。

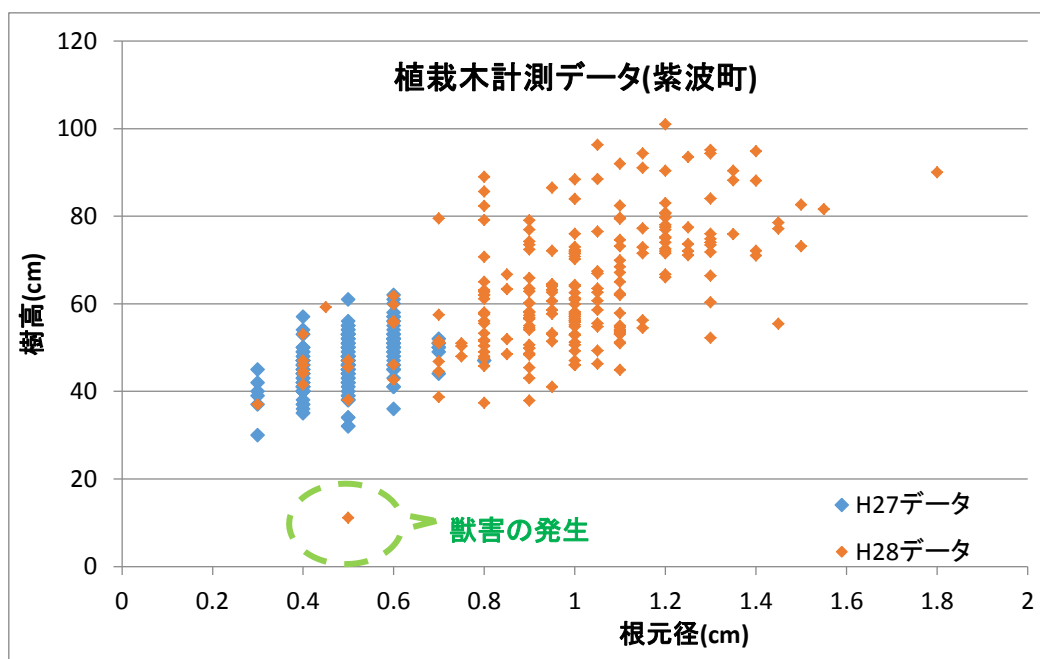
密度調査区	プロット No.	プロット形	植栽本数	下刈りの有無	備 考
1,600 本/ha	No.1	15×15m	36 本	無	斜面上部に設置
	No.2	15×15m	36 本	有	斜面中部に設置
	No.3	15×15m	41 本	無	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	12×12m	36 本	無	斜面上部に設置
	No.5	12×12m	37 本	有	斜面中部に設置
	No.6	12×12m	39 本	無	斜面下部に設置
合計			225 本		

(4) 追跡調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の成長状況を散布図で示す。

①岩手県紫波町		①1600 本/ha		②2,500 本/ha	
カラマツ 150cc		H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.5	1.0	0.5	1.0
	分散	0.008	0.072	0.006	0.045
	標準偏差	0.09	0.27	0.08	0.21
	最小値	0.3	0.3	0.3	0.4
	最大値	0.8	1.8	0.7	1.5
樹高	平均値	45.9	61.8	47.4	64.8
	分散	32.413	237.659	31.974	172.592
	標準偏差	5.69	15.42	5.65	13.14
	最小値	30.0	11.1	32.0	41.0
	最大値	62.0	101.0	61.0	95.1
形状比	平均値	96.2	64.0	96.6	66.7
	分散	262.951	272.505	240.432	186.965
	標準偏差	16.22	16.51	15.51	13.67
	最小値	58.8	38.2	64.0	40.2
	最大値	150.0	131.6	140.0	115.0

(追跡調査年月日:2016 年 12 月 16 日)



平均根元径の成長量は、両区とも約 0.5cm であり、樹高の成長量は 1,600 本/ha で平均 15.9cm、2,500 本/ha で平均 17.4cm の成長量が確認された。また、成長に伴い形状比が低下していることが確認できる。なお、密度効果が出ない現段階では、植栽密度別の評価はできないものとする（他地域にも同様のことが言える）。

（５）下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	下刈り面積(ha)	生産性(人日/ha)
①岩手県紫波町	0.5	刈払い機	0.037	13.6

（注 1）本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングを基に整理した。

下刈りの実施面積は 2 プロットのみのため作業者は 1 人であり、半日作業であった。作業量が少ないため、移動や準備の時間が大きく表れ、生産性を下げる結果となった。

（６）生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,600 本/ha	無	77	72	93.5	5	6.5	0
	有	36	32	88.9	4	11.1	0
	合計	113	104	92.0	9	8.0	0
2,500 本/ha	無	75	75	100.0	0	0.0	0
	有	37	36	97.3	1	2.7	0
	合計	112	111	99.1	1	0.9	0
合計		225	215	95.6	10	4.4	0

プロット内の枯死本数については、1,600 本/ha で 9 本、2,500 本/ha で 1 本が発生し、プロット全体においては合計 10 本の枯死が確認された。

また、プロット内の植栽木を対象に誤伐の発生状況、及び誤伐の程度（枯死、頭はね）について調査した。結果、当試験地のプロット内においては、誤伐は発生していなかった。

(7) 現地写真

	
実証試験地_遠景 (2015 年 12 月)	実証調査地_遠景 (2016 年 8 月)

	
プロット No.1_植栽直後 (2015 年 12 月)	プロット No.1 (2016 年 8 月)

	
プロット No.2_植栽直後 (2015 年 12 月)	プロット No.2 (2016 年 8 月)



プロット No.4_植栽直後 (2015 年 12 月)



プロット No.4 (2016 年 8 月)



プロット No.6_植栽直後 (2015 年 12 月)



プロット No.6 (2016 年 8 月)



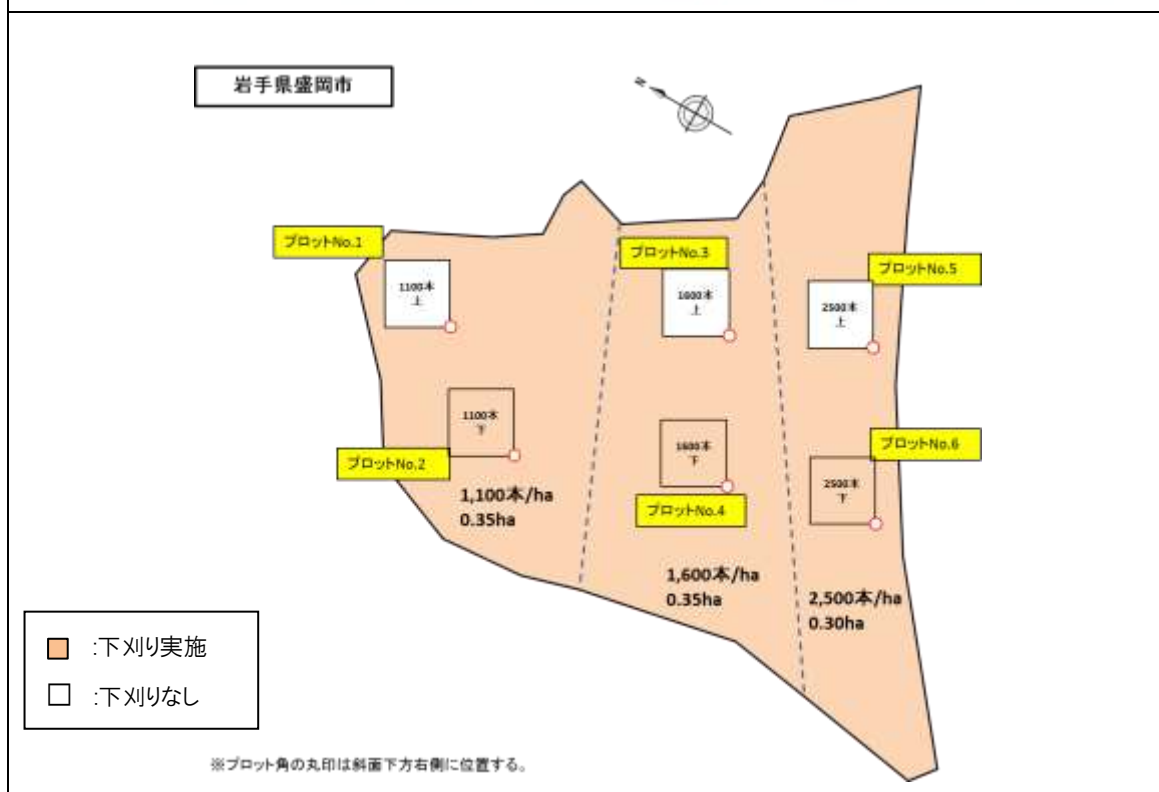
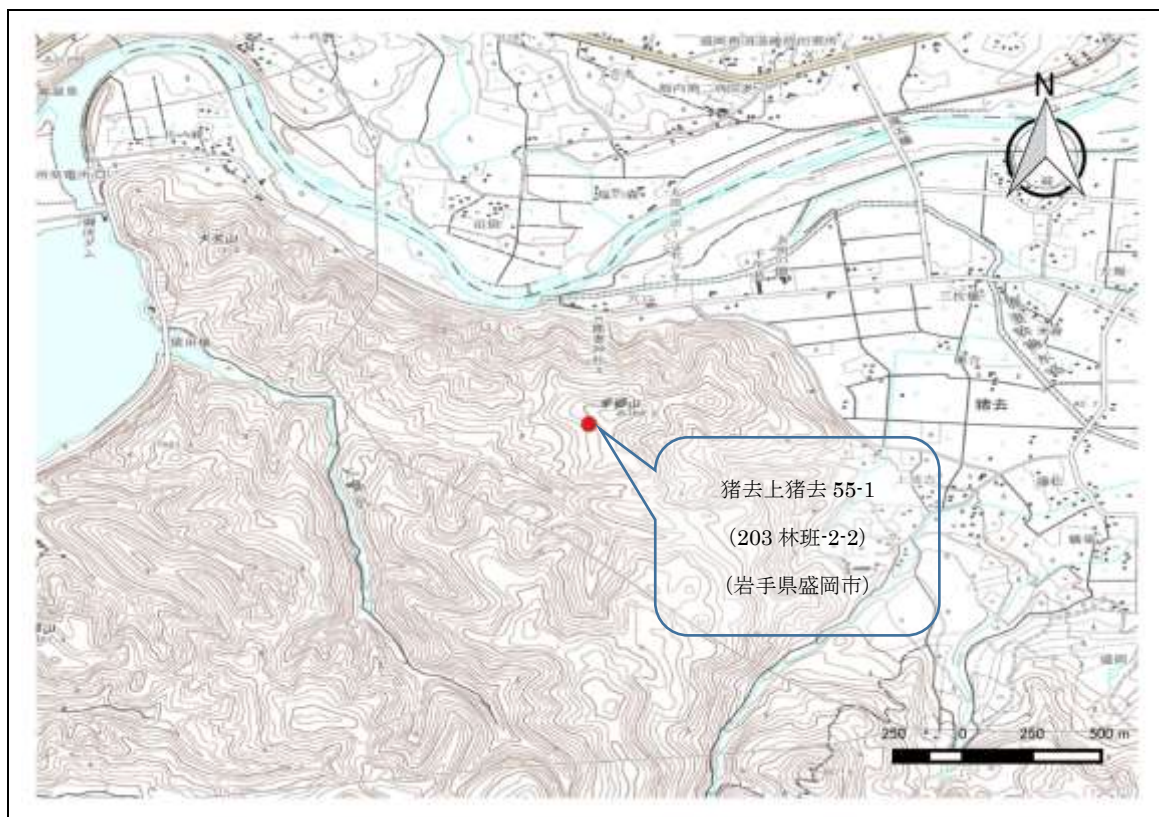
下草の状況 (2016 年 7 月)



植栽木の状況 (2016 年 8 月)

6.1.2 岩手県 盛岡市 (No. 2)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

実証試験地	岩手県盛岡市繫下猿田 203-2 林小班			
苗木種	カラマツ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.35ha	0.35ha	0.30ha	1.00ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量	10.2℃ (平均気温) / 1,266.0mm (年降水量) (平年値、盛岡)			
標高/ 傾斜/ 方位	280～290m / 20° / SW			
土壌	乾性褐色森林土			
土地所有者	岩手県盛岡市東中野字五輪 7 番地 1 有限会社川又林業			
植栽実施者	岩手県盛岡市菜園 1-3-6 ノースジャパン素材流通協同組合			
植栽日	2015 年 11 月 30 日～12 月 2 日 (前生樹の伐採は 2015.10)			

(3) 調査プロットの概要

岩手県盛岡市においては、基本的に下刈りを実施するものとし、試験的に 3 個のプロット (No.1,3,5) においては下刈りを実施しないものとした。

なお、下刈りについては、8 月 19～24 日の期間に実施した。

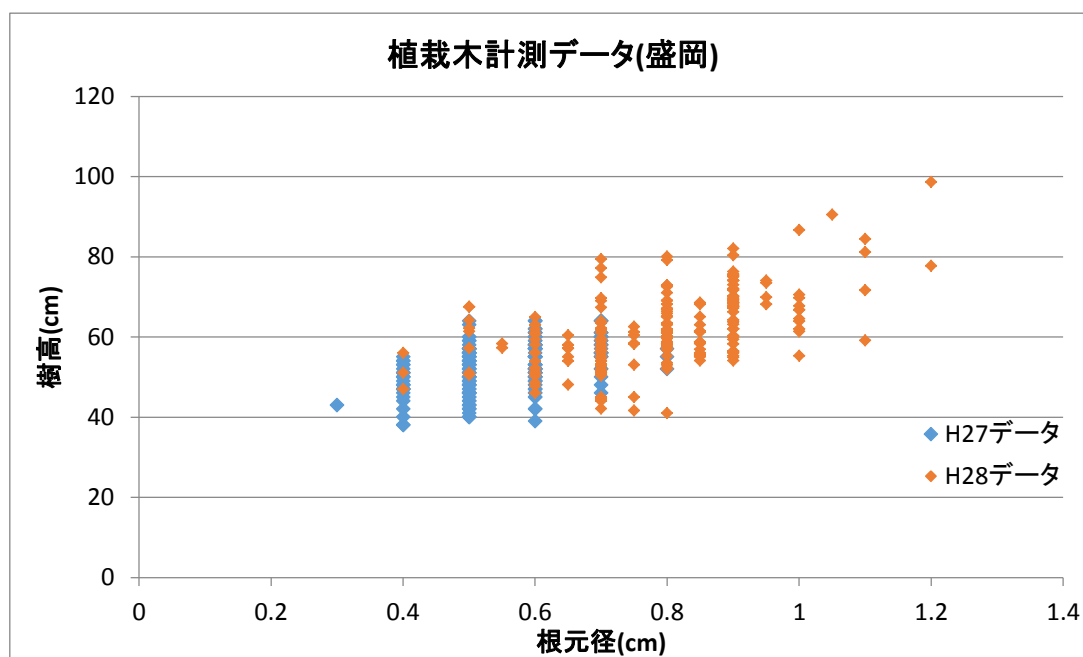
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	40 本	無	斜面上部に設置
	No.2	18×18m	40 本	有	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	41 本	無	斜面上部に設置
	No.4	15×15m	37 本	有	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	無	斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本	有	斜面下部に設置
合計			230 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の成長状況を散布図で示す。

②岩手県盛岡市		①1,100 本/ha		②1,600 本/ha		③2,500 本/ha	
カラマツ 150cc		H27	H28	H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.6	0.8	0.5	0.8	0.6	0.8
	分散	0.008	0.029	0.008	0.018	0.009	0.010
	標準偏差	0.09	0.17	0.09	0.13	0.09	0.10
	最小値	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.6
	最大値	0.8	1.2	0.7	1.1	0.8	1.0
樹高	平均値	53.7	63.3	52.1	61.2	51.9	59.7
	分散	30.176	71.677	32.862	98.785	37.847	69.230
	標準偏差	5.49	8.47	5.73	9.94	6.15	8.32
	最小値	38.0	41.0	40.0	41.6	38.0	42.1
	最大値	64.0	98.6	64.0	90.5	64.0	80.0
形状比	平均値	99.5	80.5	97.8	81.4	93.4	79.7
	分散	228.577	310.874	217.361	208.649	260.735	134.728
	標準偏差	15.12	17.63	14.74	14.44	16.15	11.61
	最小値	65.0	51.3	70.0	55.3	68.6	60.0
	最大値	137.5	140.0	135.0	128.2	143.3	113.4

(追跡調査年月日:2016 年 12 月 15 日)



平均根元径、平均樹高ともに全植栽密度区分で成長していることが確認できる。また、成長に伴い形状比が低下していることが確認できる。

(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	下刈り面積(ha)	生産性(人日/ha)
②岩手県盛岡市	11.8	刈払い機	0.931	12.6

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングを基に整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、約 8 時間 30 分である。(昼休憩含む)

試験地は傾斜が緩く、作業道から近いが、下刈りの生産性は 12.6 人日/ha であった。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

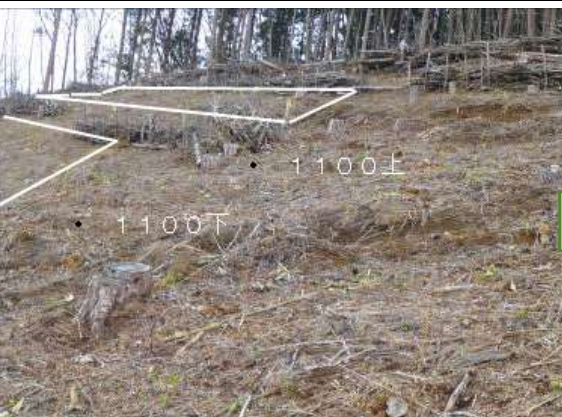
植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,100 本/ha	無	40	40	100.0	0	0	0
	有	40	38	95.0	1	2.5	1
	合計	80	78	97.5	1	1.3	1
1,600 本/ha	無	41	41	100.0	0	0	0
	有	37	37	100.0	0	0	0
	合計	78	78	100.0	0	0	0
2,500 本/ha	無	36	35	97.2	1	2.8	0
	有	36	36	100.0	0	0	0
	合計	72	71	98.6	1	1.4	0
合計		230	227	98.7	2	0.9	1

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

プロット内の枯死本数については、1,100 本/ha で 1 本、1,600 本/ha で 0 本、2,500 本/ha で 1 本発生し、合計 2 本の枯死が確認された。

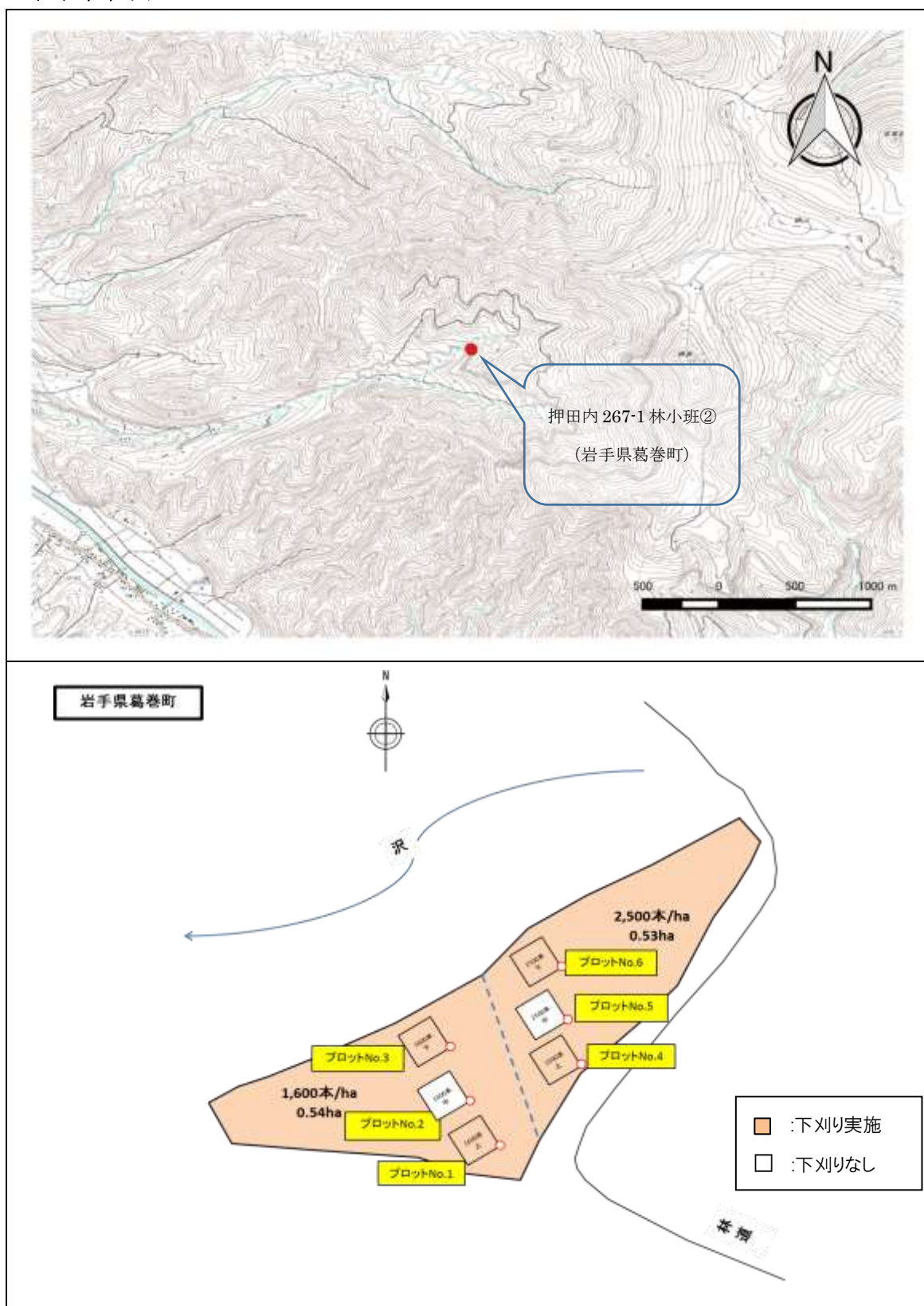
また、プロット内の植栽木を対象に誤伐の発生状況、及び誤伐の程度(枯死、頭はね)について調査した。結果、当試験地のプロット内においては、誤伐は発生していなかった。

(7) 現地写真

	
実証試験地_植栽直後_遠景 (2015 年 12 月)	実証試験地_遠景 (2016 年 7 月)
	
実証試験地_植栽直後_近景 (2015 年 12 月)	実証試験地_近景 (2016 年 7 月)
	
実証試験地_植栽直後 (2015 年 12 月)	実証試験地_下刈り前 (2015 年 7 月)

6.1.3 岩手県 葛巻町 (No. 3)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

実証試験地	岩手県葛巻町押田内 267-1 林小班		
苗木種	カラマツ 150cc コンテナ苗		
植栽密度区	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.54ha	0.53ha	1.07ha
植栽本数	864 本	1,325 本	2,189 本
気温/ 降水量	8.4℃ (平均気温) / 1,008.7mm (年降水量) (平年値、葛巻)		
標高/ 傾斜/ 方位	220～250m / 10～15° / NW		
土壌	乾性褐色森林土～褐色森林土		
土地所有者	(個人所有者)		
植栽実施者	岩手県岩手郡葛巻町葛巻 14-37 葛巻森林組合		
植栽日	2015 年 11 月 16～18 日 (前生樹の伐採は 2013.11)		

(3) 調査プロットの概要

岩手県葛巻町においては、基本的には下刈りを実施するものとし、試験的に 2 個のプロット (No.2,5) においては下刈りを実施しないものとした。

なお、下刈りについては、8 月 25、26 日に実施した。

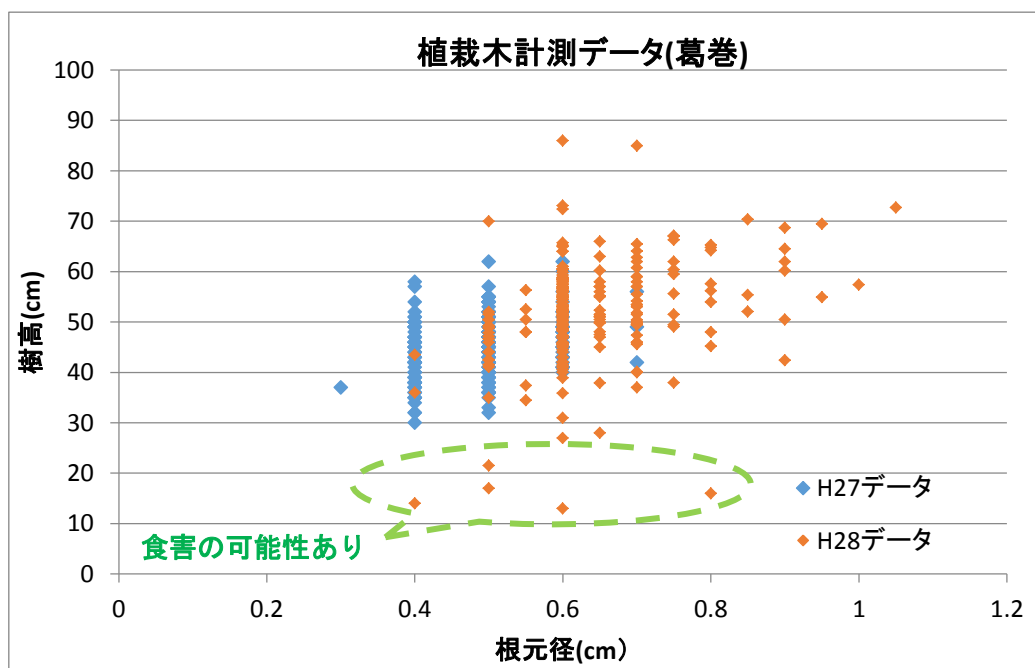
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,600 本/ha	No.1	15×15m	41 本	有	斜面上部に設置
	No.2	15×15m	40 本	無	斜面中部に設置
	No.3	15×15m	36 本	有	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	12×12m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.5	12×12m	40 本	無	斜面中部に設置
	No.6	12×12m	42 本	有	斜面下部に設置
合計			235 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の成長状況を散布図で示す。

③岩手県葛巻町		①1600 本/ha		②2,500 本/ha	
カラマツ 150cc		H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.5	0.7	0.5	0.6
	分散	0.006	0.011	0.004	0.008
	標準偏差	0.01	0.11	0.06	0.09
	最小値	0.3	0.4	0.4	0.4
	最大値	0.7	1.1	0.6	1.0
樹高	平均値	45.9	52.5	43.9	51.4
	分散	32.239	106.813	34.272	98.190
	標準偏差	5.68	10.34	5.85	9.91
	最小値	30.0	16.0	32.0	13.0
	最大値	62.0	86.0	57.0	73.1
形状比	平均値	94.6	81.0	93.8	83.8
	分散	280.084	287.076	208.286	264.096
	標準偏差	16.74	16.94	14.43	16.25
	最小値	60.0	20.0	64.0	21.7
	最大値	145.0	143.3	135.0	121.8

(追跡調査年月日:2016 年 12 月 13 日)



平均根元径、平均樹高ともに成長していることが確認でき、成長に伴い形状比が低下していることが確認できるが、一部には食害らしき形跡や衰弱した個体がみられた。食害により、数値、散布図で見ても、昨年度のデータに比べ樹高のバラつきが大きく表れている。

(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	下刈り面積(ha)	生産性(人日/ha)
③岩手県葛巻町	9.2	刈払い機	1.033	8.9

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングを基に整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、約 8 時間 30 分である。(昼休憩含む)

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,600 本/ha	有	77	72	93.5	2	2.6	3
	無	40	40	100.0	0	0.0	0
	合計	117	112	95.7	2	1.7	3
2,500 本/ha	有	78	76	97.4	0	0.0	2
	無	40	40	100.0	0	0.0	0
	合計	118	116	98.3	0	0.0	2
合計		235	228	97.0	2	0.9	5

プロット内の枯死本数については、植栽密度 1,600 本/ha で 2 本、2,500 本/ha で発生は無く、プロット全体においては合計 2 本の枯死木が確認され、消失木については合計 5 本であった。

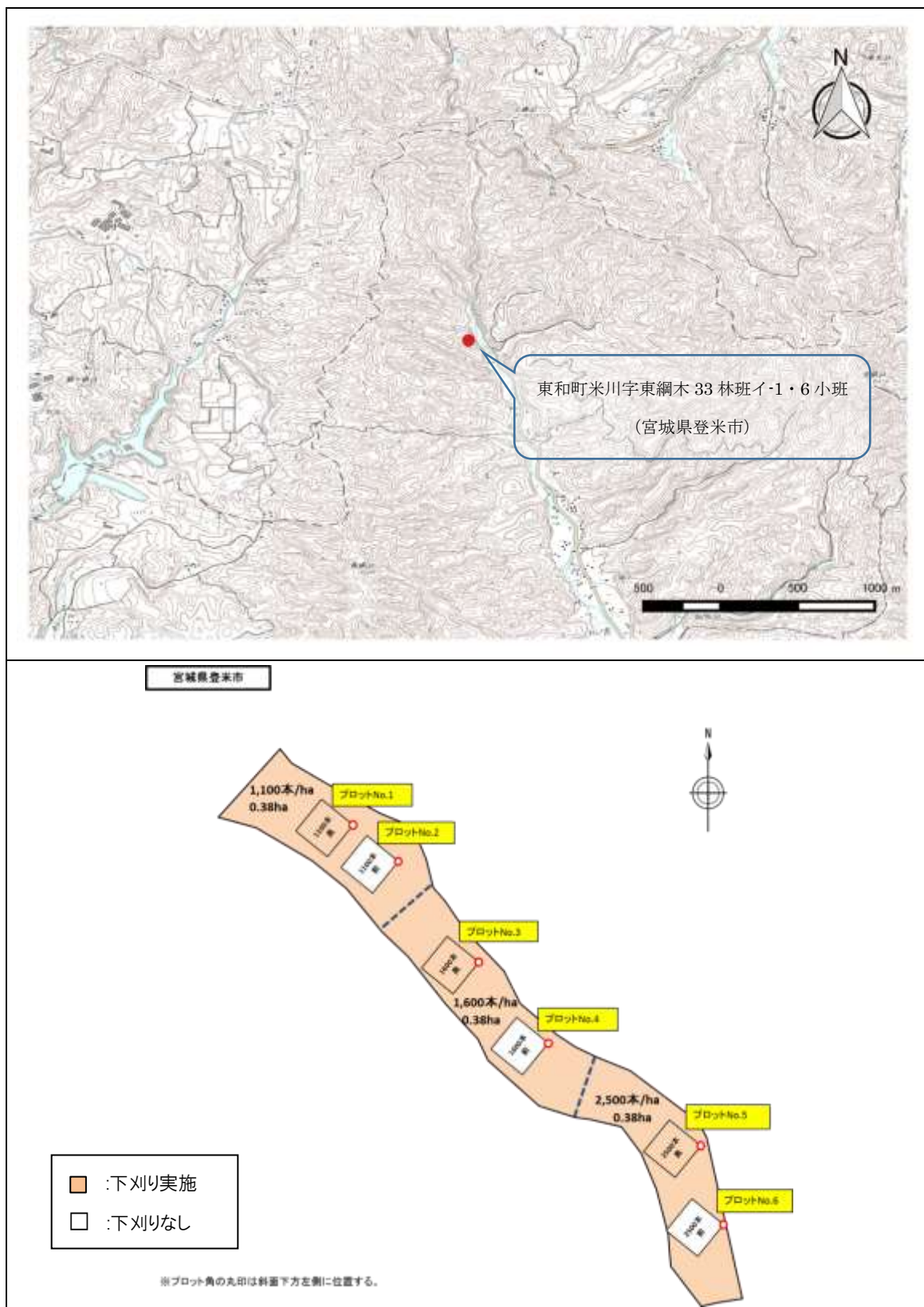
また、プロット内の植栽木を対象に誤伐の発生状況、及び誤伐の程度(枯死、頭はね)について調査した。結果、当試験地のプロット内においては、誤伐は確認されなかった。

(7) 現地写真

	
プロット No.2_植栽直後 (2015 年 11 月)	プロット No.2_下刈り前 (2016 年 8 月)
	
プロット No.3_植栽直後 (2015 年 11 月)	プロット No.3_下刈り前 (2016 年 8 月)
	
実証試験地_下刈り前 (2016 年 8 月)	実証試験地_下刈り後 (2016 年 8 月)

6.1.4 宮城県 登米市 (No. 4)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

宮城県東和町は、昨年度に多数の植栽木が獣害を受け、そのほとんどが枯死した。そのため今年度業務では、補植作業と下刈りを実施し、更に忌避剤を使用した獣害対策を実施した。

本試験地は北西から南東に細長い形状をしており、試験地内には急傾斜地が含まれる。



獣害の発生状況 (2016 年 8 月)

実証試験地	宮城県登米市東和町米川字東綱木 33 林班イ-1・6 小班			
苗木種	スギ 150cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.38ha	0.38ha	0.38ha	1.14ha
植栽本数	418 本	608 本	950 本	1,976 本
気温/ 降水量	11.1℃(平均気温) / 1068.8mm (年降水量) (平年値、米山)			
標高/ 傾斜/ 方位	100~130m / 38° / NE			
土壌	乾性褐色森林土~褐色森林土			
土地所有者	宮城県登米市中田町上沼字西桜庭 8 登米市役所中田支所農林政策課			
植栽実施者	宮城県登米市東和町米川字小田 110-1 東和町森林組合			
植栽日	2015 年 12 月 8~11 日 (前生樹の伐採は 2012.10)			

(3) 調査プロットの概要

本試験地においては、基本的に下刈りをするものとし、試験的に 3 つのプロットのみ下刈りを実施しないものとした。

なお、下刈りについては、8 月 25 日、26 日に実施した。

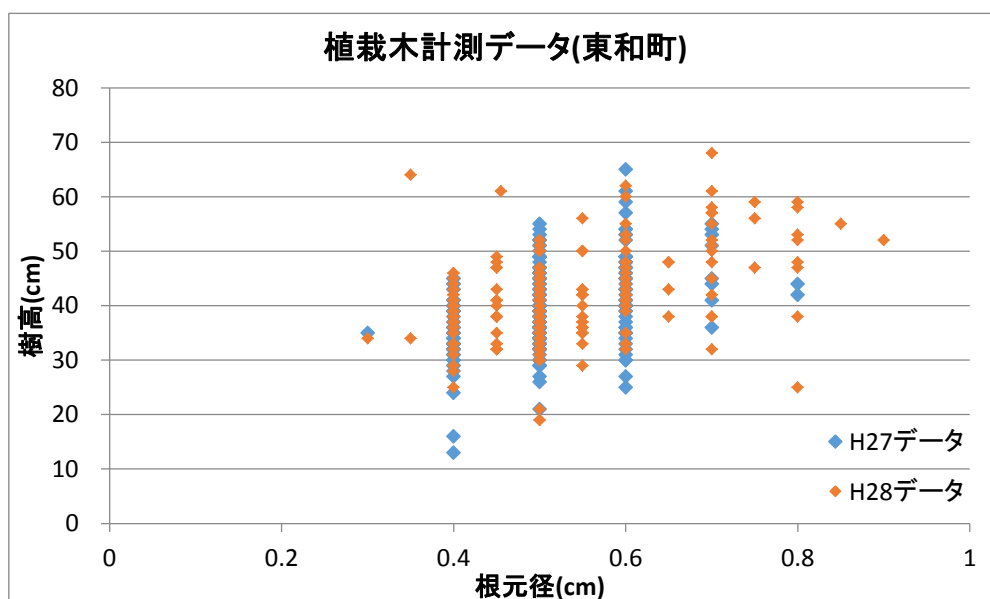
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	39 本	有	1,100 本区奥側に設置
	No.2	18×18m	37 本	無	1,100 本区前側に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	37 本	有	1,600 本区奥側に設置
	No.4	15×15m	38 本	無	1,600 本区前側に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	有	2,500 本区奥側に設置
	No.6	12×12m	38 本	無	2,500 本区前側に設置
合計			225 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

④宮城県登米市		①1,100 本/ha		②1,600 本/ha		③2,500 本/ha	
スギ 150cc		H27	H28	H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	分散	0.008	0.011	0.006	0.009	0.006	0.016
	標準偏差	0.09	0.11	0.08	0.10	0.08	0.13
	最小値	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3
	最大値	0.8	0.9	0.7	0.8	0.8	0.9
樹高	平均値	39.7	41.5	39.1	40.3	39.6	41.9
	分散	66.228	80.091	69.680	60.097	49.197	52.638
	標準偏差	8.14	8.95	8.35	7.75	7.01	7.26
	最小値	26.0	25.0	13.0	19.0	24.0	25.0
	最大値	61.0	68.0	65.0	60.0	57.0	62.0
形状比	平均値	78.6	80.0	79.0	80.6	77.5	79.3
	分散	205.371	314.231	330.641	302.996	189.081	282.994
	標準偏差	14.33	17.73	18.18	17.41	13.75	16.82
	最小値	45.0	52.7	32.5	38.0	50.0	31.3
	最大値	112.5	182.9	116.7	115.0	110.0	115.0

(追跡調査年月日:2016 年 12 月 26 日)



本試験地においては、昨年度に獣害が発生しており、植栽木のほとんどが食害を受け、今年度に補植を実施している。そのため、植栽木の追跡調査結果に成長量は表れていない。

(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	面積(ha)	生産性(人日/ha)
④宮城県登米市	7.5	刈払い機	1.071	7.0

(注 1) 現場における日労働時間は、約 9 時間である。(昼休憩含む)

(注 2) 本資料は下刈り後のヒアリングと作業日誌を基に整理した。

当試験地は急傾斜地を含むため作業効率が落ちると思われたが、植栽木に目印のピンクテープを付していることもあり、効率よく作業が進められ生産性は 7.0 人日/ha となっている。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,100 本/ha	有	39	39	100.0	0	0	0
	無	37	34	91.9	1	2.7	2
	合計	76	73	96.1	1	1.3	2
1,600 本/ha	有	37	35	94.6	0	0	2
	無	38	36	94.7	0	0	2
	合計	75	71	94.7	0	0	4
2,500 本/ha	有	36	35	97.2	0	0	1
	無	38	36	94.7	0	0	2
	合計	74	71	95.9	0	0.0	3
合計		225	215	95.6	1	0.4	9

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

プロット内の枯死本数については、1,100 本/ha で 1 本が確認された。しかし消失本数が合計で 7 本発生している。消失の原因は不明であるが、昨年度に発生したノウサギによる食害の可能性が高い。

また、プロット内の植栽木を対象に誤伐の発生状況、及び誤伐の程度(枯死、頭はね)について調査した。結果、当試験地のプロット内においては、誤伐は確認されなかった。

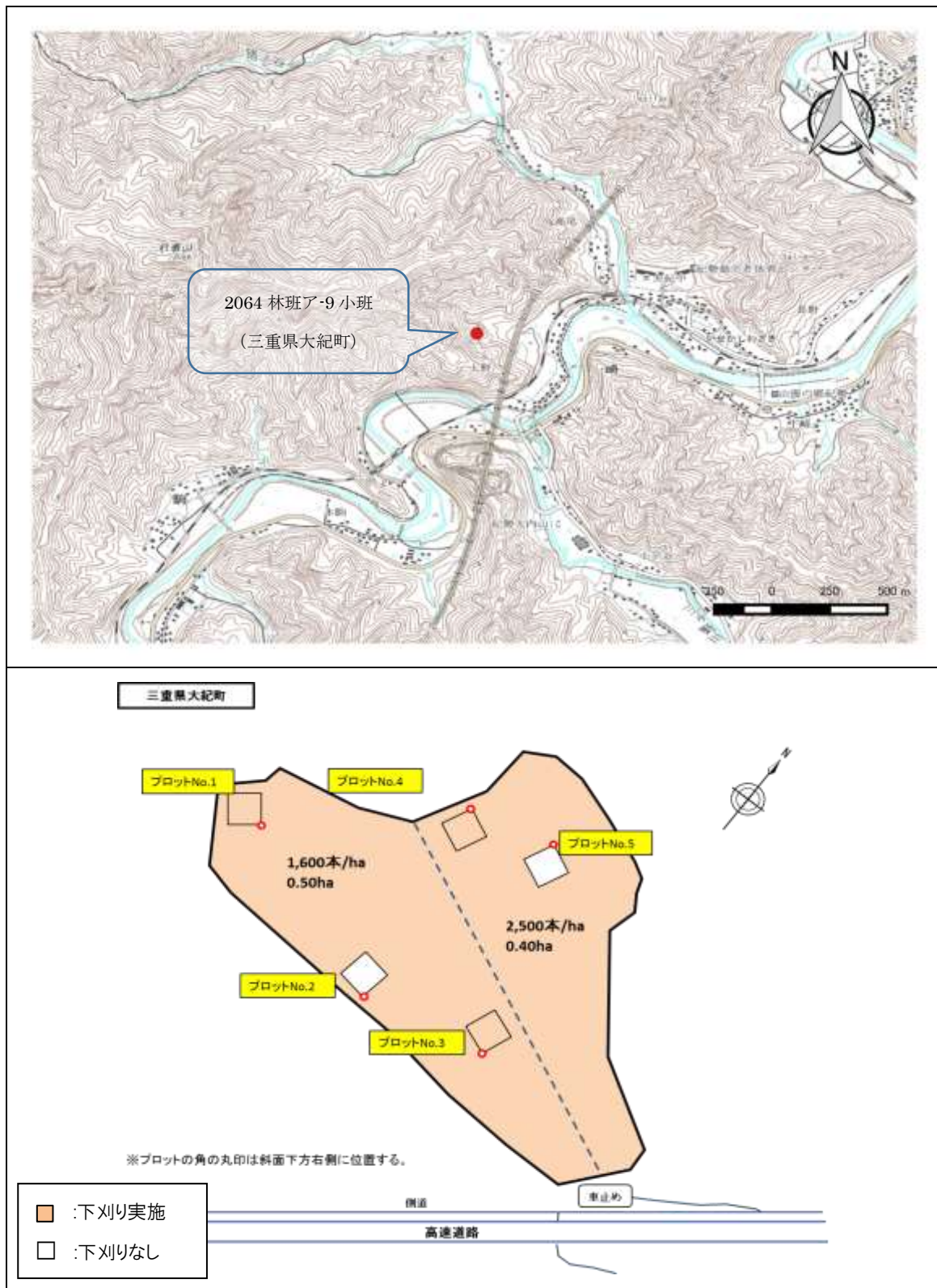
(7) 現地写真

	
プロット No.3_植栽直後 (2016 年 1 月)	プロット No.3_下刈り前 (2016 年 8 月)
	
プロット No.6_下刈り前 (2016 年 8 月)	プロット No.6_下刈り後 (2016 年 8 月)
	
忌避剤の散布作業状況 (2016 年 10 月)	忌避剤の散布状況_散布後 (2016 年 10 月)

6.2 近畿・中国地域

6.2.1 三重県 大紀町 (No. 5)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

三重県大紀町の試験地は、前生樹の伐採から 10 年が経過していたため、昨年度の地拵え時には侵入木が多く、また、全体的に傾斜地であり、更に一部は急傾斜となっているため、地拵え、植栽ともに生産性が上がらなかった。

当地域にはシカが多数生息していることから、昨年度業務にてシカ柵の設置を行った。しかし、今年度の 12 月にシカによる植栽木への食害が確認され、シカ柵には数箇所に渡りピンの抜けが確認された。その後、シカ柵は修繕されているが、イノシシによるシカ柵の破壊が多い地域でもあり、今後も注意が必要である。シカによる食害は、ほとんどの植栽木に発生していたが、宮城県東和町ほど致命的なものではなく、植栽木のほとんどが生存している状況である。

実証試験地	三重県大紀町 2064 林班ア-9 小班		
苗木種	ヒノキ 150cc コンテナ苗		
植栽密度区	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.50ha	0.40ha	0.90ha
植栽本数	800 本	1,000 本	1,800 本
気温/ 降水量	15.7℃ (平均気温) / 2,261.6mm (年降水量) (平年値、南伊勢)		
標高/ 傾斜/ 方位	170~240m / 36~46° / N、NW、S		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	(個人所有者)		
植栽実施者	三重県度会郡大紀町崎 239-2 大紀町森林組合		
植栽日	2016 年 2 月 16~18 日 (前生樹の伐採は 2005.10)		

(3) 調査プロットの概要

当試験地においては、北側斜面と南側斜面で下草の繁茂量が異なり、8 月時点では南側斜面はススキの繁茂が旺盛であり、北側斜面は南側と比較しススキの量が顕著に少なく、カラスザンショウの繁茂やクスノキの萌芽が目立っていた。そのため下刈りは基本的に実施することとしたが、試験的に 2 プロット (No.2,5) のみ下刈りを実施しないこととした。

なお、下刈りについては、8 月 18 日~24 日の期間に実施した。

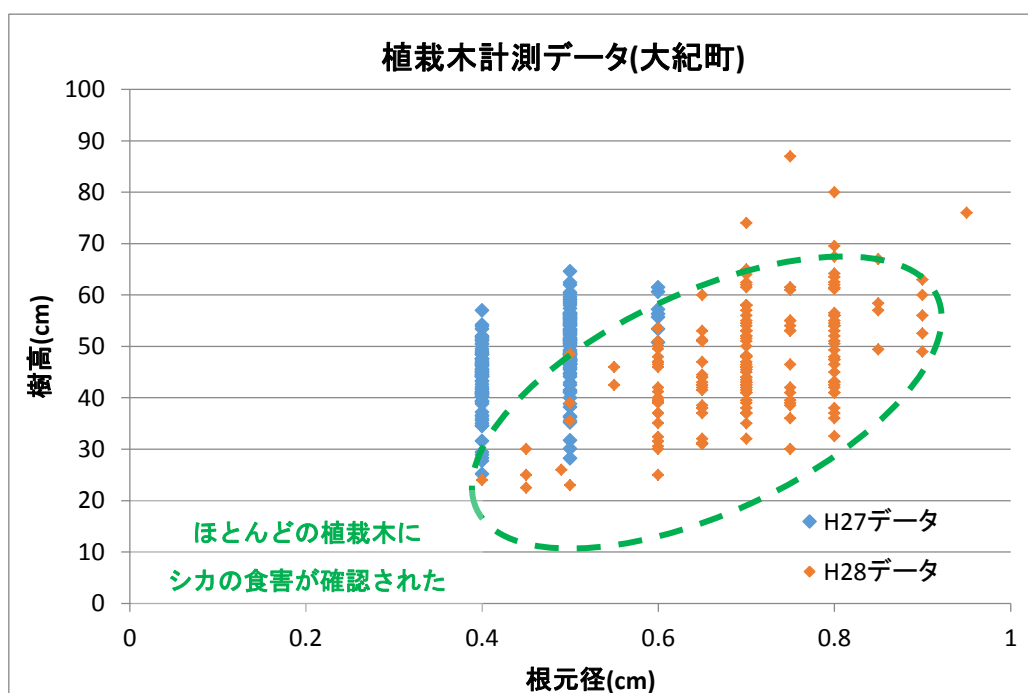
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,600 本/ha	No.1	16×15m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.2	18×19m	40 本	無	斜面中部に設置
	No.3	14×17m	31 本	有	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	13×11m	37 本	有	斜面上部に設置
	No.5	13×9.5m	36 本	無	斜面中部に設置
合計			180 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

⑤三重県大紀町		①1,600 本/ha		②2,500 本/ha	
ヒノキ 150cc		H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.5	0.7	0.4	0.7
	分散	0.003	0.010	0.002	0.007
	標準偏差	0.06	0.10	0.05	0.08
	最小値	0.4	0.4	0.4	0.5
	最大値	0.6	1.0	0.5	0.9
樹高	平均値	49.8	47.4	43.9	46.9
	分散	45.008	115.371	62.308	124.300
	標準偏差	6.71	10.74	7.89	11.15
	最小値	27.7	22.5	25.2	23.0
	最大値	64.6	80.0	62.0	87.0
形状比	平均値	104.7	66.0	100.6	68.7
	分散	176.836	151.422	345.892	187.291
	標準偏差	13.30	12.31	18.60	13.69
	最小値	69.3	40.0	56.4	41.7
	最大値	142.5	100.0	134.8	116.0

(追跡調査年月日:2016 年 12 月 15 日)



本試験地では、ほとんどの植栽木がシカによる頂芽への食害を受けており、樹高成長が確認できない。一方で肥大成長は確認できるため、形状比については昨年のデータより顕著に低下している。

(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	面積(ha)	生産性(人日/ha)
⑤三重県大紀町	7.1	刈払い機	0.853	8.3

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングを基に整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、約 9 時間である。(昼休憩含む)

全体的に傾斜があり、一部は急傾斜となっていることや、ススキ等の繁茂が旺盛であることから生産性は低くなると考えられたが、道路からの現場までの距離が短いためか生産性は高い。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,600 本/ha	有	67	64	95.5	3	4.5	0
	無	40	37	92.5	3	7.5	0
	合計	107	101	94.4	6	5.6	0
2,500 本/ha	有	37	36	97.3	1	2.7	0
	無	36	36	100.0	0	0.0	0
	合計	73	72	98.6	1	1.4	0
合計		180	173	96.1	7	3.9	0

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

プロット内の枯死については、1,600 本/ha で 6 本、2,500 本/ha で 1 本が発生し、プロット全体においては合計 7 本の枯死が確認された。枯死の原因については、南側斜面に位置する 1,600 本/ha プロット内において枯死本数が多いことから、ススキによる被圧が原因と考えられるが、シカの食害による影響も考えられる。

プロット内の植栽木については明らかに誤伐と思われるものは無かったが、シカによる頂芽への食害が多数発生しており、誤伐との見極めが難しい状況であった。なお、プロット外には数本の誤伐が確認されている。

(7) 現地写真

	
実証地の遠景_地拵え前 (2016 年 1 月)	実証地の遠景_地拵え後 (2016 年 1 月)
	
実証地の遠景_下刈り前 (2016 年 8 月)	実証地の遠景_下刈り後 (2016 年 8 月)
	
植栽直後のヒノキコンテナ苗 (2016 年 2 月)	枯死した植栽木 (2016 年 12 月)



プロット No.1_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.5_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.1_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.5_無下刈り区 (2016 年 8 月)



プロット No.1_下刈り後 (2016 年 11 月)

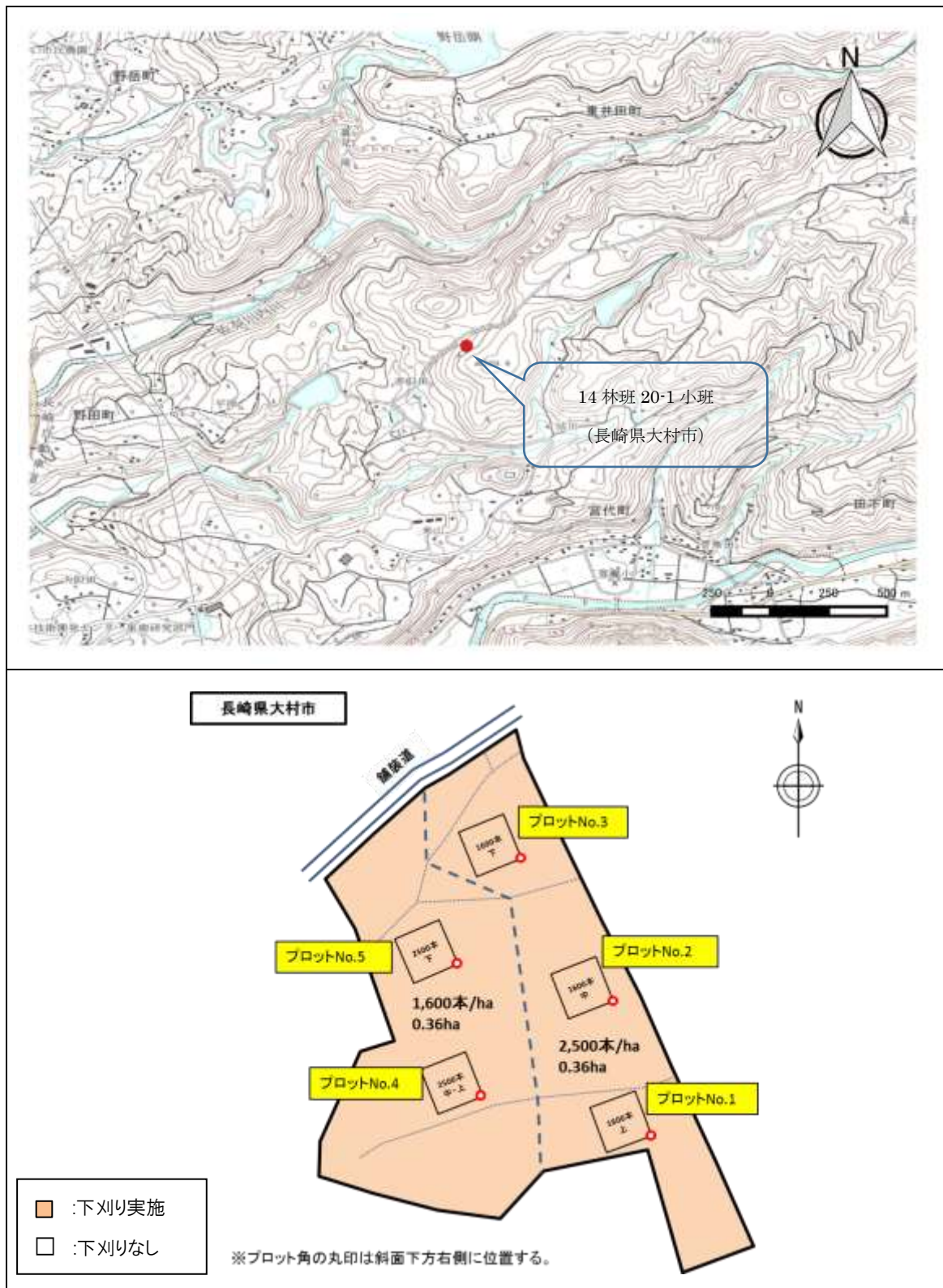


プロット No.5_無下刈り区 (2016 年 11 月)

6.3 九州地域

6.3.1 長崎県 大村市 (No. 6)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

長崎県大村市においては、昨年度、前生樹の伐採から 1 年経過しており、低木ではアオモジ、アカメガシワ、イヌビワ、カラスザンショ、クサギ、ベニバナボロギク、タラノキ等が繁茂していた。

実証試験地	長崎県大村市 14 林班 20-1 小班		
苗木種	ヒノキ 300cc コンテナ苗		
植栽密度区	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.36ha	0.36ha	0.72ha
植栽本数	575 本	898 本	1,473 本
気温/ 降水量	17.3℃ (平均気温) / 1,761.2mm (年降水量) (平年値、大村)		
標高/ 傾斜/ 方位	230～250m / 11～24° / N		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	長崎県大村市玖島 1-25 大村市農林整備課林務グループ		
植栽実施者	長崎県大村市大川田町 990-1 長崎南部森林組合大村支所		
植栽日	2016 年 1 月 21～22 日 (前生樹の伐採は 2014.10)		

(3) 調査プロットの概要

長崎県大村市は 7 月の現地確認時に下草の繁茂量が多量にあり、各プロットで 1～2.5m の低木層の被度が 20～40%、1m 未満の草本層の被度が 60～80%、双方で被度ほぼ 100%となっていた。植栽地は全面に上記の木本・草本等により植栽苗は完全に覆われた状態であった。2014 年 10 月に風倒被害を受けた前生樹ヒノキを伐採し、植栽の 2016 年 1 月まで伐採跡地は放置されている。その間に侵入・再生した雑草木が根系を発達させており、一旦これらは地拵えで刈り払われているが、植栽後に萌芽再生し急激な繁茂となったと考える。

なお、下刈りについては、8 月 19 日～27 日の期間に実施した。

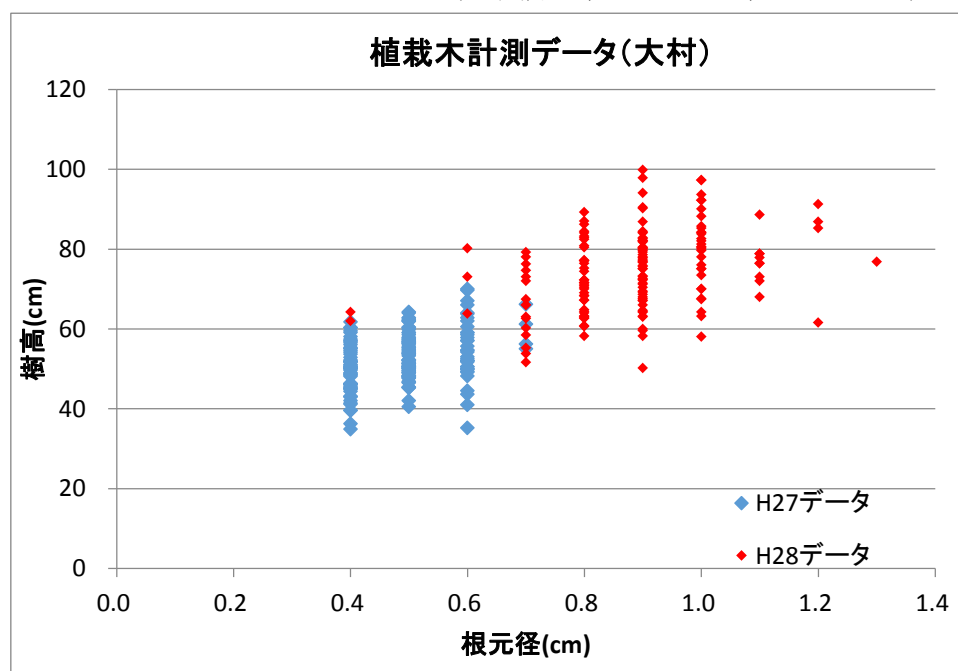
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,600 本/ha	No.1	15×15m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.2	15×15m	36 本	有	斜面中部に設置
	No.3	15×15m	36 本	有	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	12×12m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.5	12×12m	36 本	有	斜面中部に設置
合計			180 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

⑥長崎県大村市		①1,700 本/ha		②2,500 本/ha	
ヒノキ 300cc		H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.5	0.9	0.5	0.9
	分散	0.006	0.019	0.006	0.016
	標準偏差	0.08	0.14	0.08	0.13
	最小値	0.4	0.4	0.4	0.6
	最大値	0.7	1.3	0.7	1.2
樹高	平均値	52.6	75.2	52.4	73.9
	分散	46.23	100.11	37.665	95.966
	標準偏差	6.80	10.01	6.14	9.80
	最小値	34.9	50.2	36.2	51.6
	最大値	70.0	99.8	66.1	94.0
形状比	平均値	108.3	85.0	109.2	87.5
	分散	375.071	252.878	243.004	224.859
	標準偏差	19.37	15.90	15.59	15.00
	最小値	58.7	55.8	81.8	51.3
	最大値	154.3	160.5	150.8	133.7

(追跡調査年月日:2016 年 11 月 24 日)



(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	面積(ha)	生産性(人日/ha)
⑥長崎県大村市	9.5	刈払い機	0.720	13.2

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングより整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、9 時間である。(昼休憩含む)

長崎県大村市においては、昨年度、前生樹の伐採から 1 年経過しており、低木が旺盛に生育していた。今年度も下草の繁茂量が多く生産性は 13.2 人日/ha となっている。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,600 本/ha	有	108	99	91.7	9	8.3	0
2,500 本/ha	有	72	66	91.7	5	6.9	1
合計		180	165	91.7	14	7.8	1

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

枯死については、1,600 本/ha プロット内で 9 本、2,500 本/ha プロット内で合計 4 本が発生し、プロット内全体においては合計 14 本の枯死が確認され、消失木が 1 本であった。なお、枯死木の内 5 本は誤伐によるものである。以下に誤伐の発生状況等について以下に示す。

⑥長崎県大村市	誤伐の発生状況			
植栽密度	誤伐本数(本)	誤伐率(%)	枯死(本)	頭はね(本)
1,600 本/ha	4	3.7	3	1
2,500 本/ha	2	3	2	0

※誤伐本数...枯死と頭はね本数の合計を示す。

※枯死...誤伐が原因による枯死を意味する。

植栽密度 1,600 本/ha のプロット内においては誤伐が 4 本発生し、うち 1 本は頭はね状態、3 本は枯死に至っている。植栽密度 2,500 本/ha では 2 本の誤伐が発生し、枯死に至っている。前述したように、低木層(樹高 1~2.5m) 被度 40%、草本層(1m 以下) 被度 60%の状況下での下刈りで誤伐率 3%程度というのは非常に低い値である。これは、下刈りを実施した森林組合が苗木植栽時点で雑草木の繁茂を予測しており、植栽時に誤伐防止のため各苗木に事前に蛍光のピンクテープを巻いていた結果だと思われる。

(7) 現地写真



プロット No.1_植栽直後 (2016 年 11 月)



プロット No.2_植栽直後 (2016 年 11 月)



プロット No.1_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.2_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.1_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.2_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.4_植栽直後 (2015 年 11 月)



プロット No.4_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.4_下刈り後 (2016 年 11 月)



実証地全景_協定締結時 (2015 年 10 月)



実証地全景_地拵え後 (2015 年 12 月)



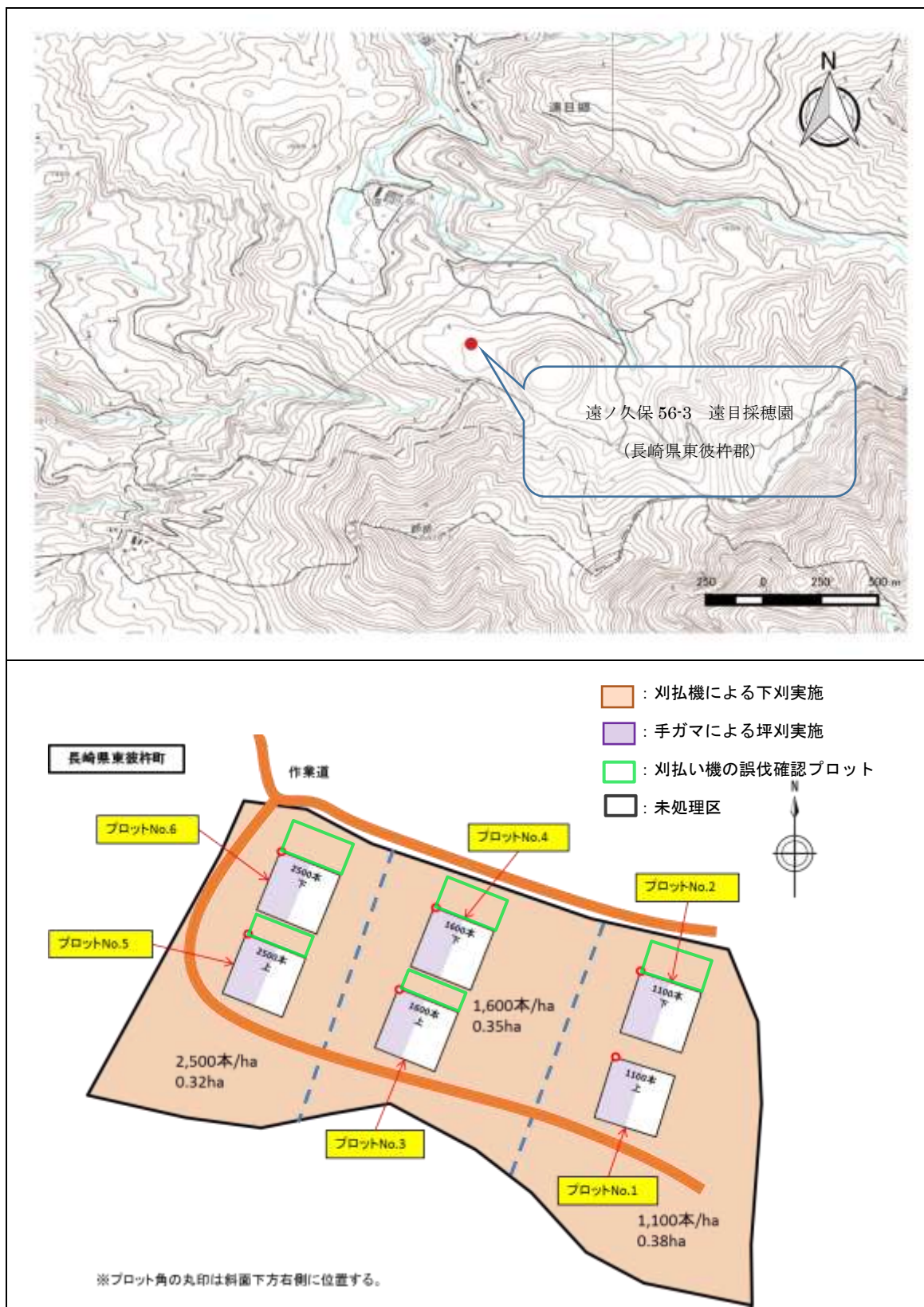
実証地全景_下刈り前 (2016 年 8 月)



実証地全景_下刈り後 (2016 年 8 月)

6.3.2 長崎県 東彼杵町 (No. 7)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

長崎県東彼杵町は、昨年度に伐採から植栽までの一貫作業を実施している。伐採時にグラブによる機械地拵えを行ったので、その後の地拵えは簡単な枝条整理に留まっている。

2016 年 8 月 15 日の時点で、エゴノキ、ネムノキ、アカメガシワ、タラノキ、ヌルデ、ヤブムラサキ、ゴンズイ、ガマズミ等やススキが、ツル類ではサルトリイバラ、ヤマノイモ、サネカズラ、アオツヅラフジ、ネナシカズラ、ツルウメモドキが再生している状況であった。低木層(1~2m)は各プロットとも被度は低く 1~10%、1m未満の草本層で 70~90%であった。

実証試験地	長崎県東彼杵郡東彼杵町遠ノ久保 56-3 遠目採穂園			
苗木種	ヒノキ 300cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.38ha	0.35ha	0.32ha	1.05ha
植栽本数	420 本	560 本	800 本	1,780 本
気温/ 降水量	17.3℃ (平均気温) / 1,761.2mm (年降水量) (平年値、大村)			
標高/ 傾斜/ 方位	610~620m / 2~16° / N			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	長崎県長崎市江戸町 2-13 長崎県森林整備室森林整備班			
植栽実施者	長崎県東彼杵郡川棚町百津郷 39-125 東彼杵郡森林組合			
植栽日	2015 年 1 月 5~7 日 (前生樹の伐採は 2015.12)			

(3) 調査プロットの概要

7 月の現場確認時には植栽木を被覆するような植生は無かったものの、多くのツル植物の生育を確認したため、プロット外は全面を刈払い機による下刈りを実施するものとし、プロット内については、その半分を植栽木の周辺を手ガマによる坪刈り(ツル切りを含む)を実施した。プロット内の残り半分については試験的に未処理区として下刈りをせず、経過観察をするものとした(前頁の位置図参照)。

なお、下刈りについては、8 月 31 日~9 月 30 日の期間に実施した。

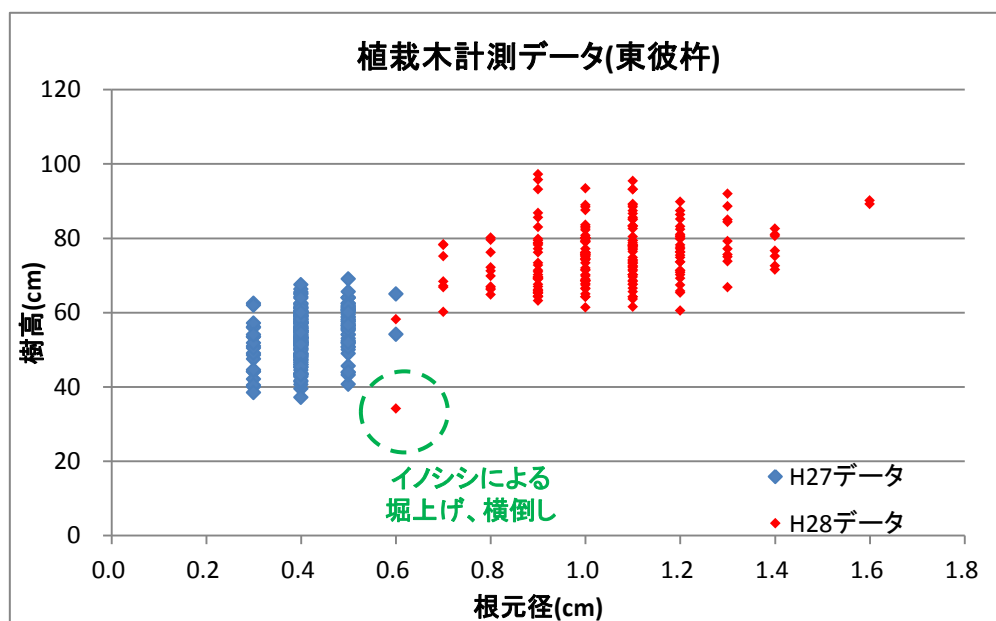
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	プロット内の 半分を手鎌刈 り	斜面上部に設置
	No.2	18×18m	36 本		斜面下部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	36 本		斜面上部に設置
	No.4	15×15m	36 本		斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本		斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本		斜面下部に設置
合計			216 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

⑦長崎県東彼杵		①1,100 本/ha		②1,600 本/ha		③2,500 本/ha	
ヒノキ 3000cc		H27	H28	H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.4	1.1	0.4	1.0	0.4	1.0
	分散	0.004	0.023	0.004	0.024	0.003	0.035
	標準偏差	0.06	0.15	0.06	0.16	0.05	0.19
	最小値	0.3	0.6	0.3	0.7	0.3	0.6
	最大値	0.5	1.6	0.6	1.6	0.6	1.4
樹高	平均値	54.3	79.2	54.4	73.1	53.2	73.6
	分散	47.531	91.833	31.470	47.865	46.463	51.515
	標準偏差	6.89	9.58	5.61	6.92	6.82	7.18
	最小値	39.5	34.2	42.1	60.2	37.2	58.2
	最大値	69.1	97.2	66.3	89.2	67.5	95.8
形状比	平均値	129.7	75.2	136.5	71.3	130.0	73.8
	分散	463.686	126.919	552.652	114.087	318.446	196.383
	標準偏差	21.53	11.27	23.51	10.68	17.85	14.01
	最小値	81.4	51.4	90.3	51.9	86.4	50.4
	最大値	208.3	108.0	206.7	107.4	180.3	112.0

(追跡調査年月日:2016 年 11 月 25 日)



(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	面積(ha)	生産性(人日/ha)
⑦長崎県東彼杵	5.5	刈払い機	0.913	6.0

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングより整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、約 9 時間である。(昼休憩含む)

(注 3) 面積は刈り払い機エリアのみを算出している。

刈払い機を使用したプロット外のエリアのみについて、生産性を算出すると 6.0 人日/ha となる。当試験地は傾斜がほぼ無いこと、また道路から作業現場までの距離が近いことから生産性が高くなったと考えられる。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽 密度	下刈りの 有無	プロット内 植栽本数(本)	生残数 (本)	生残率 (%)	枯死 本数(本)	枯死率 (%)	消失 (本)
1,100	プロット内 の半分を手 鎌刈り	72	70	97.2	2	2.8	0
1,600		72	71	98.6	1	1.4	0
2,500		72	69	95.8	2	2.8	1
合計		216	210	97.2	5	2.3	1

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

プロット内の枯死本数については、1,100 本/ha で 2 本、1,600 本/ha で 1 本、2,500 本/ha で 2 本が発生し、合計 5 本の枯死が確認された。当試験地では散布図でも示したようにイノシシによる獣害が発生しており、植栽木の掘り上げ・鉢の露出が確認された。

また、プロット内の植栽木を対象に誤伐の発生状況、及び誤伐の程度(枯死、頭はね)について調査した。結果、誤伐は手鎌のみの作業のため発生していなかったが、試験的にプロット外(位置図参照)での誤伐状況を確認したところ、誤伐の発生を確認した。



東彼杵郡_手鎌による坪刈り風景

(7) 現地写真



プロット No.1_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.2_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.1_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.2_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.1_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.2_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.4_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.6_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.4_下刈り前 (2016 年 8 月)



プロット No.6_下刈り前 (2016 年 8 月)



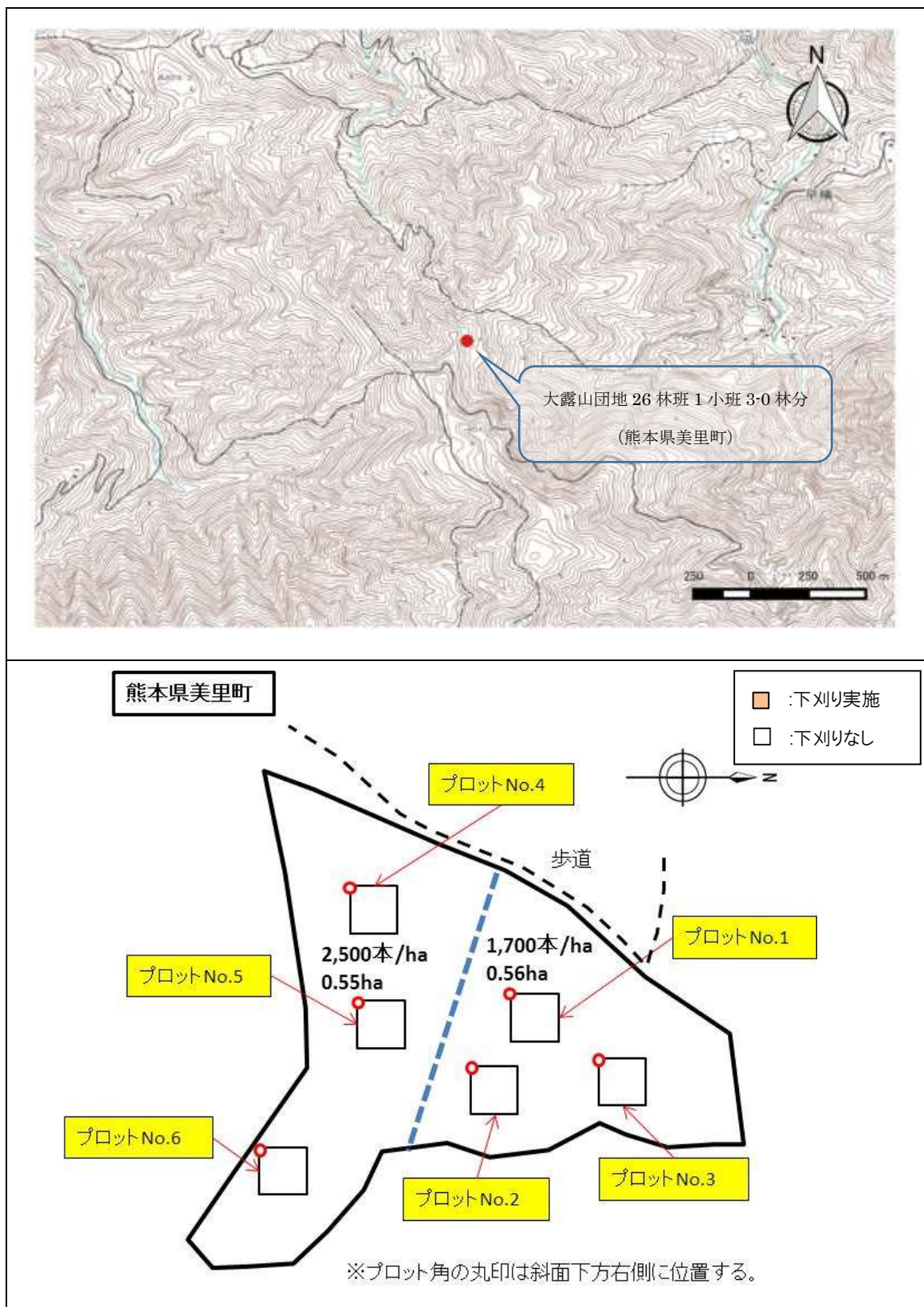
プロット No.4_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.6_下刈り後 (2016 年 11 月)

6.3.3 熊本県 美里町 (No. 8)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

熊本県美里町においては、7月の現地確認時に植栽木を被覆すると思われる競合植生が確認されなかったことから、今回は下刈りを省略することとした。ちなみに低木層（1～2m）はススキ、ナガバヤブマオが被度で5%程度、1m未満の草本層にはコチヂミザサ、マツカゼソウ、アケボノソウ、コガクウツギ等で被度は90%程度であった。ただし全面を覆っているのは高さ約20～40cmのコチヂミザサが主であった。

実証試験地	熊本県美里町大露山団地 26 林班 1 小班 3-0 林分		
苗木種	スギ 300cc コンテナ苗		
植栽密度区	1,700 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.56ha	0.55ha	1.11ha
植栽本数	952 本	1,375 本	2,327 本
気温/ 降水量	16.1℃（平均気温） / 2,096.5mm（年降水量）（平年値、甲佐）		
標高/ 傾斜/ 方位	665～690m / 11～30° / E～SE		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	熊本県熊本市中央区水前寺 6-18-1 熊本県庁森林整備課県有林班		
植栽実施者	熊本県熊本市中央区新屋敷 1-5-4 熊本県森林組合連合会		
植栽日	2016 年 2 月 10～13 日（前生樹の伐採は 2015.11）		

(3) 調査プロットの概要

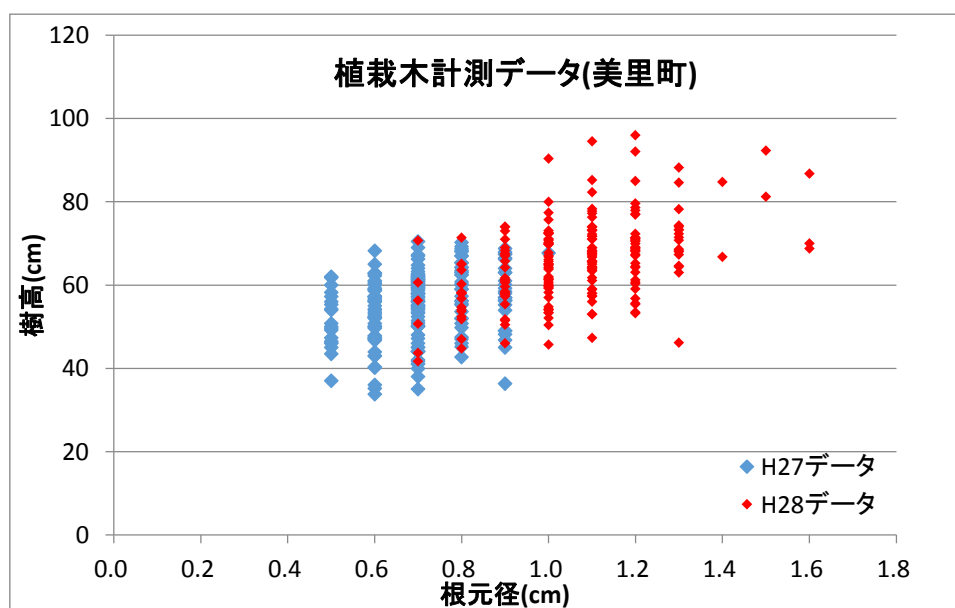
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,700 本/ha	No.1	15×15m	36 本	無	斜面上部に設置
	No.2	15×15m	36 本	無	斜面中部に設置
	No.3	15×15m	36 本	無	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	12×12m	35 本	無	斜面上部に設置
	No.5	12×12m	36 本	無	斜面中部に設置
	No.6	12×12m	36 本	無	斜面下部に設置
合計			215 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

⑧熊本県美里町		①1,700 本/ha		②2,500 本/ha	
ヒノキ 300cc		H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.7	1.0	0.7	1.1
	分散	0.014	0.023	0.013	0.032
	標準偏差	0.12	0.15	0.12	0.18
	最小値	0.5	0.7	0.5	0.7
	最大値	1.0	1.4	0.9	1.6
樹高	平均値	55.4	65.7	55.2	65.8
	分散	62.759	82.629	67.345	104.285
	標準偏差	7.92	9.09	8.21	10.21
	最小値	33.8	43.7	35.0	41.7
	最大値	70.5	92.1	70.2	96.0
形状比	平均値	82.0	64.6	79.7	60.8
	分散	294.869	94.786	170.913	94.869
	標準偏差	17.17	9.74	13.07	9.74
	最小値	40.3	44.6	50.0	35.5
	最大値	124.0	101.0	108.4	86.6

(追跡調査年月日:2016 年 12 月 14 日)



当地域においては下刈りを実施していないが、他地域と同様に、平均根元径、平均樹高ともに成長がみられ、形状比についても低下していることが確認できる。現段階では各苗木は孤立状態で密度効果は出ていないため、地位や日照条件等が関連していると考えられる。

(5) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

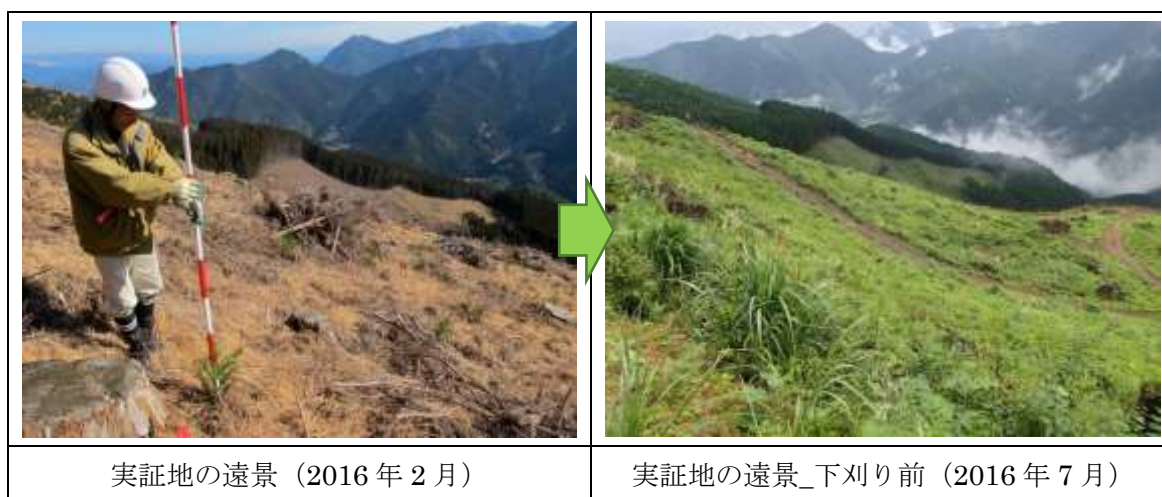
プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,600 本/ha	無	108	108	100.0	0	0	0
2,500 本/ha	無	108	108	100.0	0	0	0
合計		216	216	100.0	0	0	0

本試験地内は全面的に下刈りを実施していないが、プロット内において植栽木の枯死は発生していなかった。本調査の中で枯死が発生しなかったプロットは当試験地のみである。

現場の状況を確認のうえ、下刈り施業の有無を適正に判断すれば、下刈りを省くことが可能であるといえる。

(6) 現地写真





プロット No.2_植栽直後 (2016 年 2 月)



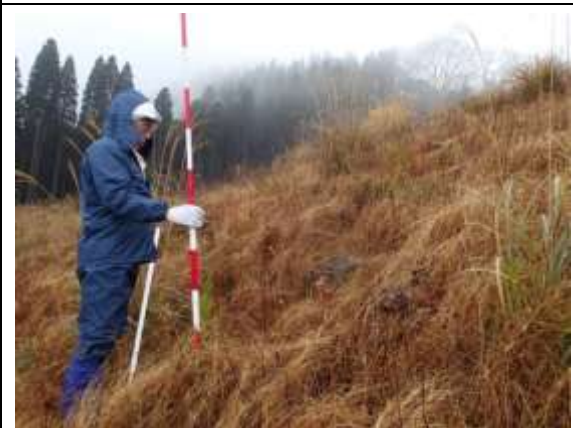
プロット No.6_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.2_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.6_下刈り前 (2016 年 7 月)



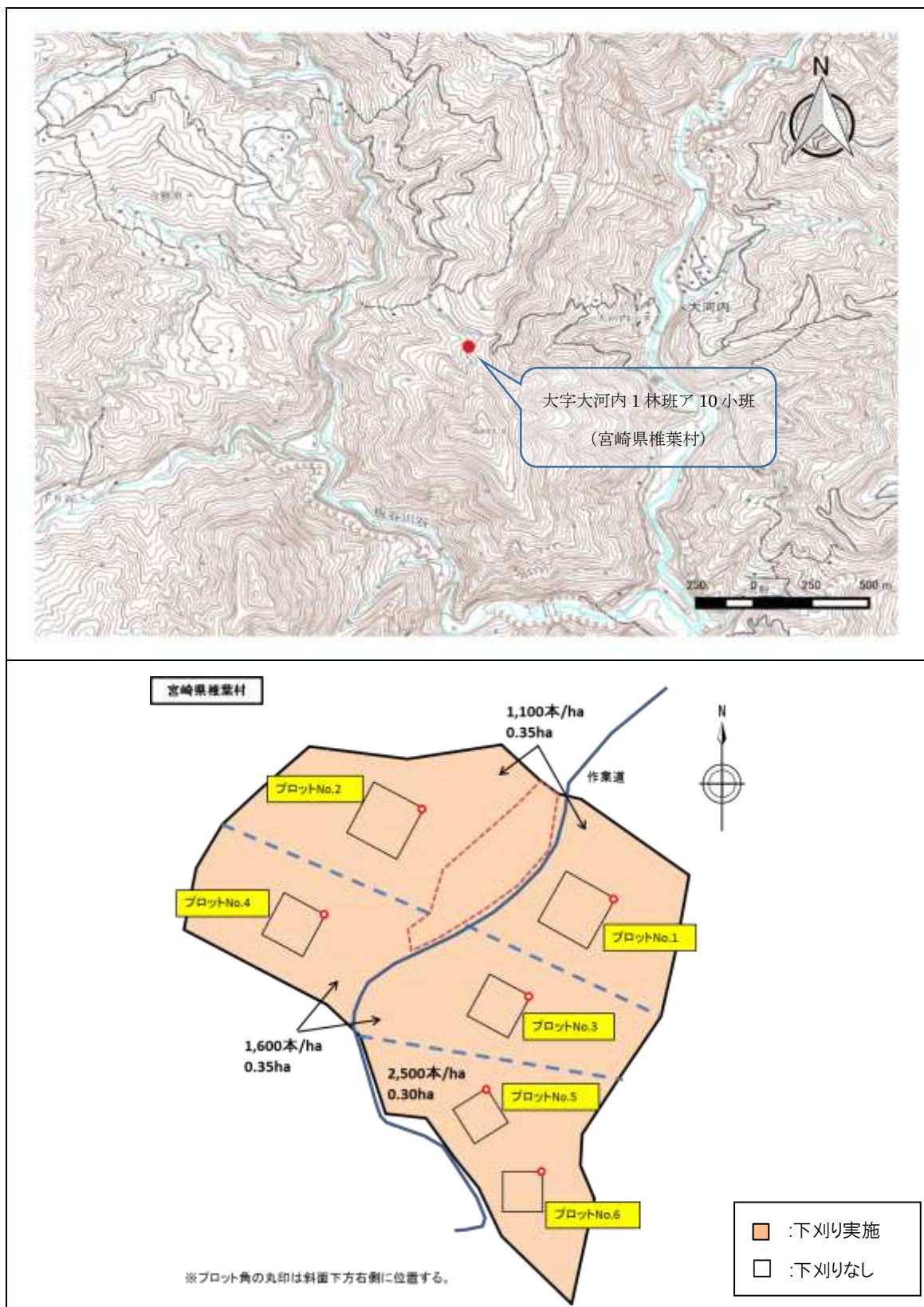
プロット No.2_追跡調査時 (2016 年 12 月)



プロット No.6_追跡調査時 (2016 年 12 月)

6.3.4 宮崎県 椎葉村 (No. 9)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

宮崎県椎葉村の植栽試験地は、標高 800m 以上の高標高にある。植栽密度 1100 本/ha のプロットと 1600 本/ha のプロットは北西面に面していて、冬期には季節風が厳しく当たる場所である。またシカの生息も多く見られる地域でもある。低木層（1～2m）の被度は 30～40%、草本層（1m 未満）の被度は 30～70%である。ススキを主としタケニグサが優占している。両種の他はクマイチゴ、スズタケ、タラノキ、チャノキ等が見られる。

実証試験地	宮崎県椎葉村大字大河内 1 林班ア 10 小班			
苗木種	スギ 300cc コンテナ苗			
植栽密度区	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.35ha	0.35ha	0.30ha	1.00ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量	12.7℃（平均気温） / 2,364.4mm（年降水量）（平年値、鞍岡）			
標高/ 傾斜/ 方位	830～870m / 13～37° / NW～SW			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	宮崎県東臼杵郡椎葉村大字下福良 1762-1 椎葉村林業振興グループ			
植栽実施者	宮崎県東臼杵郡椎葉村大字下福良 1758-1 耳川広域森林組合椎葉支所			
植栽日	2015 年 2 月 3～5 日（前生樹の伐採は 2013.11）			

(3) 調査プロットの概要

宮崎県椎葉村は、昨年度の植栽時、前生樹の伐採から 2 年経過していたが、広葉樹の侵入・再生木の多くがシカに食べられていた。しかし昨年度にシカ柵を設置したため、今年度の 7 月には広葉樹の繁茂の他、ススキの繁茂量が多く、下刈りは全面的に実施するものとした。

なお、下刈りについては、9 月 23 日～26 日の期間に実施した。

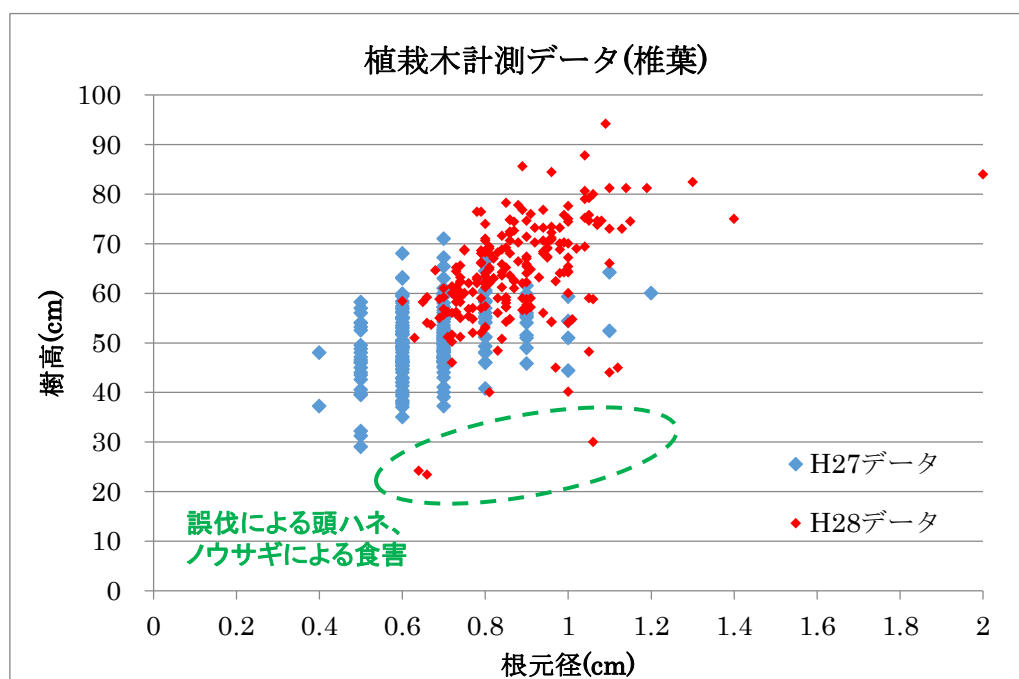
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,100 本/ha	No.1	18×18m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.2	18×18m	36 本	有	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No.3	15×15m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.4	15×15m	36 本	有	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.5	12×12m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.6	12×12m	36 本	有	斜面上部に設置
合計			216 本		

(4) 調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

⑦長崎県東彼杵		①1,100 本/ha		②1,600 本/ha		③2,500 本/ha	
ヒノキ 3000cc		H27	H28	H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.7	0.9	0.7	0.8	0.7	0.9
	分散	0.019	0.040	0.012	0.014	0.013	0.012
	標準偏差	0.14	0.20	0.11	0.12	0.11	0.11
	最小値	0.4	0.6	0.5	0.7	0.5	0.6
	最大値	1.2	2.0	1.1	1.2	1.1	1.1
樹高	平均値	48.5	65.7	50.9	63.2	52.4	63.6
	分散	59.882	165.516	44.424	88.278	32.067	53.783
	標準偏差	7.74	12.87	6.67	9.40	5.66	7.33
	最小値	29.0	24.2	37.0	23.4	37.6	45.0
	最大値	67.2	94.2	71.0	84.4	66.4	79.2
形状比	平均値	76.1	72.9	72.7	76.0	75.3	74.1
	分散	243.965	213.435	44.424	58.348	154.992	100.017
	標準偏差	15.62	14.61	6.67	7.64	12.45	10.00
	最小値	50.0	28.3	37.0	55.5	44.4	40.2
	最大値	120.0	97.3	71.0	91.5	108.0	97.9

(追跡調査年月日:2016年12月23日)



平均根元径、平均樹高ともに成長していることが確認できる。根元径については成長量が平均 0.2cm であり他地域に比べて小さい。一方、樹高の成長量は平均 13.5cm と多い。特に、最も低密度である 1,100 本/ha の樹高成長量が平均 17.2cm と多く、2,500 本/ha の平均 11.2cm と比較すると約 1.5 倍の差が生じている。現段階では密度効果は出ていないため、地位や日照条件等が関連していると考えられる。

(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	面積(ha)	生産性(人日/ha)
⑨宮崎県椎葉村	9.5	刈払い機	1.00	9.5

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングより整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、約 8 時間である。(昼休憩含む)

侵入広葉樹やススキの量が多く、また、傾斜地であることから効率的な作業は困難であったと考えられる。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,100 本/ha	有	72	71	98.6	1	1.4	0
1,600 本/ha	有	72	72	100.0	0	0.0	0
2,500 本/ha	有	72	72	100.0	0	0.0	0
合計		216	215	99.5	1	0.5	0

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

植栽木の枯死については、1,100 本/ha で 1 本が発生しており、枯死原因は誤伐である。

プロット内の植栽木を対象に調査した誤伐の発生状況、及び誤伐の程度(枯死、頭はね)について結果を以下に示す。

⑨宮崎県椎葉村	誤伐の発生状況			
植栽密度	誤伐本数(本)	誤伐率(%)	枯死(本)	頭はね(本)
1,100 本/ha	3	4.2	1	2
1,600 本/ha	4	5.6	0	4
2,500 本/ha	0	0	0	0

※誤伐本数...枯死と頭はね本数の合計を示す。

※枯死...誤伐が原因による枯死を意味する。

植栽密度 1,100 本/ha においては誤伐が 3 本発生しており、そのうち 1 本は枯死に至っている。1,600 本/ha のプロット内においては誤伐が 4 本発生しており、すべて頭はねである。一方、2,500 本/ha のプロットにおいては、誤伐は確認されなかった。

(7) 現地写真



プロット No.1_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.2_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.1_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.2_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.1_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.2_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No. 3_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.6_植栽直後 (2016 年 2 月)



プロット No.3_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.6_下刈り前 (2016 年 7 月)



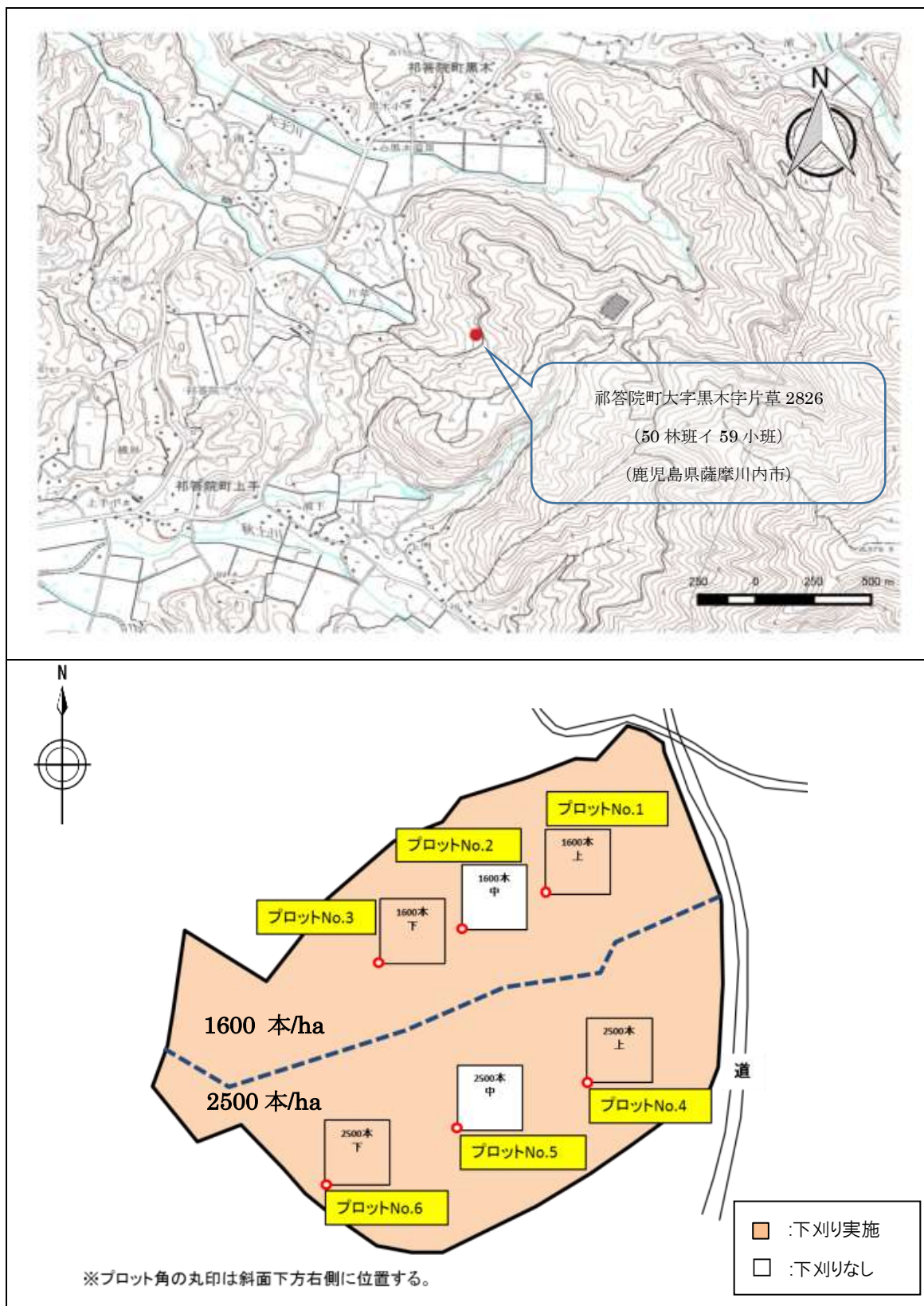
プロット No.3_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.6_下刈り後 (2016 年 11 月)

6.3.5 鹿児島県 薩摩川内市 (No. 10)

(1) 位置図



(2) 試験地の概要

鹿児島県薩摩川内市は、昨年度の植栽時に前生樹の伐採から1年が経過していた。地形が緩く林道から近いため、地拵えには林業機械（グラップル等）が使用された。

昨年度にシカ柵を設置しており、植栽木へのシカの被害は回避できたが、シカの食圧が無くなった侵入木の繁茂が懸念された。

2016年7月15日の時点で、カラスザンショ、クマイチゴ、センダン、ジャケツイバラ等が多く、他にクマイチゴ、ダンドボロギク、ヒメバライチゴ、ヤブムラサキ、ナガバモミジイチゴ等が再生している。低木層（1～2m）は各プロットとも被度10～40%、1m未満の草本層で20～60%であった。

実証試験地	鹿児島県薩摩川内市祁答院町大字黒木字片草 2826 50 林班イ 59 小班		
苗木種	スギ 300cc コンテナ苗		
植栽密度区	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.47ha	0.46ha	0.93ha
植栽本数	752 本	1,150 本	1,902 本
気温/ 降水量	17.0℃（平均気温）/ 2,281.4mm（年降水量）（平年値、川内）		
標高/ 傾斜/ 方位	180～195m / 11～19° / W		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	鹿児島県薩摩川内市神田町 3-22 薩摩川内市林務水産課		
植栽実施者	鹿児島県薩摩郡さつま町西新町 20-12 株式会社はなぶさ		
植栽日	2015 年 12 月 24 日（前生樹の伐採は 2014.11）		

(3) 調査プロットの概要

8月の現地確認の際、試験地全体に下草の繁茂を確認し、植栽木が被覆されることが懸念されたため、基本的には下刈りを実施するものとし、一部のプロット（No.2,5）を除き、下刈りを実施した。

なお、下刈りについては、8月23日、24日に実施した。

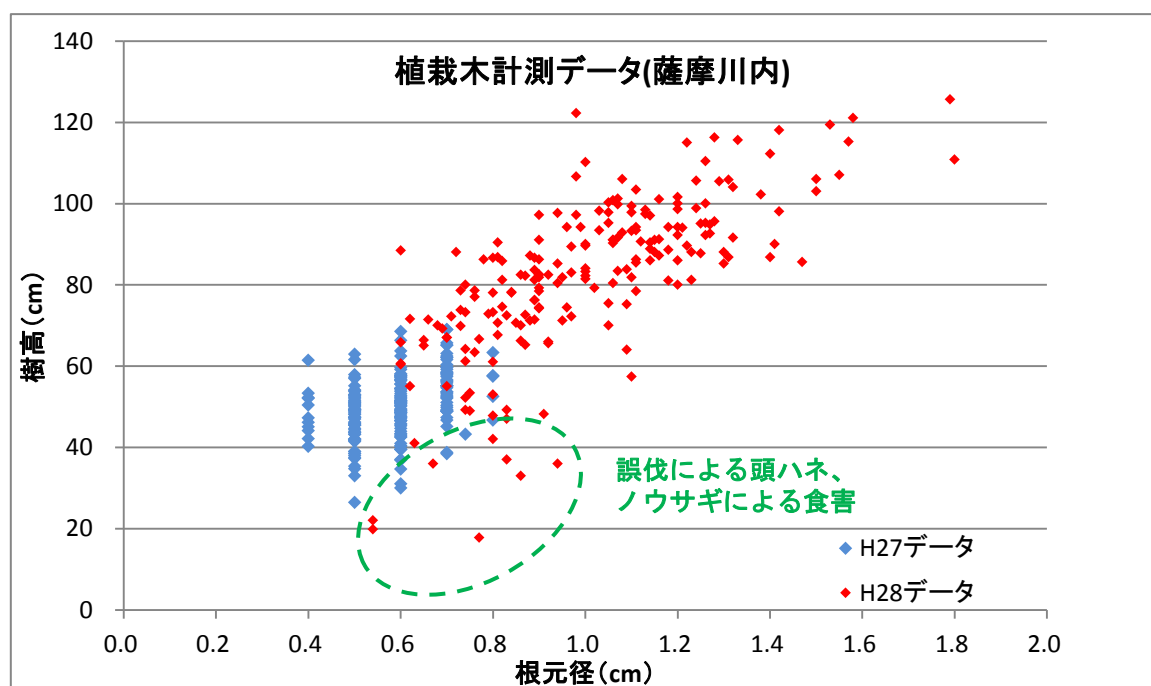
密度調査区	プロット No.	プロット形	調査本数	下刈りの有無	備 考
1,600 本/ha	No.1	15×15m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.2	15×15m	35 本	無	斜面中部に設置
	No.3	15×15m	34 本	有	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	12×12m	36 本	有	斜面上部に設置
	No.5	12×12m	36 本	無	斜面中部に設置
	No.6	12×12m	36 本	有	斜面下部に設置
合計			213 本		

(4) 追跡調査結果

プロット内の植栽木について、昨年度の植栽直後のデータと、今年度の追跡調査結果を植栽密度別に以下に示す。また、プロット内の植栽木の計測結果を散布図で示す。

⑩鹿児島県薩摩川内		①1,700 本/ha		②2,500 本/ha	
スギ 300cc		H27	H28	H27	H28
根元径	平均値	0.6	1.0	0.6	1.1
	分散	0.007	0.060	0.010	0.050
	標準偏差	0.09	0.25	0.10	0.22
	最小値	0.4	0.5	0.4	0.6
	最大値	0.7	1.8	0.8	1.8
樹高	平均値	49.6	77.1	50.7	87.9
	分散	59.303	344.918	57.129	336.003
	標準偏差	7.70	18.57	7.56	18.33
	最小値	26.4	19.8	30.0	17.8
	最大値	69.0	121.0	69.0	125.6
形状比	平均値	86.2	81.7	87.9	84.5
	分散	266.407	307.992	243.499	225.410
	標準偏差	16.32	17.55	15.60	15.01
	最小値	52.8	36.7	50.0	23.1
	最大値	153.5	147.3	133.3	124.7

(追跡調査年月日:2016 年 11 月 20 日)



平均根元径は、1,600 本/ha、2,500 本/ha どちらも約 0.5cm 成長し、樹高の成長量は 1,600 本/ha では平均 27.4cm、2,500 本/ha では平均 37.2cm であった。2,500 本/ha の方が樹高成長量の多い結果となったが、現段階では密度効果は出ていないため、地位や日照条件等が関連していると考えられる。

(5) 下刈りの生産性

下刈りの実施面積と作業人工数をもとに生産性を以下に示す。

場所	下刈り人工	使用機械	面積(ha)	生産性(人日/ha)
⑩鹿児島県薩摩川内市	9.9	刈払い機	0.893	11.1

(注 1) 本資料は下刈り後の作業日誌、及びヒアリングより整理した。

(注 2) 現場における日労働時間は、約 8.5 時間である。(昼休憩含む)

作業現場までの距離が近いことや傾斜が緩いことから、比較的に生産性は高い結果となった。

(6) 生残率と枯死率及び誤伐の発生状況

プロット内の植栽木について、生残率、枯死率等を植栽密度別に以下に示す。

植栽密度	下刈りの有無	プロット内植栽本数(本)	生残数(本)	生残率(%)	枯死本数(本)	枯死率(%)	消失(本)
1,600 本/ha	有	72	68	94.4	4	5.6	0
	無	35	35	100.0	0	0.0	0
	合計	107	103	96.3	4	3.7	0
2,500 本/ha	有	72	66	91.7	4	5.6	2
	無	36	36	100.0	0	0.0	0
	合計	108	102	94.4	4	3.7	2
合計		215	205	95.3	8	3.7	2

※枯死本数...誤伐による枯死も含めた枯死本数。

枯死本数については、1,600 本/ha で 4 本、2,500 本/ha で 4 本が発生し、プロット全体においては合計 8 本の枯死が確認された。枯死の原因には誤伐の他、ウサギによる食害、及び競合植生の被覆による”蒸れ”が可能性として考えられた。

プロット内の植栽木を対象に調査した誤伐の発生状況、及び誤伐の程度（枯死、頭はね）について結果を以下に示す。

⑩鹿児島県薩摩川内	誤伐の発生状況			
植栽密度	誤伐本数(本)	誤伐率(%)	枯死(本)	頭はね(本)
1,600 本/ha	6	8.3	2	4
2,500 本/ha	0	0	0	0

※誤伐本数...枯死と頭はね本数の合計を示す。 ※枯死...誤伐が原因による枯死を意味する。

植栽密度 1,600 本/ha のプロット内においては、誤伐が 6 本発生し、一方、植栽密度 2,500 本/ha のプロット内においては、誤伐は確認されなかった。

(7) 現地写真

	
実証試験地遠景（2016 年 1 月撮影）	実証試験地遠景（2016 年 11 月撮影）



プロット No.1_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.3_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.1_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.3_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.1_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.3_下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.5_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.6_植栽直後 (2016 年 1 月)



プロット No.5_無下刈り (2016 年 7 月)



プロット No.6_下刈り前 (2016 年 7 月)



プロット No.5_無下刈り後 (2016 年 11 月)



プロット No.6_下刈り後 (2016 年 11 月)

【参考資料】 獣害対策の考え方

森林の更新、特に植栽や天然下種更新の現場における課題として獣害がある。近年頻発している獣害の多くは、ニホンジカによるものが多いが、再生林などのために一度に広い植栽地を作るとウサギやニホンカモシカなどを呼び寄せて、大きな被害を生じることもある。

一般的に、ニホンジカの対策として重要な3本柱は、a 個体群管理、b 生息環境管理、c 被害防除、と言われている（鳥獣保護法及び鳥獣被害防止特措法等による解釈）。

そこで、低密度植栽箇所を含む周辺地域では、

- a 個体群管理 → 森林の管理者や間伐等を実施する造林事業体や森林組合等が捕獲を実施し、個体数を適正密度にコントロールする（管理する）。
- b 生息環境管理 → 大面積な一斉造林地等のニホンジカの餌場を造成せず、ニホンジカを一度に一箇所に集中的に誘引しない。
- c 被害防除 → 植栽木を防鹿柵などによりニホンジカ被害から守る。

の実施が望まれ、以下のa～cの順に説明する。

a 低密度植栽等による再生林の推進を図るニホンジカの個体群管理について

ニホンジカの地域個体群を管理（捕獲）せずに放置しておけば、生息密度は年々増加し、森林・林業地域だけではなく、周辺地域の集落や農地・公園区域にまで大きな被害をもたらす、農山村地域の過疎化と相まって大きな社会問題となる。

一般に、ニホンジカの個体群管理（ここでいう管理と捕獲とはほぼ同意語である）は、猟友会や狩猟クラブ等が実施する狩猟、市町村の要望を受け地元猟友会等が実施する有害鳥獣捕獲、公有林や公園区域等の管理行政機関が行う管理捕獲とに分けられる。また、捕獲手法は、大きく分けると装薬銃（散弾銃やライフル銃、麻醉銃等）による捕獲（第一種鳥獣捕獲免許が必要）と、わなによる捕獲（第二種鳥獣捕獲免許が必要）とに分けられる。

装薬銃による捕獲は、犬などを利用する追い込み猟（巻狩り：勢子と射手に分け複数人で行う場合が多い）、ハンターが歩いてシカを追い詰め捕獲するしのび猟（1～数人の少人数で行う場合が多い）、誘引を行い誘引箇所を転々と車などで移動しながら（若しくは隠れ場所で待ちながら）メス成獣などを選択的に捕獲するモバイルカリング（シャープシューティングも含まれる：誘引者・射手・捕獲個体運搬者・安全管理者等の複数人がチームを組んで実施する場合が多い）等に分けられる。

また、わなによる捕獲は、誘引を伴う箱わなや囲い柵、時には誘引を行うが基本的にはニホンジカの通り道にわなを仕掛けるくくりわな等がある。

くくりわなによる捕獲は、免許の取得がそれほど難しくなく、比較的に安全で経費もそれほど

ど掛からないので比較的容易に実施可能で、低密度植栽による再生林の推進を図る地域においては、森林管理者や森林整備者（林業事業体や森林組合等）が低密度植栽等再生林の実施と合わせてわなかけを行うと有効的である。しかし、くくりわなには警戒心の少ない幼獣や発情期のオス成獣が掛かる比率が高く、警戒心の強いメス成獣を数多く捕獲しないと、ニホンジカの個体群そのものを効率的に低減させることができない。そのため、メス成獣を含む複数頭の群れそのものを捕獲する囲い柵による手法や、安全に配慮しながらメス成獣を選択的に捕獲可能な装薬銃による捕獲等と同時進行的に実施することが有効的となる。

ただし、低密度等による再生林を推進する上で重要となるのは、対象地だけの被害防除を目的とするのであればcで後述する被害防除のみを行うことが多く、個体群管理（捕獲）までを一体的に行う事例は少ない。

将来的には、地域全体における再生林の針広混交林化の推進のため、再生林及び育林施業の実施と合わせて周辺エリアを含めた個体群管理（捕獲）を実施することが望ましい。

b 低密度植栽等による再生林の推進を図るニホンジカの生息環境管理について

大面積な再生林地（一斉造林地）等のニホンジカの餌場を一度に造成せず、一箇所に集中的に誘引しない等の生息環境を管理していくことが生息環境管理上重要となる。

ニホンジカは、林縁に好んで生息する動物であり、森林伐採や牧草地の造成、放棄され草原化した耕作地、法面等の緑化によって作り出された草地は、ニホンジカの餌量の多い環境を作り出し、個体数の急激な増加の引き金や高い増加率を維持する基盤となる。したがって、低密度植栽等による再生林の推進を図る場合も、このような環境を作り出さない工夫が必要であり、そのような観点から、規模の大きな伐採面（大面積皆伐地）や広く連続した再生林地を作らないことが重要となる。

c 低密度植栽等による再生林の推進を図るニホンジカの被害防除について

ニホンジカの被害防除は、防鹿柵（植生保護柵）を設置し対応を図ることが一般的である。

この防鹿柵（植生保護柵）は、ニホンジカが飛び越えられない高さ（1.6～2.0m程度）の網柵（針金や塩化ビニールネット、ステンレス線、魚網等様々な網柵がある）等で新植地を囲うものである。（表1参照）

表 1 低密度植栽による再生林の推進を図るための主な防鹿柵等

主な種類		概要	課題と成果及び対応
マンデ イフェ ン ス (単木 防除)	幼齢木 被覆ネ ット	植栽木1本1本を食害から 守るため、稚樹の単木1本 1本にネットやビニール 等を筒状に被せて覆う	作業のし易い植栽時に一度に設置できるので、 皆伐跡地の一斉造林地などに試験的に導入され ている。植栽木の初期生長に対する影響など未 定の部分もある。針葉樹の稚樹のように真っ直 ぐ上に伸びる樹種では適応しやすいが、横方向 に広く枝葉を展開する必要性のある低密度植栽 に適するかどうかは未定であり、評価が分かれ る。
ゾーン ディフ フェンス (面的 防除)	防鹿柵 (植生 保護 柵)	新植地を団地単位で一体 的(30~100m四方位程度が 一般的)に防鹿柵で囲う	ニホンジカの絡まり等による柵の破損、暴風・ 豪雪・落石等による破損が生じると、そこから ニホンジカが出入りし数日で多くの被害が生じ ることがあり、管理上のリスクがある。まとま った面積に施工するので、稚樹1本あたりに換 算すれば、設置経費が安く経済的である。ただ し、ニホンジカの絡まりに対する見回りや豪 雨・豪雪後の見回り及びメンテナンスが必要。
	パッチ ディフ フェンス	植栽地の食害を小面積で 複数箇所単位で守るため、 狭い範囲(5~20m四方位程 度)を複数箇所パッチ状に 防鹿柵で囲う	ニホンジカの絡まり、暴風・豪雪・落石等によ る柵の破損に対し、1箇所1箇所が小面積なので 一部への被害が生じても全体に被害が及ぶリス クが少ない。設置経費は比較的高いが、見回り やメンテナンス等の管理費を削減できる。
	ブロッ クディ フェン ス	痕跡や地形を見ながらニ ホンジカの歩く道を特定 し、それを筋状に残す形で (ニホンジカの通り道を 確保しながら)、通り道を 塞がないように防鹿柵を 張り、ニホンジカによる防 鹿柵の破損を防ぐ	ニホンジカの絡まりを事前に予防できる効果は 高い。ただし、暴風・豪雪・落石等による破損 に対してはリスクが残る。設置が複雑になりや すく、少し経費が掛かるが、ニホンジカの絡ま りに対する見回りやメンテナンス経費が軽減で きる。

7 大型コンテナ苗を使用した低密度植栽試験

7.1 実証試験の目的

主伐・地拵え・植栽の一貫作業システムの導入によって再生林の低コスト化が実現可能となってきた。一方で、植栽後の下刈りや、シカ生息地域でのシカ柵設置など、再生林の初期保育過程で多大なコストがかかる実態がある。そこで図 7-1 に示すような考えに基づき、下刈りコストとシカ被害対策コストの削減を目指し（削減の根拠は図 7-2 参照）、苗高 90cm 以上の大型コンテナ苗と低密度植栽を組み合わせた実証試験を今年度開始した。今後、植栽苗の成長データを継続測定するとともに、下刈り作業等に関わるコストの分析およびシカ被害状況の解析を通じ、最終年度（平成 31 年度）には大型コンテナ苗の低密度植栽による低コスト化の評価を行い、より一層の省力化を見据えて植栽に関わる技術指針等を検討する。

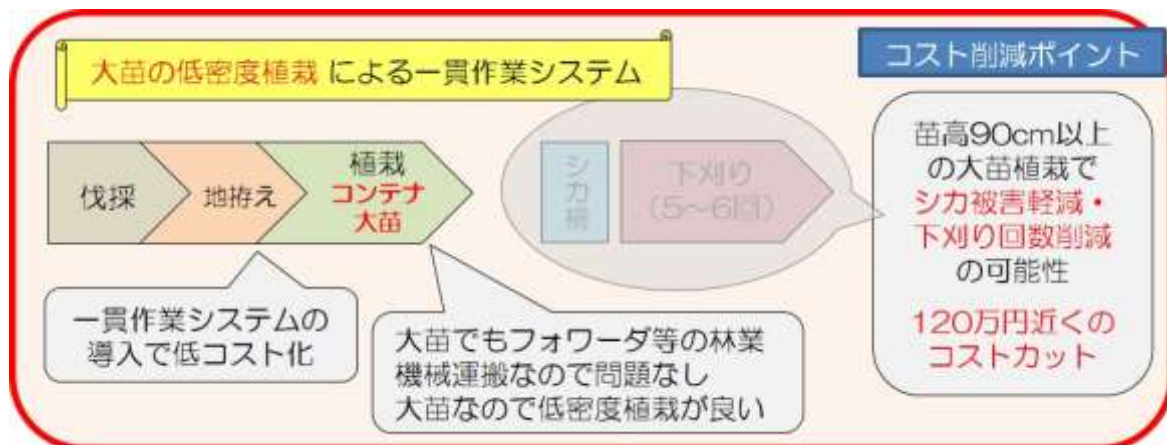


図 7-1 大型コンテナ苗低密度植栽による下刈りコストやシカ被害対策コストの削減



図 7-2 大苗植栽によるシカ被害対策コストの削減の根拠

7.2 大型コンテナ苗の栽培法（試行）

大苗についての生産・流通等の実態は不明である。ポット栽培の大苗が試験等に供されていることは時々見聞きするが、森林整備の苗木として大苗が植栽に使われていることは知らない。今回の事業で栽培を試みるスギ大苗は、マルチキャビティーコンテナ（容量 300cc：以下 MC とする）を利用した大型コンテナ苗の生産である。大苗の大きさの基準・定義は現状ないが、ここでは MC 設計者が示した MC300cc のキャビティー 24 穴（4×6）で、その内の 12 穴を交互に使って設計上栽培出来ると言う苗高 90cm を大苗栽培の生産目標とした。

7.3 栽培スケジュール等について

2016 年度（H28 年度）にスギの大型コンテナ苗を用いた植栽試験の設定が計画された。大型コンテナ苗の生産は、九州でスギ挿し木コンテナ苗の生産に実績がある宮崎県宮崎市の長倉樹苗園との協同で行った。栽培工程を図 7-3 に、栽培経過を図 7-4 に示す。通常の MC300cc 苗を作る工程と、大苗を作るその後の工程である。今回のケースでは、2014 年秋に床挿しされ（①）一冬を越しカルス形成・発根した挿し穂を、コナツハスクが充填された MC300cc（24 穴）に 2015 年 6 月前後に移植し（②）コンテナ苗の栽培を開始した。翌 2016 年 4 月に 300cc コンテナ苗が出来上がると、一旦、苗木を抜き取り、交互の 12 穴に約 200cc のコナツハスクを詰め込み、再度その穴に抜き取っていた 300cc コンテナ苗を差し込んだ。コンテナ苗は嵩上げされた分だけ鉢上部が露出することになったが、その裸出部分には M スター用のシートを巻いて保護し（③）、さらに栽培を継続、2017 年 1 月に出荷し植栽試験に供した。

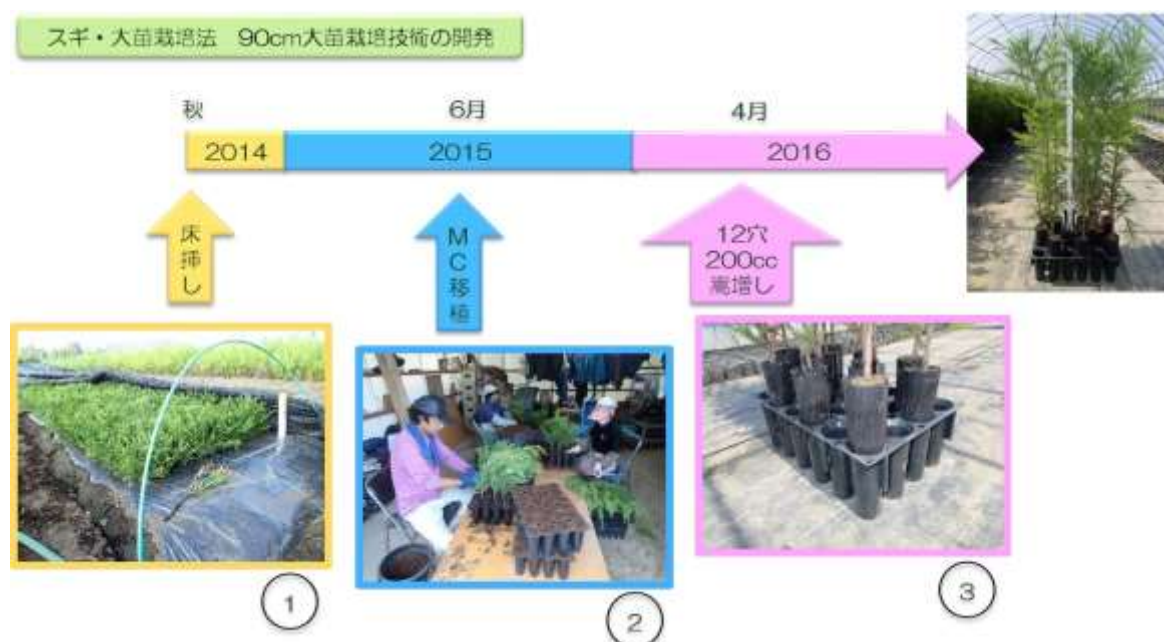


図 7-3 スギ・大型コンテナ苗の栽培スケジュール



図 7-4 大型コンテナ苗の栽培経過（左：12 穴で栽培を開始した直後、右：出荷直前）

7.4 大型コンテナ苗の形状について

図 7-3 の栽培スケジュールで育苗された大型コンテナ苗の鉢の形状を図 7-5 に示す。一旦、底部まで到達して空中根切りの状態で停止した 300cc コンテナ苗の根の成長点が、コナツハスク約 200cc の増量・嵩上げで、再び根の伸長が始まり、さらに細長い鉢が形成される。その鉢の長さは、コンテナ 300cc 苗で約 15cm であったのに対し、大型コンテナ苗では約 25cm であった。2016 年 4 月から 2017 年 1 月までの育苗期間で、根は十分に下方へ展開しコンパクトな鉢の形成となっていた。ちなみに、鉢が細長い形状の苗木を作る理由は、以下に記すように、大苗植栽で危惧される風による根抜け対策を考えてのことである。

通常、MC300cc・交互 12 穴の利用で、苗長 90cm の苗木の栽培が可能と MC 設計者は報告している。ただ苗畑・ハウス内での栽培は担保されるとしても、山出し植栽後に問題なく活着・成長できるとの保証はない。従来の大苗植栽の事例を検討すると、植栽後の風による揺さぶり、それによる根抜けの問題が指摘されている。その対策として支柱をする事例も見られるが、それを行えばコストが掛増しになる。鉢の長さ 15cm の 300cc コンテナ苗で苗長 90cm を支えるのに対して、鉢の長さ 25cm の大型コンテナ苗で苗長 90cm を支える方が初期の根抜け対策として有効だと考えての鉢の形状である。

山出し直前の大型コンテナ苗及びコンテナ 300cc 苗の諸形状を、生産者抜き取りサンプル各 10 個体について、それぞれ測定した（図 7-6）。大型コンテナ苗の鉢の容量については、既存の 300cc 容量に +200cc の増量で 500cc を想定していたが、図に示した数値から明らかなように、平均 466cc（おおよそ 450cc～480cc）であった。出来上がった大型コンテナ苗の苗長は 92cm 前後で、通常のコンテナ 300cc 苗の約 1.6 倍であった。地際直径は双方で大きく変わらず、形状比は結果的に大型コンテナ苗で平均 94（おおよそ 75～110）と 300cc 苗の平均 63 に対して高い値となっている。苗木全体の重さを見ると、大型コンテナ苗で 340 g 前後で、300cc 苗の 210 g の約 1.6 倍である。90cm 前後の苗長を考えると、またポット由来の大苗の重さを考えると、大型コンテナ苗の重さはサイズの割には非常に軽量と思われる。



図 7-5 鉢の形態（上：大型コンテナ苗、下：コンテナ 300cc 苗）



図 7-6 大型コンテナ苗とコンテナ 300cc 苗の形状比較

7.5 大型コンテナ苗低密度植栽実証試験地の設定

大型コンテナ苗低密度植栽試験地の設定は、宮崎県都城市高野町の都城森林組合所有のスギ・ヒノキ林（46 年生・63 年生）にて一貫作業システムを基本として行った。12 月下旬に対象エリアの伐採及び機械地拵えが終了、その後引き続き植栽密度試験区画及び調査プロットの位置決め、翌 1 月 23 日からの植栽で試験地設定が完了した。

植栽密度試験のデザインは図 7-7 に、その眺望を図 7-8 に示す。試験地面積は 1.2ha で、大型コンテナ苗の植栽密度は 1,100 本/ha（植栽間隔 3×3m）、1,600 本/ha（植栽間隔 2.5×2.5m）、2,500 本/ha（植栽間隔 2×2m）とした。比較のため、通常のコンテナ 300cc 苗を 2,500/ha で同様に試験に組込んだ。なお、各植栽密度区はシカ柵で囲うエリアとそうでないエリアとに 2 区分されている。継続的に成長等のモニタリング調査を行うプロットは、シカ柵内外に各処理に対応して 8 箇所が設定されており、各プロットでは 6 列 6 行の 36 本の植栽苗木にそれぞれ個体識別番号を付され、調査に供される。

植栽に当たっての大型コンテナ苗の運搬は、先ず林内作業車で一袋 25 本入りメッシュ袋をそれぞれの植栽エリアまで運び、その後の小運搬はその袋を人力で運んだ。事前に植栽位置決めを行い、植え穴掘りは 2 台の自動植え穴掘り機で行い（図 7-9）、苗木の小運搬を担当する者が一名で苗木を植え穴に挿入し植え付けて行った（図 7-10、植栽の生産性は表を参照）。ちなみに、自動植え穴掘り機は大苗栽培を協同した長倉樹苗園で開発中の装置である。

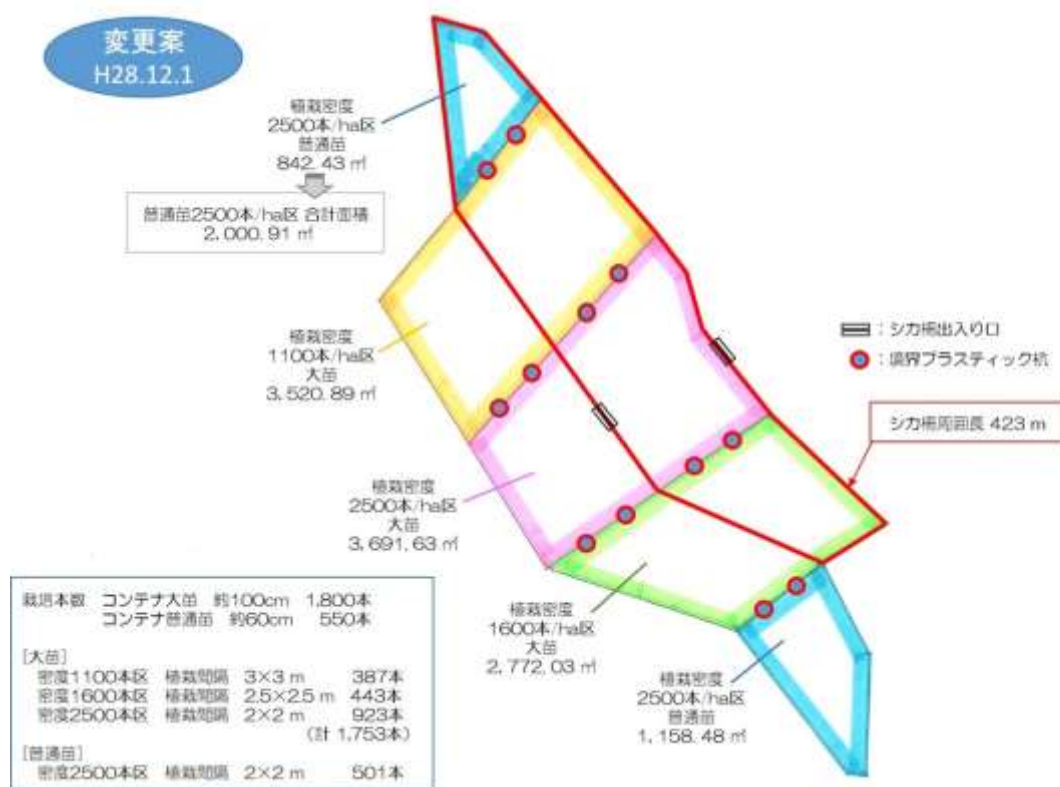


図 7-7 低密度植栽実証試験地の試験デザイン



図 7-8 低密度植栽実証試験地（図 6-7 の矢印からの眺望）



図 7-9 自動植え穴掘り機



図 7-10 植栽された大型コンテナ苗とコンテナ 300cc 苗

大型コンテナ苗の植栽に合わせ、当該「低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業」及び大型コンテナ苗の紹介を兼ね現地にて意見交換会を1月24日に開催した(図7-11)。参加者は、九州森林管理局、宮崎森林管理署、同都城支署、森林技術支援センター、宮崎県環境森林部、地域振興局、都城市、都城森林組合等の36名に上った。



図 7-11 大型コンテナ苗植栽に係わる意見交換会

7.6 シカ生息の確認について

低密度植栽実証試験地の設定の目的に、大苗植栽を通じたシカ食害軽減の効果を検討・評価する目的もあった。当地が試験地候補であった段階で自動撮影カメラを8月17日～9月8日まで林内に設置しシカの生息確認を行った(図7-12)。林内での事前調査ではシカが好んで食するアオキに食害の痕跡が認められた(図7-12 右上)。また回収された自動撮影画像からもシカ雌個体1頭(図7-12 右下)と雄の個体2頭(図7-12 右下)が確認された。

伐採の影響でシカが他地域へ拡散される可能性もあったことから、改めて12月22日～1月24日まで同様に自動撮影カメラを設置してシカ個体の有無を調査した結果、伐採地に少なくともシカ雌個体2頭(図7-13 右下)が出現していることが確認された。

今後の解析のため、自動撮影カメラはその後そのまま設置されており、大型コンテナ苗植栽後のシカ出現状況等を継続的に撮影調査している。

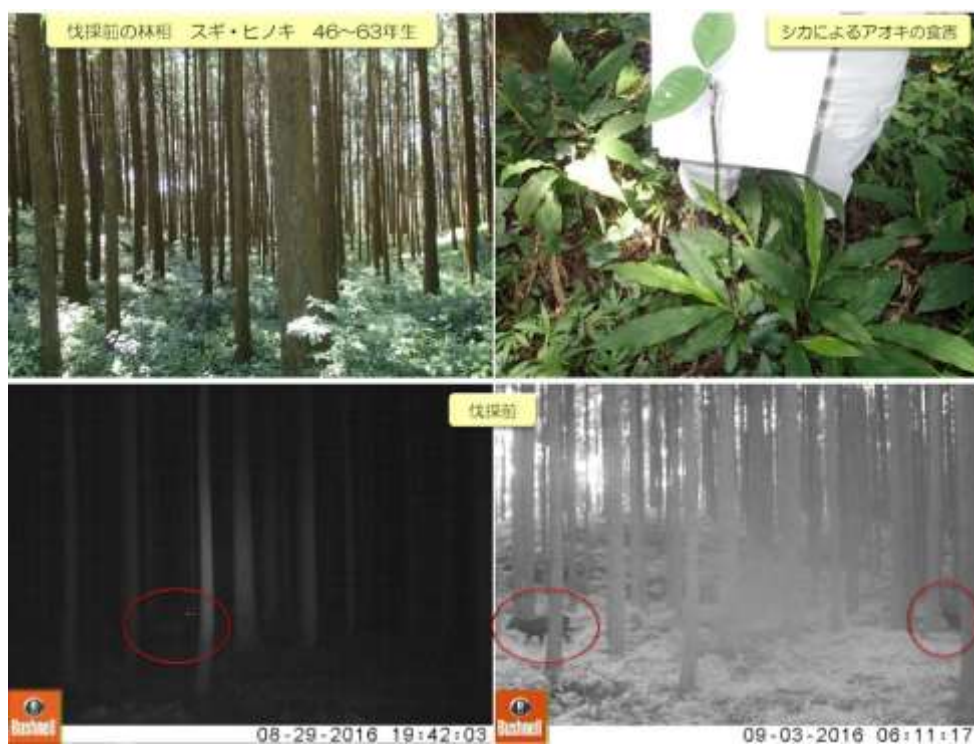


図 7-12 伐採前のシカ確認調査 (2016.8.17～9.8)



図 7-13 伐採後のシカ確認調査 (2016.12.22～2017.1.24)

8 ポット大苗を使用した低密度植栽試験

8.1 実証試験の目的

この実証試験の目的は、大苗植栽により下刈りコスト及びシカ被害対策コストの削減を検証することにある。宮崎県都城市高野町に設定した実証試験（既述 5.3 参照）と同様な目的を有する試験であり、都城での成果をフォローする位置づけにある。熊本南部署が試験地設定を行ったが、平成 28 年度の低密度植栽に関わる当該事業が始まる機会に、大苗植栽のコスト評価に関連する試験地として事業に組み込み、成果は署と共有する形で連携することとなった。

8.2 試験地の概要

試験地は熊本南部署管内の大畑国有林 49 林班い小班 (3.17ha) に平成 28 年 3 月 23 日に設定された（図 8-1、図 8-2）。大苗植栽にはポット苗が供されている。図 8-1 に示す調査プロット①及び②にはヒノキ大苗が各 40 本、合計 80 本、また調査区③及び④にはスギ大苗が各 30 本、合計 60 本、測定対象木として選定されている。両樹種ともシカ食害に関連して、植栽苗へのネット保護の有無が処理として加えられている。なお、調査区⑤～⑧は通常のコンテナ 300cc スギ苗が比較対照として植栽されている。調査区⑤、⑥は各 20 本、合計 40 本が全て苗毎にネット保護処理を受け、一方で調査区⑦、⑧の各 20 本、合計 40 本については従来のシカ柵設置による保護処理となっている。

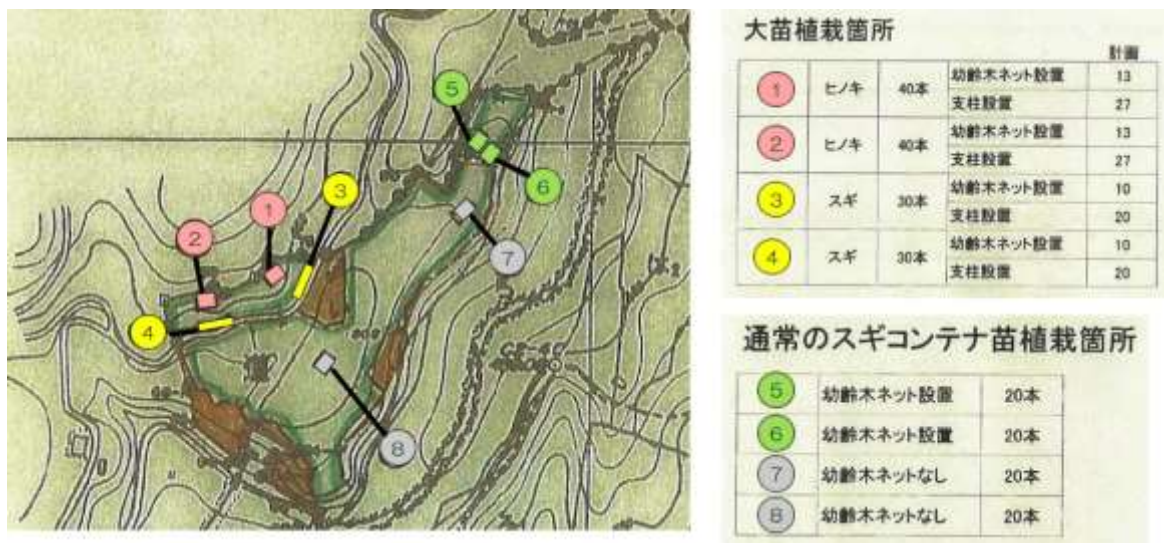


図 8-1 ポット大苗を使用した植栽試験

8.3 設定初年度の植栽苗木の状況

大苗植栽試験地における植栽木の諸元を表 8-1 に示す。熊本南部署が 5 月 27 日に実施した植栽木のサイズ測定等のデータから、大苗と普通苗の初期の活着については大きな違いは認められなかった。一方、苗長については、ヒノキ大苗が平均 203cm、スギ大苗はその約半分である平均 104cm、スギ普通苗で平均 40cm 前後であった。当事業で実施した 11 月 21 日の測定で

は、ヒノキ大苗の苗長は平均 214cm（成長期間内の伸長は約 10cm）、スギ大苗で平均 125cm（伸長は約 20cm）であった。スギ普通苗についてみると、いずれでも苗長 70cm を超える成長（30～40cm の伸長）を示しており、大苗と普通苗の間に明瞭な伸長量の差が認められた。今後の継続的な調査を通じて樹高成長の推移を把握する必要がある。



図 8-2 各調査区の状況

表 8-1 大苗植栽試験地における植栽木の諸元

苗種	植栽本数	2016/5/27 測定			2016/11/21 測定			生存本数	枯死本数 (率)	皮剥ぎ等	備考
		樹高 (cm)	根元直径 (cm)	形状比	樹高 (cm)	根元直径 (cm)	形状比				
ヒノキ大苗	80	203±19	2.0±0.2	104±12	214±18	2.2±0.3	99±13	76	4 (5%)	1	調査 31
スギ大苗	60	104±8	1.3±0.2	81±12	125±21	1.7±0.2	80±10	60	0 (0%)	1	
スギ普通苗 (個別ネット)	40	38±5	0.7±0.1	59±11	77±19	1.7±0.2	80±10	39	1 (2.5%)	0	ネット巻き込み等 6
スギ普通苗 (シカ柵)	40	41±8	0.7±0.1	56±12	72±11	1.1±0.2	66±11	40	0 (0%)	0	ウサギ被害 12

9 コウヨウザン植栽地の概況調査

9.1 調査の目的

コウヨウザンを用いた低密度植栽を普及させる基礎情報を得るため、コウヨウザン植栽地での活着状況等の調査を実施する。

9.2 コウヨウザン植栽地の調査

コウヨウザンは中国南部原産で、台湾にも分布し、現地では重要な造林樹種である。コウヨウザンの初期成長はスギ以上であり、下刈り回数の削減やシカ被害対策を講じる必要がない可能性があり、再造林の停滞を打開する樹種として近年着目されている。

広島県庄原市の民地には 50～60 年生のコウヨウザン人工林が成林しており（図 8-1）、この林分から得られた製材品（図 9-2）で林業技術センターによる強度試験から十分な性能を有することが判明している。

広島県尾道市木ノ庄町のコウヨウザン植栽地（図 9-3）において、植栽初期の活着状況や成長状態を調査した。H27 年秋に植栽されたコウヨウザンで、H28 年 9 月に調査を行った。植栽時の苗高は $17.7\text{cm}\pm 3.0\text{cm}$ （根元直径では $0.61\text{cm}\pm 0.1\text{cm}$ ）で、今回の調査から苗高は $31.3\text{cm}\pm 6.6\text{cm}$ で、約 1 年で平均 13.6cm の成長であった。また活着率は 97.5%であった。なお、ウサギによる食害が 25.6%の苗木に認められたが、芯立ちで苗木が対応し致命傷にはなっておらず補植の必要はないことが分かった。



図 9-1 コウヨウザン人工林



図 9-2 コウヨウザン材のモデル家屋



図 9-3 コウヨウザン造林地（広島県尾道市）

10 低密度植栽施業指針の検討

今年度は実証2年目であり、現時点で文献調査や実証事業を通じて得られた知見について事例的に考察する。

10.1 低密度植栽施業の目的

近年、森林資源の成熟による主伐（皆伐）の増加が予想される中、森林の多面的機能を十分に発揮していくためには、間伐の推進に加え、主伐後の再生林を確実に実施することが必要となっている。他方で、森林所有者等の再生林意欲を向上させるとともに、限られた財源の下で効率的に再生林を行うためには、再生林の低コスト化を徹底することが不可欠となっている。

また、近年、CLTの開発に代表される木質構造材としての並材需要が増えてきており、間伐回数を抑えた短伐期施業による新たな低コスト化の可能性が指摘されている。

さらに、伐採から植栽等を一貫して作業する一貫作業システムの導入により、新たな低コスト化の可能性が指摘されている。

そのような中、植栽本数を少なくして間伐回数を抑える低密度植栽施業が注目されている。その際の生産目標は、一般的に、短伐期の並材生産であり、林業経営的に低コストな施業として低密度植栽施業への期待が高まってきている。

10.2 考察

（1）木材の用途に応じた植栽本数について

用途に応じた木材生産は、地域や樹種、用途、例えばヒノキ、スギの無節柱材生産や製材（A材）用の生産、スギ、カラマツの集成材、合板（B材）用の生産（並材生産）など様々である。

一般にヒノキの無節柱材生産の場合は、その植栽本数を3,000～6,000本/ha程度として、高密度植栽から徐間伐や枝打ちを何回も行い、柱に向いた「かんまん（完満）」な良質材を育て上げなければならない。

しかし、スギ、カラマツの集成材生産の場合は、植栽本数を2,000～3,000本/ha程度として、徐間伐や枝打ちを減らし、形質的には、節があっても「かんまん（完満）」でなくても、材として並材利用できるものを生産する。

低密度植栽の場合、生産目標を最初から短伐期の並材生産とすることにより、植栽本数を1,000本/haや1,500本/haとして、植栽コストを下げ、基本的に枝打ちを行わず、間伐を実施しない、または回数を大幅に減らしてトータルコストを削減するものである。例えば、九州地域のスギであれば、無間伐の35年伐期で並材が生産できる可能性がある。

このことにより、低密度植栽による形質的なメリットは、低コスト化された短伐期の並材生産に向いていることであり、デメリットは「ウラゴケ」形質になりやすいことである。

ただし、伐期を長伐期にすると、枝の枯れあがりが進み、やがて「ウラゴケ」形質から「かんまん（完満）」形質へと変化していくものと思われる。

（２）低密度植栽における林冠閉鎖について

地域と樹種により異なるが、低密度植栽だと通常密度に比較し、林冠閉鎖するまでの期間が１～数年ほど遅れてしまう。

成長の早いカラマツやグイマツ F1 であれば、数年で林冠閉鎖するが、成長の遅いヒノキの場合は、林冠閉鎖するまでに 10 年程度かそれ以上掛かる事例もあり、低密度になればなるほど林冠閉鎖するまでの期間を要し、その分植栽木以外の植生の繁茂が続き、下刈り等保育期間が増加する可能性がある。

このことから、低密度植栽のデメリットは林冠閉鎖するまでに期間を要することであると言える。低密度植栽ではこのことを踏まえ、下刈りや除伐、つる切り等の育林技術や大苗植栽等を検討し、トータルで低コスト化に繋げることが重要となる。

（３）低密度植栽に対する苗木の配慮事項について

低密度植栽は、上述したように林冠閉鎖するまでに期間を要することから、これを補うためには、初期成長の早い苗木を導入することが有効である。

具体的には、１年でも早く、下刈り期間を脱し（侵入雑草木より上に成長し）、林冠閉鎖が１年でも早くなるよう枝葉が横に張ることが重要であり、植栽直後に上長成長を開始する苗が想定される。

（４）地域別の低密度植栽技術の考え方について

地域別の低密度植栽技術は、地域の適地適木の考え方から発展している。

北海道地域では、成長の早いカラマツやグイマツ F1 の適地であり、東北地域の太平洋側でも同様にカラマツの適地が多いので、それらの樹種による低密度植栽技術の試験が盛んに行われている。また、成長の早いスギ挿木苗が一般的な九州地域でも、盛んに技術的試験が行われてきた。これらの地域における低密度植栽の生産目標は、おおむね短伐期の集成材や合板等の並材生産を目標としている場所が多い。

また、日本海側の積雪地域では、スギ植栽後数年間は雪起こしを行う必要がある。この雪起こしは、苗木の埋雪期間内は、融雪直後に苗木を引き起こす施業である。この手間を少しでも軽減しようと、低密度植栽技術に期待する声が聞かれる。ただし、積雪地域は成林後伐期に至るまで九州地域のスギと比べると期間を要するので、短伐期の並材生産そのものが経営的に不利になるのではとの疑問の声も一部では聞かれる。

一方、無節の柱材や板材生産を目標としていた地域では、元々高密度植栽から枝打ち等保育に手間をかけ形質の良い無節材を生産していたので、低密度植栽そのものが馴染みのない技術である。具体的には、中部・中国地方等の有名林業地域（尾鷲林業・吉野林業・北山林業等）にそのような傾向が強い。

以上より、地域別の低密度植栽の考え方は、その地域における歴史的背景や気候条件を含めた生産目標に応じて異なってくるものであるが、並材生産を生業としていた地域や近傍に集成

材等の大手工場があつて、並材を搬出しやすい環境であれば比較的低密度植栽に対応しやすいと言える。

（５）樹種別の低密度植栽技術の考え方について

主要樹種ではカラマツやグイマツ F1 の成長が早く、次いでスギ、ヒノキという順番になるが、早期に林冠閉鎖が見込めるという観点においては、この順番で低密度植栽に向いていると言える。

このうち、ヒノキの場合は、成長が遅いこともあつて未だ低密度植栽に向いているのかどうかの判定を行うには至らない。現時点では、ヒノキの成林の可能性から、地域別に植栽密度をどの程度まで下げられるのか、消費者がヒノキの材に求めているのは、木材としては無垢で、柱にした場合は節の無いものとの意見が多いことから、生産目標を仮に中伐期の無垢材生産とした場合に、果たして低コスト化が達成できるのか等の検討が必要である。

なお、ヒノキの林冠閉鎖の可能性が地域に応じて変わってくるのは、例えばクズ等の樹冠に巻き付くツル類の生育有無にも左右されるからである。逆に、適正な下刈り除伐・つる切り等の保育施業が実施できれば、成長の遅いヒノキであっても、十分低密度植栽で成林させることが可能となる。問題なのは、そうした時に生産目標に応じた低コスト化が実現できるか否かであり、現時点では、土地条件が良く早期成長が期待できる場所やツル類等の侵入雑草木が少ない地域などに可能性が見出される。

カラマツやグイマツ F1 は低密度植栽を行うメリットが高いと考えられる。また、スギの成長は中庸であり、よほど生育条件の悪い場所でなければ比較的早期に林冠閉鎖すると考えられ、特に、九州地域のように成長の早い挿し木苗が流通している場所は、低密度植栽に向いている地域と言える。

（６）低密度植栽におけるトータルコストについて

低密度植栽のトータルコストとは、植栽本数を少なくすることにより植栽経費を減らすとともに、林冠閉鎖が遅れることにより保育（下刈り・除伐・つる切り等）経費が増加したとしても、間伐を行わない、または少ない間伐により育林経費を少なくして、トータルでコストを下げることを目指すものである。

仮に柱材や建築材等 A 材生産を 45 年伐期の通常密度植栽で目指していた地域の場合、低密度植栽による 35 年短伐期並材生産（B 材生産）に転換すると、販売価格が多少安くなっても、そこに至るまでの育林経費を削減した上で、45 年で回転させていた経営期間を 35 年に短縮できれば、結果的に経営的に有利となる可能性がある。

現時点で、低密度植栽によるトータルコストの低コスト化が想定されるのは、生産目標が通常の間伐やつる切りを必要としない短伐期の並材生産の場合である。ただし、仮に低コストを考えない場合は、技術的に成林するか否かのみを検討すればよく、生産目標にこだわる必要はない。

(7) 低密度植栽における下刈りやつる切りの考え方について

低密度植栽による林冠閉鎖を少しでも早めるためには、下刈り、除伐、つる切りの実施の考え方が重要になってくる。

例えば、成長の早いグイマツ F1 やカラマツでは、通常通りの下刈り等を実施すれば低密度植栽であっても林冠閉鎖が通常と変わらず期待できる場合が多い。

一方、成長の遅いヒノキは、通常通りの下刈りで終了した場合、その後のつるの繁茂等により、そのまま成林せず粗悪林へと移行してしまう恐れがある。

(8) 一貫作業システムにおける低密度植栽について

一貫作業システムとは、伐採、地拵え、植栽までの一連の施業を、連続的に林業用機械等を活用しながら実施することによって、大幅な低コスト化を図る施業である。

近年、低コスト化を図るための一貫作業システムとして、比較的植栽に適さなかった時期においても良好な活着が期待でき、植栽作業に熟練を要しないコンテナ苗を用いた低密度植栽が行われる事例が見られる。

この一貫作業による造成を低密度植栽で実施すれば、さらなるトータルコストの削減が期待できる。

(9) 低密度植栽における大苗の使用について

比較的成長の早いカラマツやスギ挿し木苗では、大苗の生産も比較的、短期にコストが掛からず可能なので、それらの樹種を用いた大苗の低密度植栽試験が各地で実施されつつある。また、最近では、ヒノキの大苗を用いた低密度植栽試験地も見られる。

下刈り回数や下刈り期間を軽減できるとの報告が多い一方、やはり苗木の生産に期間と費用が掛かってしまい、かつ植栽経費も割増しになるとのデメリットも報告されている。そのため、トータルでどれほど低コスト化に繋がるのかが見えてこないことから、本事業において、今年度、大苗の低密度植栽試験地を新たに設定した所である。

なお、大苗を用いるとシカの食害が軽減されるとの報告もあり、そういう観点からの成果も期待されるところである。

10.3 指針

全国的に見ると、低密度植栽で材の生産にまで達した事例は非常に少なく、間伐回数の低減可能な具体的な短伐期施業をイメージした生産技術体系のマニュアル作成は困難である。

そこで本事業においては、現段階で推察した結果を整理し、現段階における指針とする。

① 低密度植栽における目標林型の考え方

低密度植栽として求められる生産目標とは、一般的には、合板・集成材等の素材生産（並材生産）を目標とし、間伐回数を抑えた短伐期施業により育て上げる森林である。

② 低密度植栽の植栽樹種

地域別、樹種別の生産目標と併せて考えると、成長の早いカラマツやグイマツ F1、スギは低密度植栽による成林が期待できる樹種である。成長の遅いヒノキを低密度植栽する場合、具体的にどういう場所に適するのか、またどういう保育が必要なのかについては、本調査にて検討中である。

③ 低密度植栽の植栽苗木

低密度植栽で用いる苗木は、適期以外に植栽を行う場合や、さらなる低コスト化を目的に一貫作業システムと連動した低密度植栽を行う場合はコンテナ苗を用いることが有効と考えられる。下刈りの省力化を目指す場合は大苗を用いることが各地で検討されている。本調査では、現在、それらの実証試験を行っており、具体的な状況を検討中である。

④ 低密度植栽の植栽本数

低密度植栽における植栽本数は、地域別、樹種別に生産目標に応じて異なってくる。事例的には、カラマツ・グイマツ F1 であれば、おおむね 1,000 本/ha 前後。スギであれば、1,100 ～ 1,500 本/ha 程度での成林が報告されている。ヒノキについては、成長の早い場所では 1,500 本/ha 程度での成林の報告があるが、林齢 15 年生程度で林冠閉鎖していない事例もあり、現段階では適正密度を検討中である。

⑤ 低密度植栽による下刈り、除伐、つる切りについて

低密度植栽では、通常より 1～数年は下刈り期間が増す可能性がある。その傾向は、カラマツ・グイマツ F1 < スギ < ヒノキ の順に増加する。 今後は、さらに事例を収集し、分析を行う必要がある。また、低密度植栽は植栽木間の距離が開いているので、植栽木周辺からクズ等のツル類が侵入しやすい。そこで、通常以上につる切りに対する配慮が望まれる。

⑥ 低密度植栽における枝打ちについて

生産目標を、並材生産の間伐回数を抑えた短伐期施業とした場合、基本的に枝打ちは不要と考えられる。

⑦ 低密度植栽における間伐について

生産目標を、並材生産の間伐回数を抑えた短伐期施業とした場合、基本的には無間伐で収穫するか、利用間伐を 1 回行ってから収穫することになると想定される。ただし、ヒノキについては今後の検討を要す。

10.4 低密度植栽技術に関する課題

樹種別、地域別の低密度技術の指針を作成し、普及啓発を進めていく上で、現在、完全に整理、分析しきれていない課題として、大苗や早生樹を含めた低密度植栽に適した苗木の生産技術、地域・樹種別の植栽木の活着や成長量及び侵入雑草木との競争の把握、成林を確実にする地域・樹種別の保育施業の提示、獣害対策、成林後の材の形質、トータル的な低コスト化の検討、などがあげられる。そのため、今後も引き続き、新たな文献や事例収集に努めつつ実証事業を行い、これらの課題を明確にする必要性があり、以下に主な課題として要点を記す。

【低密度植栽に係る主な課題】

- 樹種別、地域別に低コスト化に繋がるための適正な植栽密度を提示する必要があるが、現段階では事例が少なく課題となっている。
- 低コスト化に繋がるための適正な植栽密度を提示するためには、樹種別、地域別に生産目標（利用目的）に応じた施業や伐期を明確にしていく必要がある。
- 植栽密度が定まれば、樹種別、地域別の望ましい保育手法（下刈りや除伐・つる切り等）の提示も可能となり、本業務の到達点である指針の作成が可能となる。しかし現時点では、年月が経過し間伐にまで到った事例が極端に少なく課題となっている。
- そのため、本年度を含めた平成31年度までの4年間を区切りと考えると、本業務にて提示可能な指針は、下刈り等初期保育が終了し、林冠が植栽木で閉鎖するまでをターゲットとする。
- 近年の再生造林の推進にあたっては、低コスト化の実現が必須であり、そのための一貫作業システムと連動した低コスト造林技術のさらなる検討も望まれる。
- また、近年注目を受けているバイオマス発電やC L Tに代表される新たな木材利用に対し、低密度植栽技術がどういう形で貢献できるかについて、現段階では未定の部分もあるが、そのような観点も念頭に今後の調査が必要となる。
- 来年度以降は、平成31年度の最終目的である低密度植栽技術施業指針の作成に向け、実証や事例を数多く示し、定量的な分析を行いながら、具体的な施業と課題を明確に提示し、個々の森林所有者への正しい情報の提示と個別の場所における成林までの具体的なイメージが明示できるような指針作成が求められる。

**平成 28 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**

平成 29 年 3 月
(発行)林野庁

(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)/ FAX (03)3261-5393
<http://www.jafta.or.jp>