

平成 31 年度
早生樹利用による森林整備手法検討調査委託事業
報 告 書

令和 2（2020）年 2 月
林野庁

目次

1. 事業の概要	3
1.1. 事業名	3
1.2. 事業の背景と目的	3
1.3. 事業内容	5
2. 検討委員会の設置・運営	9
2.1. 検討委員会の設置	9
2.2. 検討委員会の運営	9
3. 平成 29 (2017) 年度及び平成 30 (2018) 年度センダン植栽地における現地調査及び 下刈り等の実証調査	11
3.1. 愛知県 豊田市 (センダン) (No. 1)	13
3.2. 熊本県 天草市 (センダン) (No. 2)	22
3.3. 宮崎県 宮崎市 (センダン) (No. 3)	33
4. センダンのまとめ	42
4.1. 苗木の特性	42
4.2. 植栽密度別・植栽立地別の成長状況の違い	43
4.3. 地拵え及び植栽作業の生産性	44
4.4. 植栽作業及び下刈りのコスト	45
5. センダンの追加調査	46
6. 令和元 (2019) 年度コウヨウザンの実証的植栽及び生育状況等調査	51
6.1. 山口県 周南市 (コウヨウザン) (No. 1)	53
6.2. 徳島県 三好市 (コウヨウザン) (No. 2)	66
6.3. 熊本県 水俣市 (コウヨウザン) (No. 3)	79
7. 平成 29 (2017) 年度及び平成 30 (2018) 年度コウヨウザン植栽地における現地調査 及び下刈り等の実証調査、ノウサギ被害の防除技術の検証	91
7.1. 富山県 立山町 (コウヨウザン) (No. 1)	94
7.2. 広島県 北広島町 (コウヨウザン) (No. 2)	102
7.3. 宮崎県 宮崎市 (コウヨウザン) (No. 3)	114
7.4. 静岡県 小山町 (コウヨウザン) (No. 4)	125
7.5. 和歌山県 上富田町 (コウヨウザン) (No. 5)	136
8. コウヨウザンのまとめ	147
8.1. 苗木の特性	147
8.2. 苗齢別の生存率及びノウサギによる被害率の違い	149
8.3. ノウサギ防除手法による被害率の違い	150
8.4. 地拵え及び植栽作業の生産性	151

8.5. 地拵え、植栽作業及び下刈りのコスト	152
8.6. ノウサギ被害防除のコスト	153
9. 平成 29 (2017) ～令和元 (2018) 年度早生樹利用による森林整備手法検討調査委託事業まとめ (3 年間の調査の概要)	154
10. 植栽・保育に関するガイドラインの作成	161

1. 事業の概要

1.1. 事業名

平成 31 年度早生樹利用による森林整備手法検討調査委託事業

1.2. 事業の背景と目的

(1) 事業の背景

国産材の利用が進み、木材自給率が上昇傾向で推移する中、森林資源の持続的な利用を確保していく観点から、伐採後の再生林が重要となっている。一方、造林においては初期作業である植栽と下刈りに多額の費用を要し、この費用の回収ができる主伐までの期間が非常に長いことが、所有者の関心を再生林に向きにくくしている。

そのような中、20～30 年という比較的短い期間で木材としての利用が見込まれるセンダンやコウヨウゼン等の早生樹が、造林樹種の選択肢として注目を集めつつあり、研究や実証調査も盛んになってきている。しかし、本格的な研究等の開始から日が浅いこともあり、育苗、植栽立地、施業体系等不明な点が未だ多く、試験研究情報等も一元的には整理されていないのが現状である。

(2) 事業の目的

早生樹の植栽は、特定の地域において試験的に行われている段階であり、早生樹の気候、地形、土壌等の自然条件や目的に応じた適切な樹種の選択、需要・供給の実態、植栽方法及び苗木の需給状況等に関する情報を収集・分析するとともに、早生樹の利用が期待される地域において資源造成に向けた実証的植栽を行い、早生樹利用による森林整備のためのガイドラインを作成することを目的とした。

(3) 事業の考え方と進め方

平成 29(2017)年度に作成された 3 年間の全体計画（図 1-1）の 3 年目に当たる今年度は、早生樹利用による森林整備手法ガイドラインを策定するために、仕様に沿いながら図 1-2 の（1）～（7）の項目について事業を実施するものである。

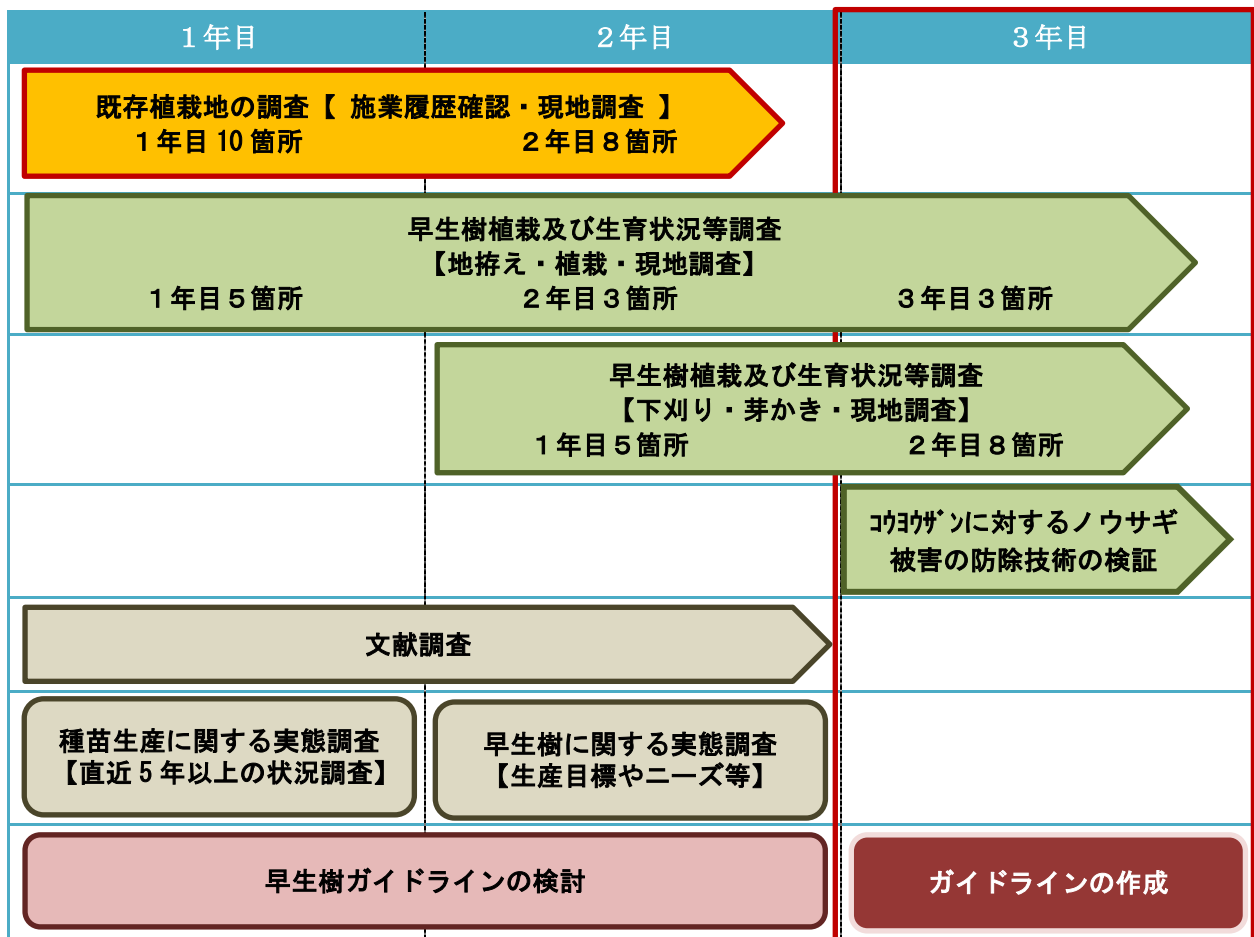


図 1-1 全体計画

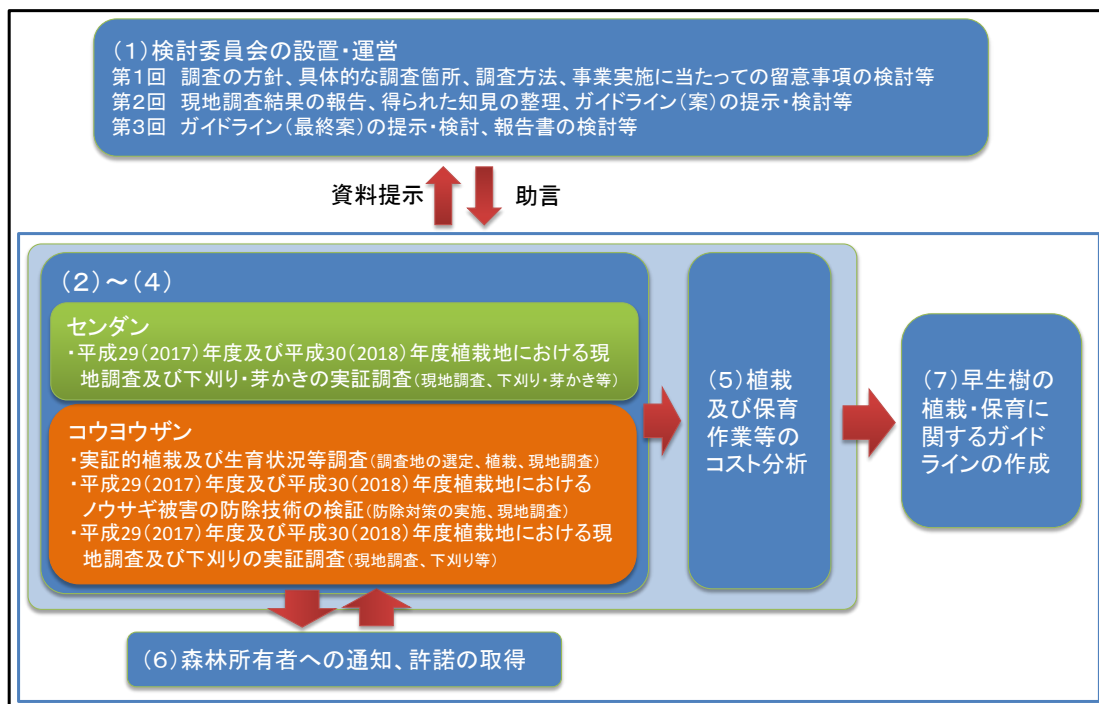


図 1-2 令和元（2019）年度事業内容の関係図

1.3. 事業内容

本事業は、前述の目的を達成するため、早生樹による森林整備手法について、過去2カ年の調査結果を踏まえつつ、成林の確実性、コスト削減効果、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、分析を実施し、早生樹利用による森林整備手法ガイドラインの策定を行うものである。本事業は3カ年で実施し、最終年度である今年度は、以下の(1)～(8)の調査を実施した。

なお、本年度の実施事項については、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、事業実施計画に明記し提出した。

林野庁担当者との打合せ及び協議は、業務計画の作成時、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、委員会開催前後に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き事項を遂行した。

(1) 検討委員会の設置・運営

調査の実施に当たっては「早生樹利用森林整備手法検討委員会」を設置し、3回の委員会を開催・運営し、同委員会から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、森林施業・造林、森林経営及び水土保全等の専門的知見を有し、第一線で活躍中の学識経験者等5名で構成した。後述する表2-1に氏名等を示す。

なお、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。

(2) 実証的植栽及び生育状況等調査

平成29(2017)年度及び平成30(2018)年度の調査結果を踏まえ、コウヨウザンの利用が期待される地域での実証的植栽を行い、植栽後の生育状況や環境への影響等の調査を実施した。調査結果は、早生樹の導入に参考となる内容として整理し、調査報告書及びガイドラインに記載した。

① 調査地の選定

コウヨウザンによる植栽を行う調査地として、3箇所の調査地を選定した。選定に当たっては可能な限り地域に偏りが生じないように配慮した。なお、調査地1箇所当たりの面積は概ね0.5 haとし、調査地は継続的な調査への協力が得られる森林等に設定した。

② コウヨウザンの植栽等

①により選定した調査地において、夏季までにコウヨウザンの植栽を実施するとともに、ノウサギ被害の防除技術を検証するため、忌避剤の散布(植栽面積の1/3程度)及び単木ごとの食害防護資材の設置(植栽面積の1/3程度)を行った。なお、調査地における植栽方法、密度等の諸条件については、検討委員会の助言等を踏まえ設定し、昨年度と同様、苗齢の違いによる成長や植栽コストの違いについても検討した。

植栽に当たっては、調査地の森林所有者と調査に関する協定を締結した。協定では、森林所有者は当協会に対して調査地となる土地の使用を認める一方で、日林協は森林所有者の調査地において調査に必要な植栽等の施業を行うこと、その際、調査終了後は立木の所有権を主張しないこ

とを明記した。

③ 現地調査

各調査地において、植栽直後の時点で実施した。また、ノウサギによる被害状況調査は、被害状況が把握できる時期に実施した。

ア プロット設定

各調査地において、ノウサギ被害の防除対策の種類（防除対策の未実施を含む）ごとに 100 m²以上のプロットを計 6 箇所設定した。継続的な調査ができるよう木杭等を周囲に埋設するなど、次回調査時に容易にプロットが再現できるようにした。

イ プロット調査

アにより設定したプロット内の植栽木について、樹高、根元径、形状、状態及びノウサギによる被害状況等を調査した。

ウ 調査地概況把握

1 調査地ごとに、調査地及び調査地内のプロットの位置や大きさを示す図面を作成し、地形、標高、土壌、気象条件等を記録した。また、1 調査地のプロットごとに植栽後の林況写真を撮影し、位置情報とあわせて整理した。なお、撮影位置を木杭等により明らかにした。

（３）平成 29(2017)年度及び平成 30(2018)年度植栽地におけるノウサギ被害の防除技術の検証

平成 29(2017)年度及び平成 30(2018)年度の調査事業で実施した植栽地（図 1-3）のうち、富山県新川郡立山町の植栽地を除く 4 箇所のコウヨウザン植栽地において、ノウサギ防除技術の検証を行うため、次の調査を行った。調査結果の内容については、早生樹導入に参考となる内容として整理し、調査報告書及びガイドラインに記載した。

① 防除対策の実施

植栽地ごとに、忌避剤の散布（植栽面積の 1/3 程度）及び単木ごとの食害防護資材の設置（植栽面積の 1/3 程度）を行った。

② 現地調査

各植栽地において、防除対策の実施直後の時点及び被害状況が把握できる時期に実施した。

ア プロット設定

各植栽地において、防除対策の種類（防除対策の未実施を含む）ごとに 100 m²以上のプロットを計 6 箇所設定した。継続的な調査ができるよう木杭等を周囲に埋設するなど、次回調査時に容易にプロットが再現できるようにした。

イ プロット調査

アにより設定したプロット内の植栽木について、樹高、根元径、形状、状態及びノウサギによる被害状況等を調査した。

ウ 調査地概況把握

1 調査地ごとに、調査地及び調査地内のプロットの位置や大きさを示す図面を作成し、地形、標高、土壌、気象条件等を記録した。また、1 調査地のプロットごとに防除対策実施後の林況写真を撮影し、位置情報と合わせて整理した。なお、撮影位置を木杭等により明らかにした。

(4) 平成 29(2017)及び平成 30(2018)年度植栽地における現地調査及び下刈り等の実証調査

① 現地調査

平成 29(2017)年度及び平成 30(2018)年度の調査事業で実施した 8 箇所の植栽地(図 1-3)において、次の調査を行った。

ア プロット調査

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、根元径、形状、状態及び成立本数等を調査し、平成 29(2017)年度及び平成 30(2018)年度の調査結果とあわせて整理した。

イ 調査地概況把握

1 調査地ごとに、各プロットにおいて昨年度の撮影を行った場所と同じ場所で林況写真を撮影し、平成 29(2017)年度及び平成 30(2018)年度の調査結果とあわせて整理した。

② 下刈り作業

平成 29(2017)年度及び平成 30(2018)年度の調査事業で実施した 8 箇所の植栽地(図 1-3)において、下刈り作業(センダン植栽地においては、芽かき及び下刈り作業等)を実施した。ただし、(3)において、食害防止資材を設置した区域については、下刈りを実施しなかった。

なお、下刈り作業の実施に当たっては、全刈りを基本としたが、筋刈り・坪刈り等の可能性についても分析を行った。

③ 生育に与える気象等影響調査

①の現地調査の結果、植栽木の生育不良や被害が確認された場合、気象害、病虫害等の視点から、その原因を分析した。

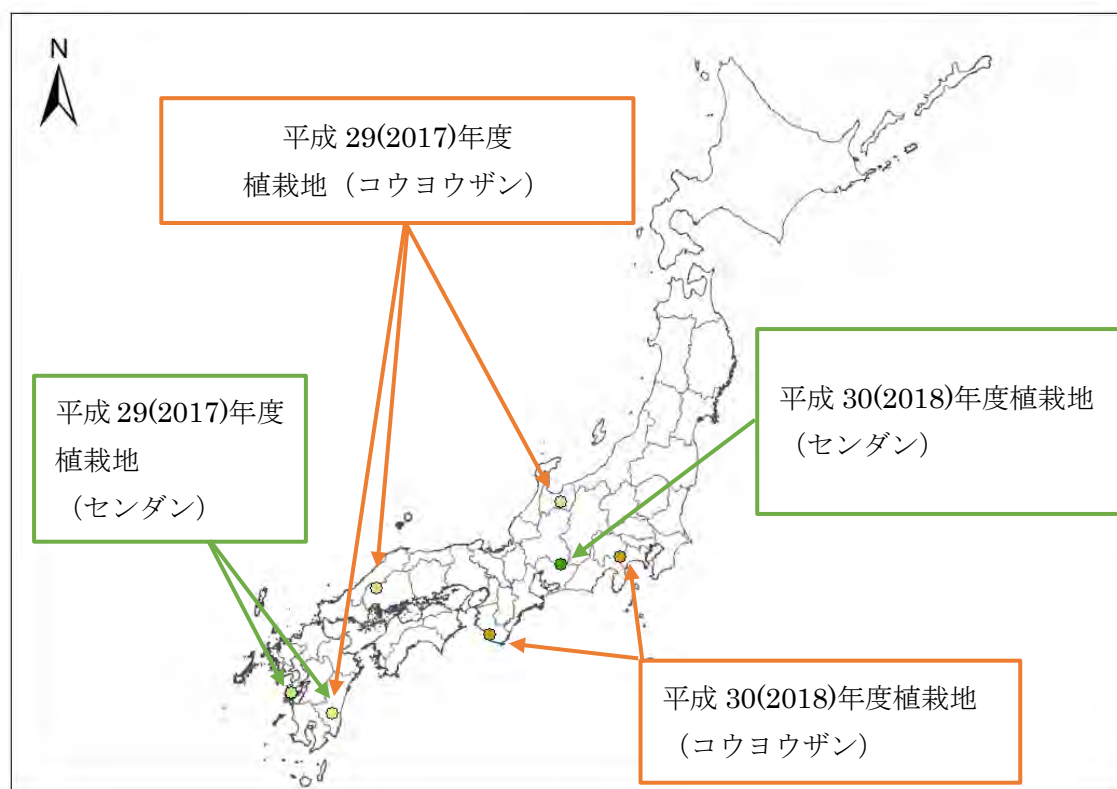


図 1-3 平成 29(2017), 30(2018)年度早生樹植栽地位置図

（５）植栽及び保育作業等のコスト分析

（２）から（４）の作業の実施に当たっては、必要人工等を記録しコスト分析を行い、コスト分析の内容は、早生樹の導入に参考となる内容として整理し、事業報告書及びガイドラインに記載した。

（６）森林所有者への通知、許諾の取得

（２）から（４）の現地調査等の実施に当たり、あらかじめ調査地の森林所有者に対して、調査実施の許諾を取得した。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の許可を取得するほか、必要に応じて林道通行許可を取得した。これらの許諾については事前に取得した。

（７）早生樹の植栽・保育に関するガイドラインの作成に向けた検討

今後の早生樹の導入に参考となるよう、平成 29(2017)年度から本年度までの本事業による調査結果から、既存の早生樹の植栽技術に関する分析成果、早生樹に関する実態調査、植栽及び保育に関する実証成果等を整理し、これらに基づき早生樹利用のコストや成長量、留意事項等を整理した「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」を作成した。

（８）成果品の提出

成果品は、令和 2(2020)年 2 月 14 日に、事業報告書を 80 部、早生樹利用による森林整備手法ガイドラインを 200 部、電子記録媒体資料（DVD-R）2 部を林野庁に提出した。

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、「早生樹利用森林整備手法検討委員会」を設置した。

検討委員会は、森林施業・造林、森林経営及び水土保持等に関する学識経験者5名の構成とした。検討委員会の委員を表2-1に示す。

表2-1 検討委員会の構成（五十音順・敬称略）

検討委員	所属・役職等
宇都木 玄	森林総合研究所 研究ディレクター（林業生産技術研究担当）
五味 高志	東京農工大学 農学府 国際環境農学専攻 教授
田中 和博	京都先端科学大学 バイオ環境学部 学部長
松田 方典	広島県立総合技術研究所 林業技術センター センター長
横尾 謙一郎	熊本県林業研究・研修センター 育林環境部 部長

2.2. 検討委員会の運営

検討委員会は、令和元(2019)年5月、11月、12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検討した。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	議事
第1回検討委員会 (令和元(2019)年5月7日)	(1) 3年間計画について (2) センダンに関する調査について (3) コウヨウザンに関する調査について (4) その他
第2回検討委員会 (令和元(2019)年11月15日)	(1) センダンに関する調査について (2) コウヨウザンに関する調査について (3) その他
第3回検討委員会 (令和元(2019)年12月19日)	(1) センダンの調査結果について (2) ガイドラインについて ① コウヨウザン ② センダン (3) 報告書について (4) その他



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. 平成 29（2017）年度及び平成 30（2018）年度センダン植栽地における現地調査及び下刈り等の実証調査

（1）目的

平成 29（2017）年度、熊本県天草市、宮崎県宮崎市の 2 箇所、平成 30（2018）年度、愛知県豊田市の 1 箇所の合計 3 箇所に植栽されたセンダン（表 3-1、図 3-1）について、植栽後の生育状況等について調査を行い、得られた結果を評価し、これからの早生樹導入に向けたガイドライン作成に必要な情報を整理する。

表 3-1 平成 29（2017）年度及び平成 30（2018）年度センダン実証植栽地一覧

No.	植栽年度	場所	実施事業体	苗齢 (年生)	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)		植栽本数 (本)	備考
1	H30 (2018)	愛知県豊田市	豊田森林組合	1	400	0.42		168	熊本県より苗木を入手
2	H29 (2017)	熊本県天草市	祐翔開発	1	400	0.16	0.45	56	"
					200	0.29		49	
3	"	宮崎県宮崎市	宮崎地区国有林事業協同組合	1	400	0.29	0.54	100	"
					200	0.25		60	

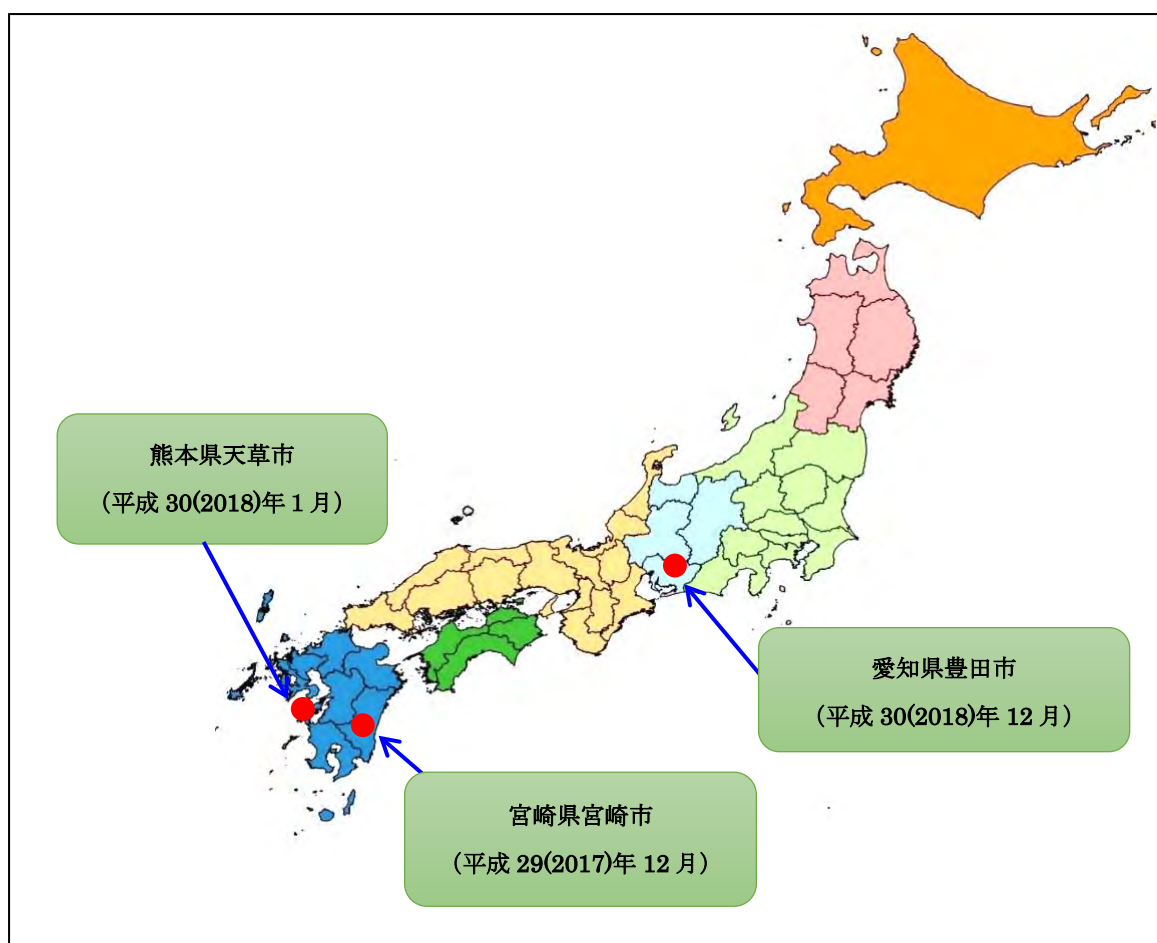


図 3-1 平成 29（2017）年度及び平成 30（2018）年度センダン実証植栽地位置
(カッコ内は植栽年月)

(2) 調査項目

① 植栽密度別・植栽立地別の生存率及び成長状況の違い

過年度に植栽した実証植栽地で植栽密度別または植栽立地別に設定した固定プロットにおいて現地調査を行い、根元径及び樹高を計測し、植栽木の状況を記録した。

② 植栽から下刈り及び芽かきまでの作業人工

植栽時、下刈り時及び芽かき時に作業時間を記録し、植栽密度による作業人工数の違いを調査した。なお、下刈りは苗齢の違いによるコストの違いを確実に把握するため、全刈りとした。

③ 地拵えから下刈り及び芽かきまでのコスト

地拵えから下刈り及び芽かきまで、実際にかかったコストを植栽密度ごとにまとめ、植栽密度によるコストの違いを調査した。なお、植栽、下刈り及び芽かきコストは、②の結果を基に苗齢別に按分して算出した。

3.1. 愛知県 豊田市（センダン）（No. 1）

（1）実証植栽地の概要

愛知県豊田市の実証植栽地の位置を図 3-2 に示す。

平成 30（2018）年 12 月 19,20 日、0.42ha の耕作放棄地に、センダンを密度 400 本/ha で植栽した（表 3-2）。

耕作放棄前は、水田及びクワ畑で、耕作をやめてから 20 年程度経過していた。

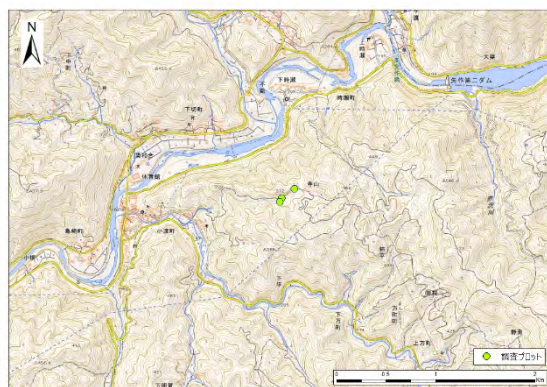


図 3-2 実証植栽地の位置（愛知県豊田市）

表 3-2 実証植栽地の概要（愛知県豊田市）

実証植栽地	愛知県豊田市小渡町			
苗木種	センダン 裸苗			
植栽密度	400 本/ha			
試験処理区 （立地環境）	畑跡地	水田跡地 （排水路あり）	水田跡地 （排水路なし）	合計
植栽面積	0.19ha	0.12ha	0.11	0.42ha
植栽本数	89 本	48 本	31 本	168 本
気温/ 降水量	12.9℃（平均気温） / 1451.4mm（年降水量） （気象観測所「豊田」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	381～394m / 0° / 平坦地 （N35° 13.945'、E137° 22.609'）			
土壌	—			
土地所有者	個人			
植栽実施者	豊田森林組合			
植栽日	平成 30（2018）年 12 月 19,20 日			
下刈り日	令和元（2019）年 8 月 2, 5 日			
芽かき実施日	令和元（2019）年 6 月 20 日、8 月 24 日			

(2) 調査プロットの概要

植栽地を①畑跡地（写真 3-1）、②水田跡地に大きく分けた上で、水田跡地は、排水路を設けた箇所（写真 3-2）、設けない箇所に分け、さらに排水路を設けない箇所については、畔上植栽（写真 3-3）と田内植栽（写真 3-4）に分類し、合計 4 プロットを設定した（図 3-3）。

各プロットでそれぞれ①40 本、②35 本、③15 本、④16 本の計 106 本を調査した（表 3-3）。



写真 3-1 No.1-1 愛知県豊田市畑跡地



写真 3-2 No.1-2 愛知県豊田市水田跡地
(排水路あり)



写真 3-3 No.1-2 愛知県豊田市水田跡地
(排水路なし：畦植え)



写真 3-4 No.1-2 愛知県豊田市
水田跡地（排水路なし：田内植え）

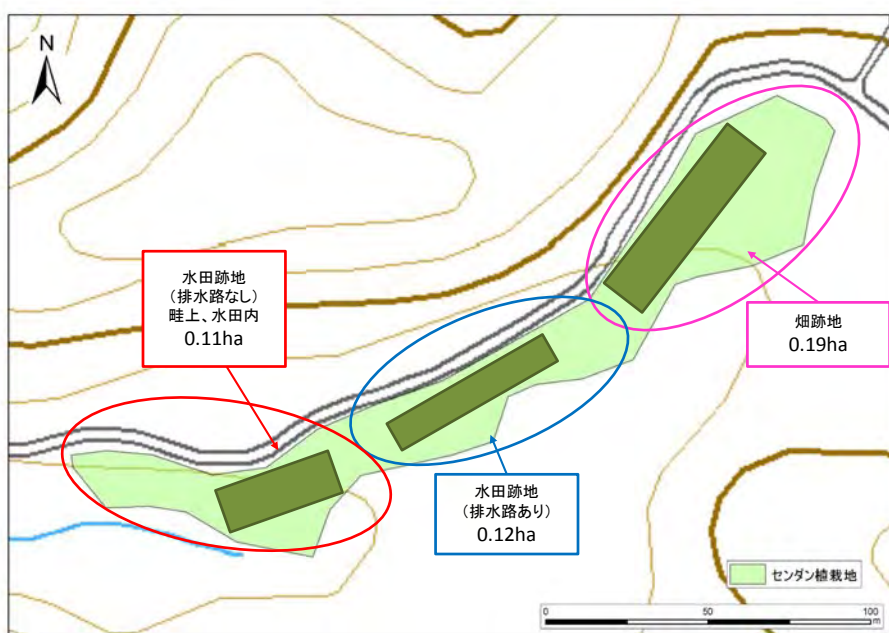


図 3-3 設定した調査プロット（愛知県豊田市）

表 3-3 調査プロットの概要（愛知県豊田市）

試験処理区	プロット面積	調査本数	備 考
畑跡地	0.09ha	40 本	
水田跡地（排水あり）	0.08ha	35 本	
水田跡地（排水なし）	0.11ha	31 本	31 本中、16 本を水田内、 15 本を畦上に植栽
合計		106 本	

(3) 植栽立地別の成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 30（2018）年 12 月 27 日）、1 年後（令和元（2019）年 10 月 10 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、植栽密度別に調査データを整理した（表 3-4）。

植栽立地別に生存率を比較したところ、畑跡地の 100%に対し、水田跡地（排水路あり）で 31%、水田跡地（排水路なし：畔上）で 47%、水田跡地（排水路なし：田内）に至っては全て枯死する結果となった（図 3-4）。

また、植栽木の大きさについて、植栽直後、畑跡地で平均根元径 $1.1\text{cm} \pm 0.2$ 、平均樹高 $123.3\text{cm} \pm 13.6$ 、水田跡地（排水路あり）でそれぞれ $1.0\text{cm} \pm 0.2$ 、 $126.8\text{cm} \pm 16.7$ 、水田跡地（排水路なし：畔上）でそれぞれ $1.1\text{cm} \pm 0.2$ 、 $124.1\text{cm} \pm 20.4$ 、水田跡地（排水路なし：田内）でそれぞれ $1.1\text{cm} \pm 0.2$ 、 $125.1\text{cm} \pm 11.3$ だった。植栽から 1 年後の追跡調査では、畑跡地で平均根元径 $2.2\text{cm} \pm 0.6$ 、平均樹高 $145.5\text{cm} \pm 37.3$ 、水田跡地（排水路あり）でそれぞれ $1.7\text{cm} \pm 0.4$ 、 $121.6\text{cm} \pm 37.4$ 、水田跡地（排水路なし、畔上）でそれぞれ $1.6\text{cm} \pm 0.4$ 、 $104.2\text{cm} \pm 24.5$ と、水田跡地に比べ、畑跡地で有意に成長が良い結果となった（図 3-5,6）。

表 3-4 植栽立地別の調査データ（愛知県豊田市）

試験処理区 (立地)		測定項目	平成 30(2018)年 12 月 27 日 (①)	令和元(2019)年 10 月 10 日 (②)	成長量 ②－①	生存率 (%)
畑跡地		平均根元径(cm)	1.1 ± 0.2	2.2 ± 0.6	1.2	100
		平均樹高(cm)	123.3 ± 13.6	145.5 ± 37.3	22.2	
		平均形状比	114.7 ± 14.8	65.8 ± 14.6	—	
水田跡地 (排水路あり)		平均根元径(cm)	1.0 ± 0.2	1.7 ± 0.4	0.7	31
		平均樹高(cm)	126.8 ± 16.7	121.6 ± 37.4	-5.2	
		平均形状比	127.3 ± 17.3	73.9 ± 27.9	—	
水田跡地 (排水路 なし)	畦上	平均根元径(cm)	1.1 ± 0.2	1.6 ± 0.4	0.5	47
		平均樹高(cm)	124.1 ± 20.4	104.2 ± 24.5	-20.0	
		平均形状比	117.1 ± 21.3	67.3 ± 16.2	—	
	田内	平均根元径(cm)	1.1 ± 0.2	全て枯死	—	0
		平均樹高(cm)	125.1 ± 11.3		—	
		平均形状比	115.4 ± 16.4		—	

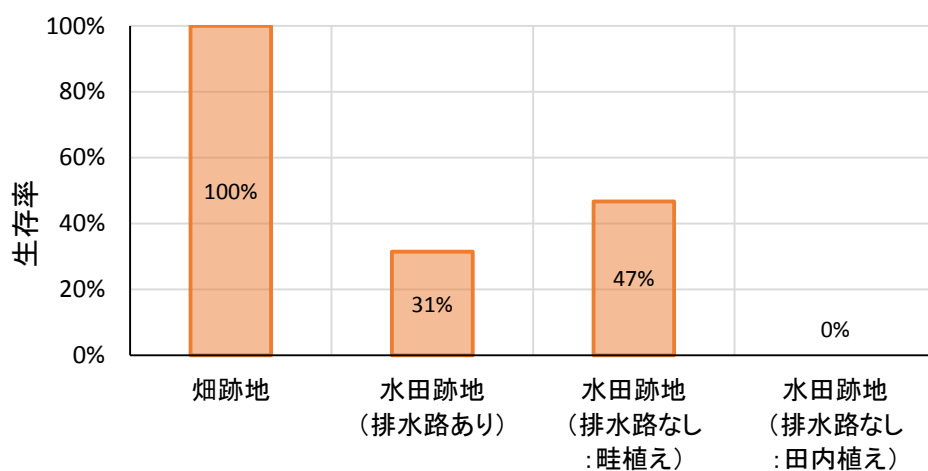
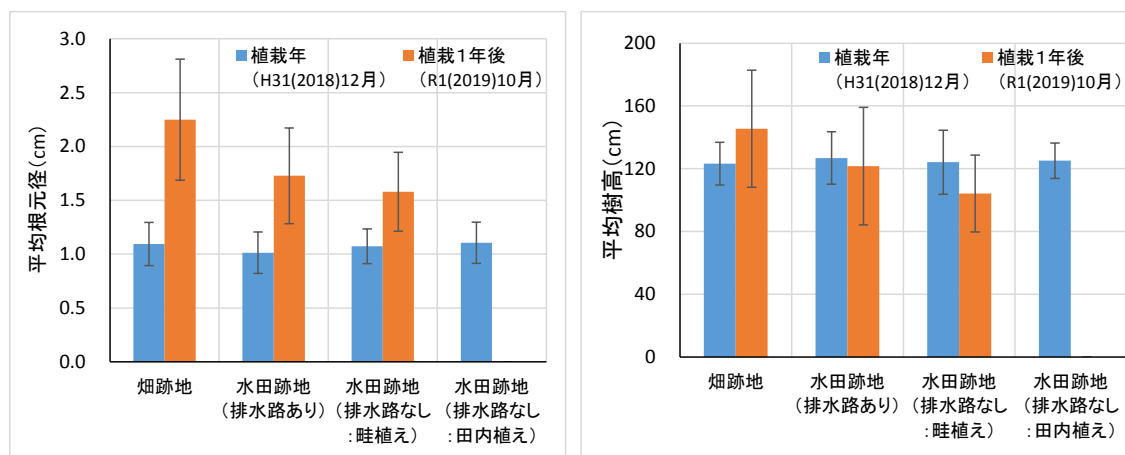
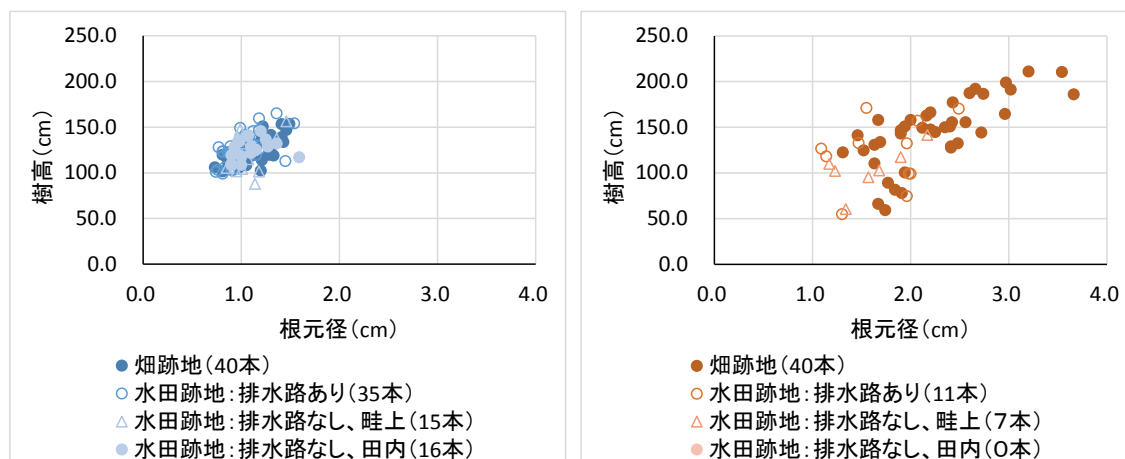


図 3-4 植栽立地別センダンの生存率（愛知県豊田市）



（４）植栽から１年目の下刈り及び芽かきまでの作業人工

プロット内において、植栽から１年目までの下刈り及び芽かきにかかった時間を記録し、作業人工数を調査した（表 3-5、図 3-7）。愛知県豊田市の実証植栽地は植栽密度 400 本/ha 区のための植栽で、植栽密度による作業人工数の違いは調査できていないため、参考までに 400 本/ha 区についてのみの調査結果を示す。

植栽から１年目の下刈り及び芽かきまでにかかった人工数は 17.3 人日/ha だった。

表 3-5 植栽から１年目までの下刈り及び芽かきにかかった人工数（愛知県豊田市）

植栽密度 (本/ha)	植栽年 (人日/ha)	１年目 (人日/ha)			合計 (人日/ha)
	植栽	春芽かき	下刈り	夏芽かき	
400	9.3	2.1	5.0	0.9	17.3

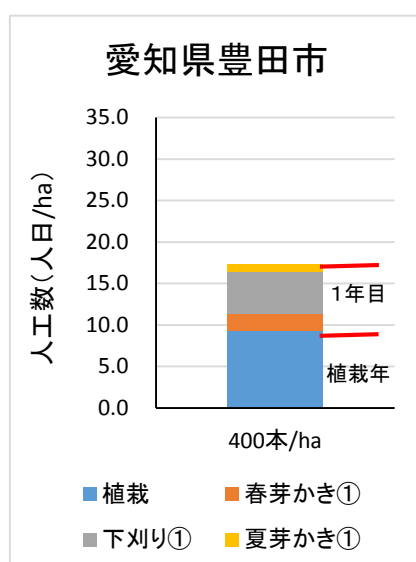


図 3-7 植栽から１年目までの下刈り及び芽かき等にかかった人工数（愛知県豊田市）

(5) 地拵えから1年目の下刈り及び芽かきまでのコスト

センダンの植栽に当たり、地拵えから1年目の下刈り及び芽かきまでにかかった1haあたりのコスト〔税抜き〕を整理した(表3-6)。

地拵えから1年目の下刈り及び芽かきまでにかかったコストは、400本/ha区で約101万円/ha、だった。

また、比較のために表右に愛知県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約83万円/haである。実証植栽地でコストが高かったのは、植栽前、耕作放棄されて20年以上経過し、クワノキが残るなどしていたため重機による地拵えを行い、地拵えに約69万円/haのコストがかかったためである。ただし、愛知県の広葉樹の標準単価はクヌギ・コナラとし、植栽本数は最低1,750本/ha～算出しているため、今回植栽したセンダンの400本/haと単純比較できない点には注意が必要である。また、標準単価には芽かきは含まれていないことにも注意が必要である。

表3-6 下刈り及び夏芽かきにかかったコスト(愛知県豊田市)

年	項目	400本/ha区 (円/ha)	備考	愛知県標準単価*	
					共通仮設費除く
植栽年	地拵え	685,714	地拵えは機械	384,000	357,209
	苗木	44,000	110円/本	341,000	317,209
	植栽	56,000			
1年後	春芽かき	152,800		—	—
	下刈り	136,429	下刈りは草刈機	171,000	159,070
	夏芽かき	22,738		—	—
合計		1,097,681		896,000	833,488

*愛知県森林整備事業の標準単価(クヌギ・コナラ 1,750～2,249本/ha)

(6) 現地写真(愛知県豊田市 平成 30(2018)年度植栽)

	
下刈り前 (令和元(2019)年 8 月)	下刈り後 (令和元(2019)年 8 月)
	
下刈り後 (令和元(2019)年 8 月)	春芽かき完了後のセンダン (令和元(2019)年 6 月)
	
畑跡地 (平成 30(2018)年 12 月)	畑跡地 (令和元(2019)年 10 月)

	
水田跡地：排水路あり（平成 30(2018)年 12 月）	水田跡地：排水路あり（令和元(2019)年 10 月）
	
水田跡地：排水路なし（平成 30(2018)年 12 月）	水田跡地：排水路なし（令和元(2019)年 10 月）
	
畑跡地で生育良好だったセンダン （樹高 2.1m）（令和元(2019)年 10 月）	水田跡地で生育良好だったセンダン （樹高 1.7m）（令和元(2019)年 10 月）

3.2. 熊本県 天草市（センダン）（No.2）

（1）実証植栽地の概要

熊本県天草市の実証植栽地の位置を図 3-8 に示す。

平成 30（2018）年 1 月 22 日、0.45ha の耕作放棄地に、センダンを密度 200 本/ha,400 本/ha で植栽した（表 3-7）。

耕作放棄前は、サツマイモが作られており、植栽前は、クズとともに樹高 3～4 m 程度で樹齢 5～8 年生程度のアカメガシワやクサギ等が一部に侵入し藪状になっていた(写真 3-5)。なお、植栽地の周囲にはミカン畑が広がっている。

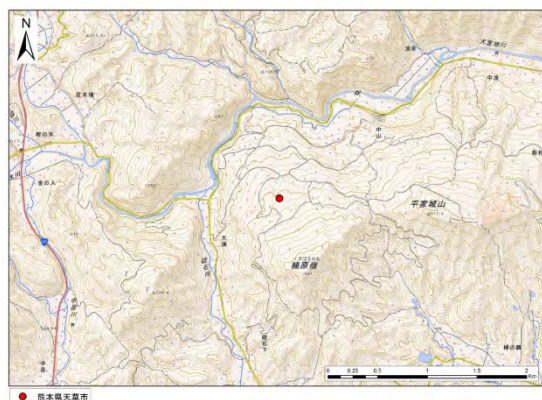


図 3-8 実証植栽地の位置（熊本県天草市）

表 3-7 実証植栽地の概要（熊本県天草市）

実証植栽地	熊本県天草市新和町碓石（荒廃農地）		
苗木種	センダン 裸苗		
植栽密度	200 本/ha（プロット①）	400 本/ha（プロット②）	合計
植栽面積	0.29ha	0.16ha	0.45ha
植栽本数	49 本	56 本	105 本
気温/ 降水量	16.4℃*（平均気温） / 2075.9mm（年降水量） （気象観測所「本渡」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1： 215m / 3° / N （32° 22.809′、130° 09.069′） No.2： 215m / 0° / — （32° 22.770′、130° 09.026′）		
土壌	—		
土地所有者	個人		
植栽実施者	株式会社 祐翔開発		
植栽日	平成 30（2018）年 1 月 22 日		
下刈り実施者	株式会社 祐翔開発		
下刈り日	平成 30（2018）年 8 月 20,23,25,26 日 令和元（2019）年 6 月 3 日、11 月 2,3,4 日		
除草剤散布日	令和元（2019）年 6 月 20 日（植栽地の半分）		
芽かき実施日	平成 30（2018）年 8 月 20,23,26 日 令和元（2019）年 4 月 22 日、7 月 27 日		



写真 3-5 センダン植栽前に定着していたクサギ（左）やクズ（右）等

(2) 調査プロットの概要

植栽地 0.45ha のうち、0.29ha に植栽密度 200 本/ha 区、0.16ha に植栽密度 400 本/ha 区を設け、植栽密度による試験地を設定した（図 3-9）。

プロットは植栽地全域とし、200 本/ha 区で 49 本、400 本/ha 区で 56 本の合計 105 本のセンダンを調査した（表 3-8）。

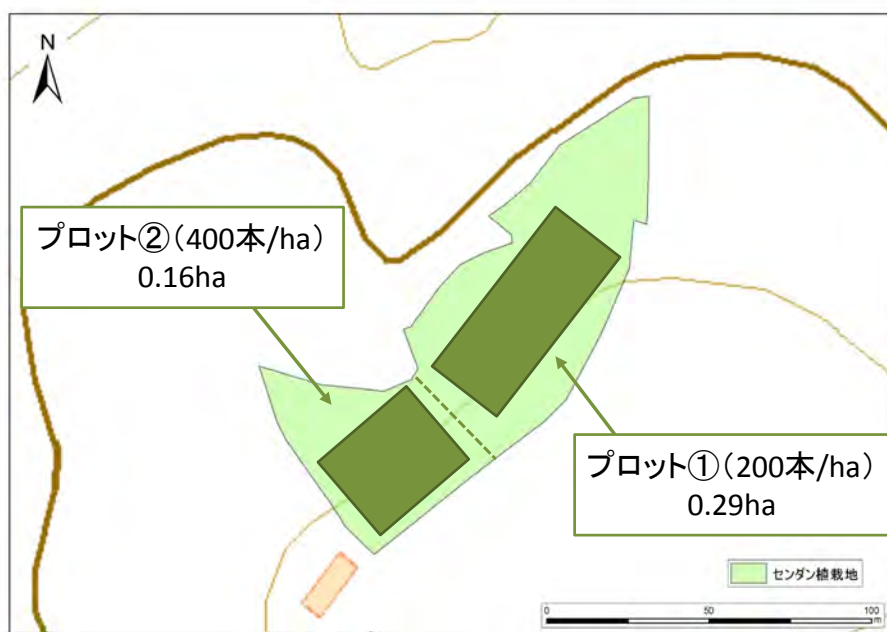


図 3-9 設定した調査プロット（熊本県天草市）

表 3-8 調査プロットの概要（熊本県天草市）

密度調査区	プロット No.	プロット	調査本数	備 考
200 本/ha	①	植栽地全域（0.29ha）	49 本	施肥有
400 本/ha	②	植栽地全域（0.16ha）	56 本	施肥有
合計			105 本	

(3) 植栽密度別の成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 30（2018）年 1 月 29 日）、1 年後（平成 30（2018）年 10 月 18 日）及び 2 年後（令和元（2019）年 11 月 21,22 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、植栽密度別に調査データを整理した（表 3-9）。

植栽直後、植栽密度 200 本/ha 区で平均根元径 $1.1\text{cm} \pm 0.3$ 、平均樹高 $110.0\text{cm} \pm 15.5$ 、植栽密度 400 本/ha 区でそれぞれ $1.3\text{cm} \pm 0.4$ 、 $102.1\text{cm} \pm 10.2$ だった。植栽から 2 年後の追跡調査では、植栽密度 200 本/ha 区で平均根元径 $4.7\text{cm} \pm 1.2$ 、平均樹高 $275.2\text{cm} \pm 70.0$ 、植栽密度 400 本/ha 区でそれぞれ $3.1\text{cm} \pm 0.6$ 、 $165.9\text{cm} \pm 34.6$ だった（図 3-10,11）。

植栽密度 400 本/ha 区で成長が抑えられていたのは、植栽密度による影響ではなく、植栽後 1 年目、400 本/ha 区に多く繁茂していたセイタカアワダチソウ等の雑草木による被圧の影響が大きいと考えられる。

表 3-9 植栽密度別の調査データ（熊本県天草市）

試験処理区 (植栽密度)	測定項目	平成 30(2018)年 1 月 29 日 (①)	平成 30(2018)年 10 月 18 日	令和元(2019)年 11 月 21,22 日 (②)	成長量 ②－①
植栽密度 200 本/ha	平均根元径(cm)	1.1 ± 0.3	2.1 ± 0.7	4.7 ± 1.2	3.6
	平均樹高(cm)	110.0 ± 15.5	142.3 ± 43.2	275.2 ± 70.0	165.2
	平均形状比	101.4 ± 25.1	66.2 ± 15.1	55.8 ± 7.4	—
植栽密度 400 本/ha	平均根元径(cm)	1.3 ± 0.4	1.6 ± 0.3	3.1 ± 0.6	1.8
	平均樹高(cm)	102.1 ± 10.2	109.7 ± 33.7	165.9 ± 34.6	63.8
	平均形状比	83.5 ± 19.5	68.6 ± 21.7	53.6 ± 8.1	—

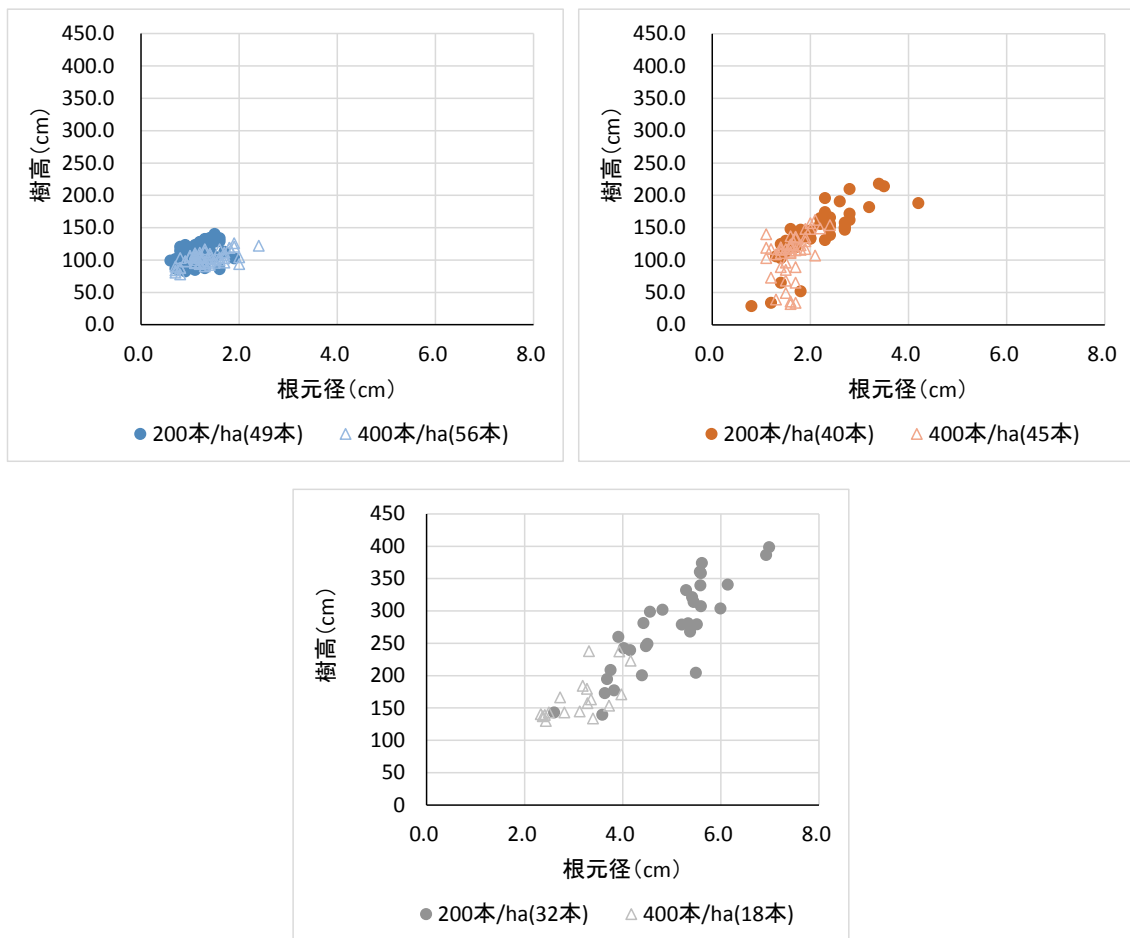


図 3-10 植栽密度別センダンの形状（熊本県天草市）

（左上：平成 30（2018）年 1 月 29 日、右上：平成 30（2018）年 10 月 18 日、
下：令和元（2019）年 11 月 21,22 日）

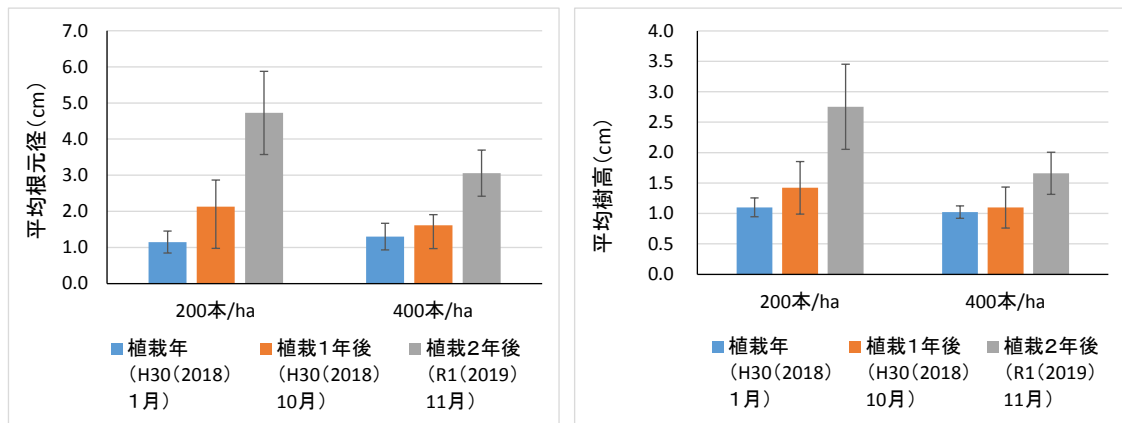


図 3-11 植栽密度別センダンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（熊本県天草市）

(4) 下刈りの実施状況

本実証植栽地は、耕作放棄地を転用してセンダンを植栽した地域であり、セイタカアワダチソウやチョウセンアサガオなど、雑草木の繁茂が旺盛な箇所であった。

植栽後1年目の平成30(2018)年度、8月下旬の下刈り実施時には、センダンは多くの雑草木に覆われ、特に400本/ha区ではセイタカアワダチソウがセンダンの背丈を超えるなど、センダンの成長が抑制されていた。そのため、早期の下刈りが必要と考えられたことから、令和元(2019)年度は6月上旬に下刈りを実施し、その後11月に今年度2回目の下刈りを行った。

2回目の下刈りの際、セイタカアワダチソウ及びチョウセンアサガオ等の繁茂が激しく、人力による機械刈りでは困難と判断し、ロータリーモア重機による下刈りを行った。下刈り前に確認できたセンダンについては、周囲の雑草木を押し倒して場所が分かるようにし誤伐対策を行ったが、雑草木に覆われ確認できなかったセンダンもある中、重機を入れたことで誤伐が発生した。誤伐したセンダンについては台切により萌芽更新を促すとともに、雑草木による被圧等により植栽木が既に消失していた箇所に、誤伐本数分、センダンを補植することで対応した。

また、除草剤の効果をあわせて検証するため、6月の下刈りの約2週間後、下草が少し伸びたところで除草剤散布を植栽地の半分において実施したが、散布区域でも多くの雑草木が生い茂り、センダンにクズが巻きつくなど、除草剤の効果を評価するには至らなかった。

（５）植栽から２年目の下刈り及び芽かきまでの作業人工

各植栽密度のプロット内において、植栽から２年目までの下刈り及び芽かきにかかった時間を記録し、植栽密度による作業人工数の違いを調査した（表 3-10,11、図 3-12）。

植栽から２年目の下刈り及び芽かきにかかった人工数は、200 本/ha 区で 25.3（14.7+10.6）人日/ha、400 本/ha 区で 40.1（19.6+20.5）人日/ha と、400 本/ha 区で多くの人工数がかかっていた。

これは、前述のとおり、400 本/ha 区にはセンダンの樹高を上回るセイタカアワダチソウが繁茂していたため、200 本/ha 区に比べ、下刈りにより多くの人工数がかかったことが原因の一つとして考えられる。

また、芽かきについては、植栽後１年目は、400 本/ha 区でセイタカアワダチソウにより芽の発生が抑えられており、200 本/ha 区でより多くの芽が発生したため、200 本/ha 区の方が多くの人工数がかかっていたが、２年目は、本数の多い 400 本/ha 区でより多くの人工数がかかっていた。

表 3-10 植栽から１年目までの下刈り及び芽かきにかかった人工数（熊本県天草市）

植栽密度 (本/ha)	植栽年 (人日/ha)	１年目（人日/ha）		合計 (人日/ha)
	植栽	下刈り	夏芽かき	
200	4.4	9.3	1.0	14.7
400	8.7	10.2	0.6	19.6

表 3-11 ２年目の下刈り及び芽かきにかかった人工数（熊本県天草市）

植栽密度 (本/ha)	２年目（人日/ha）					合計 (人日/ha)
	春芽かき	６月下刈り	除草剤	夏芽かき	１１月下刈り	
200	1.3	4.1	0.4	0.5	4.3	10.6
400	2.3	9.1	0.6	0.9	7.6	20.5

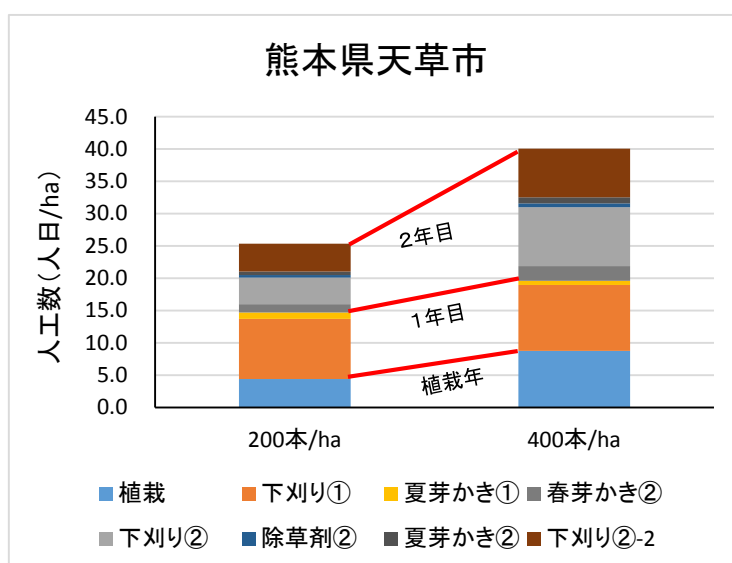


図 3-12 植栽から２年目までの下刈り及び芽かき等にかかった人工数（熊本県天草市）

（６）地拵えから２年目の下刈り及び芽かきまでのコスト

センダンの植栽に当たり、地拵えから２年目の下刈り及び芽かきまでにかかった１haあたりのコスト〔税抜き〕を植栽密度ごとに整理した（表３-12）。

なお、植栽単価については、前述（５）作業人工における「植栽」の作業人工差の結果を基に按分し、植栽密度により単価を調整したものである。

地拵えから２年目の下刈り及び芽かきまでにかかったコストは、200本/ha区で約114万円/ha、400本/ha区で約152万円/haだった。200本/ha区に比べ400本/ha区で雑草木の繁茂がより激しく、下刈りに多くのコストがかかっていた。

また、比較のために表右に熊本県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約74万円/haである。ただし、標準単価の合計には芽かきは含まれていないことに注意が必要である。

表 3-12 植栽から２年目までの下刈り及び芽かき等にかかったコスト（熊本県天草市）

年	項目	200 本/ha 区 (円/ha)	400 本/ha 区 (円/ha)	備考	熊本県標準単価*	
						共通仮設費除く
植栽年	地拵え	354,397	354,397	地拵えは人力及び機械	284,000	264,186
	苗木	22,000	44,000	110 円/本	75,000	69,767
	植栽	64,000	128,000			
１年後	下刈り	195,517	214,375	下刈りは手刈り及び草刈機	144,000	133,953
	夏芽かき	23,276	14,063		—	—
２年後	春芽かき	31,034	56,250		—	—
	下刈り①	151,642	322,023	下刈りは手刈り及び草刈機	144,000	133,953
	夏芽かき	32,184	54,167		—	—
	下刈り②	268,104	333,062	下刈りは手刈り及び重機	144,000	133,953
合計		1,142,154	1,520,336		791,000	735,814
(除草剤)		48,680	72,393		—	—

*熊本県森林整備事業の標準単価（センダン 400 本/ha）

(7) 現地写真 (熊本県天草市 平成 29(2017)年度植栽)

	
下刈り前 (200 本/ha) (令和元(2019)年 6 月上旬)	下刈り後 (200 本/ha) (令和元(2019)年 6 月上旬)
	
下刈り前 (200 本/ha) (令和元(2019)年 11 月上旬)	下刈り後 (200 本/ha) (令和元(2019)年 6 月上旬)
	
下刈り前 (400 本/ha) (令和元(2019)年 6 月上旬)	下刈り後 (400 本/ha) (令和元(2019)年 6 月上旬)



下刈り前 (400 本/ha)
(令和元(2019)年 11 月上旬)



下刈り後 (400 本/ha)
(令和元(2019)年 6 月上旬)



春芽かき作業
(令和元(2019)年 4 月)



夏芽かき作業
(令和元(2019)年 7 月)



下刈り作業
(令和元(2019)年 6 月上旬)



除草剤散布
(令和元(2019)年 6 月上旬)



重機による下刈り
(令和元(2019)年 11 月上旬)



手刈りによるクズ切り
(令和元(2019)年 11 月上旬)



200 本/ha 区 (平成 30(2018)年 1 月)



200 本/ha 区 (平成 30(2018)年 10 月)



200 本/ha 区 (令和元(2019)年 11 月)



400 本/ha 区 (平成 30(2018)年 1 月)



400 本/ha 区 (平成 30(2018)年 8 月)



400 本/ha 区 (令和元(2019)年 11 月)



200 本/ha 区で最も成長の良かったセンダン
(樹高 4.0m) (令和元(2019)年 11 月)



400 本/ha 区で最も成長の良かったセンダン
(樹高 2.2m) (令和元(2019)年 11 月)

3.3. 宮崎県 宮崎市（センダン）（No.3）

（1）実証植栽地の概要

宮崎県宮崎市の実証植栽地の位置を図 3-13 に示す。

平成 29（2017）年 12 月 25 日、傾斜 0～30° の山の斜面 0.54ha に、センダンを密度 200 本/ha,400 本/ha で植栽した（表 3-13）。

なお、前生林は 66 年生のスギ、一部ヒノキ、広葉樹で、平成 28（2016）年 10 月～平成 29 年 3 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（4.45ha）の前生林分の蓄積量は 2,880m³（647.2m³/ha）である。



図 3-13 実証植栽地の位置（宮崎県宮崎市）

表 3-13 実証植栽地の概要（宮崎県宮崎市）

実証植栽地	宮崎県宮崎市高岡町（国有林）			
苗木種	センダン 裸苗			
試験処理区 （植栽密度） （斜面位置）	No.1 200 本/ha 平坦～斜面下部	No.2 400 本/ha 平坦～斜面下部	No.3 400 本/ha 斜面中部	合計
植栽面積	0.25ha	0.29ha		0.54ha
植栽本数	60 本	100 本		160 本
気温/ 降水量	16.9℃（平均気温） / 2508.5mm（年降水量） （気象観測所「宮崎市」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1 : 45m/0～17～30° /ENE～NW（31° 54.785′、131° 14.274′） No.2 : 52m/18～23° /N（31° 54.769′、131° 14.313′） No.3 : 75m/28° /N（31° 54.754′、131° 14.358′）			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	九州森林管理局			
植栽実施者	宮崎地区国有林事業協同組合			
植栽日	平成 29（2017）年 12 月 25 日			
下刈り実施者	宮崎地区国有林事業協同組合			
下刈り日	平成 30（2018）年 8 月 16,17,18 日・令和元（2019）年 9 月 10,12,13 日			
芽かき実施日	平成 30（2018）年 9 月 25 日・令和元（2019）年 5 月 9 日、9 月 20 日			

(2) 調査プロットの概要

植栽密度による試験及び斜面別の試験設計をし、調査プロットは、200 本/ha・平坦～斜面下部、400 本/ha・平坦～斜面下部、400 本/ha・斜面中部の 3 プロットとした (図 3-14)。

それぞれ調査本数は 36 本、38 本、30 本とし、計 104 本のセンダンを調査した (表 3-14)。

なお、本実証植栽地はコウヨウザン実証植栽地と隣接している (P115 参照)。

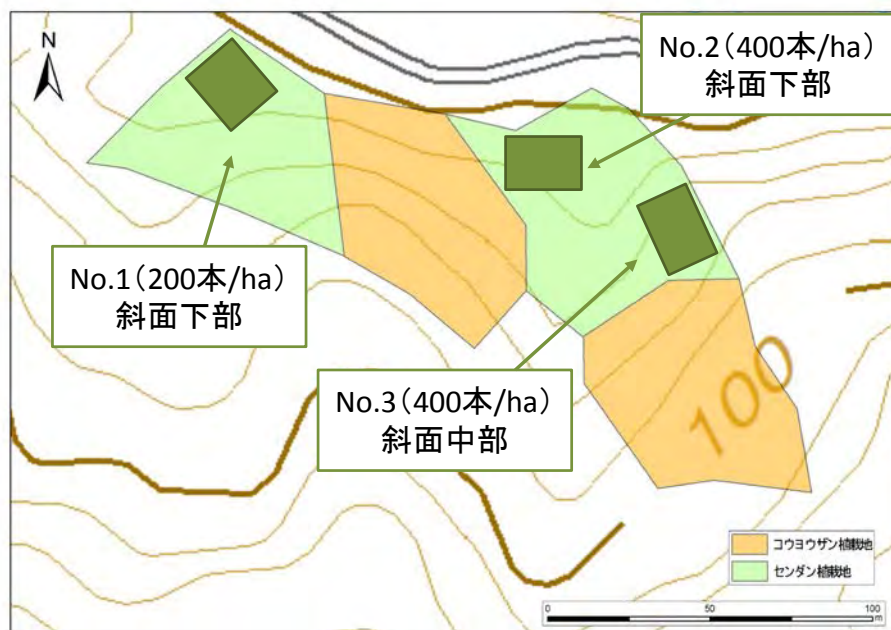


図 3-14 設定した調査プロット (宮崎県宮崎市)

表 3-14 調査プロットの概要 (宮崎県宮崎市)

試験処理区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
200 本/ha・平坦～斜面下部	No.1	37.5×37.6m+飛地	36 本	
400 本/ha・平坦～斜面下部	No.2	29.7×28.7m+飛地	38 本	
400 本/ha・斜面中部	No.3	17.5×40.6m	30 本	
合計			104 本	

(3) 植栽密度及び植栽立地別の成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 29（2017）年 12 月 27,28 日、平成 30(2018) 年 1 月 21 日）、1 年後（平成 30（2018）年 10 月 22 日）及び 2 年後（令和元（2019）年 10 月 22,23 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、植栽密度別に調査データを整理した（表 3-15）。

植栽直後、植栽密度 200 本/ha 区の平坦～斜面下部で平均根元径 $1.2\text{cm} \pm 0.3$ 、平均樹高 $108.3\text{cm} \pm 14.1$ 、植栽密度 400 本/ha 区の平坦～斜面下部でそれぞれ $1.2\text{cm} \pm 0.3$ 、 $111.3\text{cm} \pm 12.4$ 、植栽密度 400 本/ha 区の斜面中部でそれぞれ $1.2\text{cm} \pm 0.3$ 、 $112.0\text{cm} \pm 18.2$ だった。

植栽から 2 年後の追跡調査では、植栽密度 200 本/ha 区の平坦～斜面下部で平均根元径 $2.5\text{cm} \pm 1.3$ 、平均樹高 $184.5\text{cm} \pm 96.1$ 、植栽密度 400 本/ha 区の平坦～斜面下部でそれぞれ $3.0\text{cm} \pm 1.2$ 、 $234.4\text{cm} \pm 88.5$ 、植栽密度 400 本/ha 区の斜面中部でそれぞれ $2.2\text{cm} \pm 0.7$ 、 $166.5\text{cm} \pm 55.6$ だった（図 3-15,16）。

植栽密度による成長の差異は認められなかったが、平坦～斜面下部は、斜面中部に比べて根元径、樹高ともに大きくなっていた。

表 3-15 植栽密度別の調査データ（宮崎県宮崎市）

試験処理区 (植栽密度 ・立地)	測定項目	平成 29(2017)年 12 月 27,28 平成 30(2018)年 1 月 21 日 (①)	平成 30(2018)年 10 月 22 日	令和元(2019)年 10 月 22,23 日 (②)	成長量 ②－①
植栽密度 200 本/ha (平坦～ 斜面下部)	平均根元径(cm)	1.2 ± 0.3	1.9 ± 0.6	2.5 ± 1.3	1.4
	平均樹高(cm)	108.3 ± 14.1	142.8 ± 32.9	184.5 ± 96.1	76.1
	平均形状比	94.2 ± 13.8	79.1 ± 19.4	75.2 ± 29.6	—
植栽密度 400 本/ha (平坦～ 斜面下部)	平均根元径(cm)	1.2 ± 0.3	2.2 ± 0.8	3.0 ± 1.2	1.8
	平均樹高(cm)	111.3 ± 12.4	155.6 ± 42.2	234.4 ± 88.5	122.1
	平均形状比	92.0 ± 16.1	73.2 ± 15.3	78.7 ± 13.1	—
植栽密度 400 本/ha (斜面中部)	平均根元径(cm)	1.2 ± 0.3	1.8 ± 0.6	2.2 ± 0.7	1.0
	平均樹高(cm)	112.0 ± 18.2	126.1 ± 42.2	166.5 ± 55.6	54.6
	平均形状比	97.1 ± 26.0	74.7 ± 31.6	76.7 ± 17.7	—

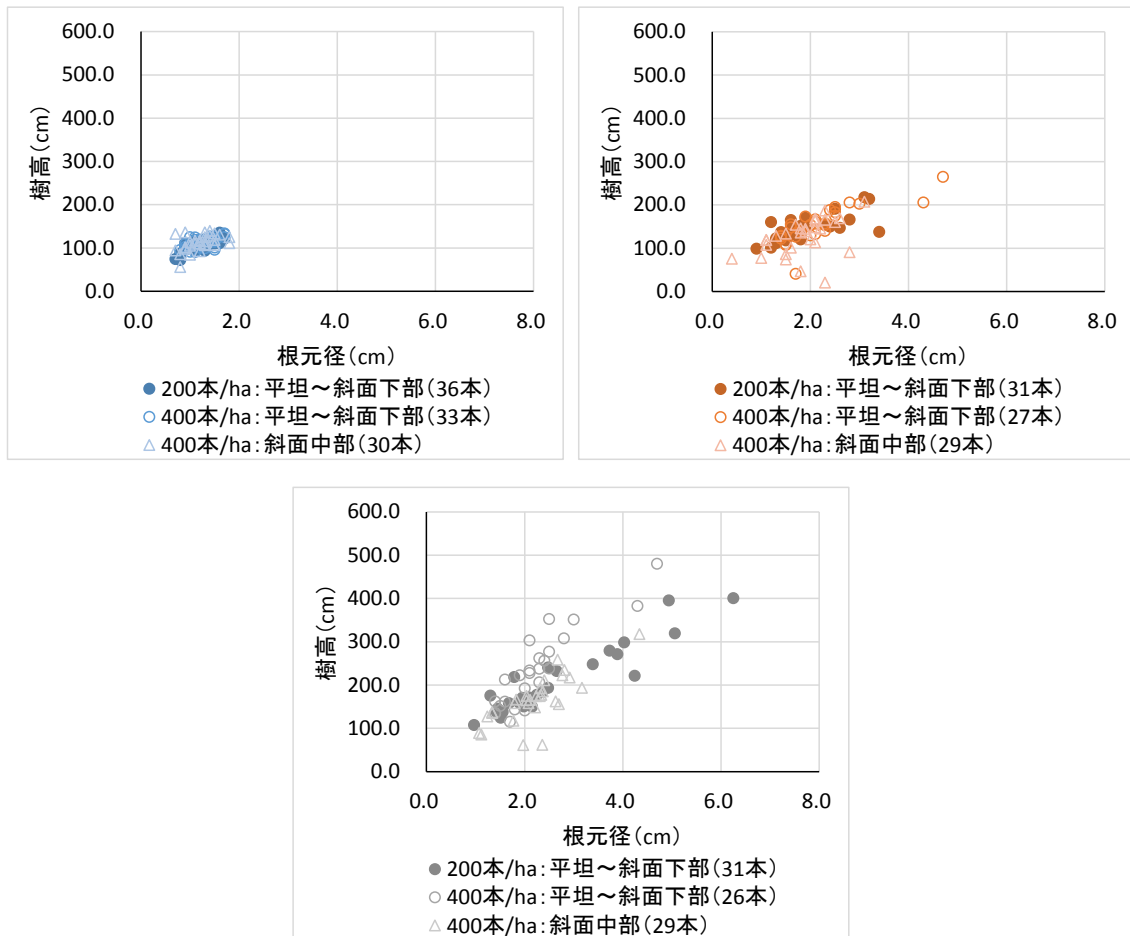


図 3-15 植栽密度及び植栽立地別センダンの形状（宮崎県宮崎市）

（左上：平成 29（2017）年 12 月 27,28 日・平成 30（2018）年 1 月 21 日、右上：平成 30（2018）年 10 月 22 日、下：令和元（2019）年 10 月 22,23 日）

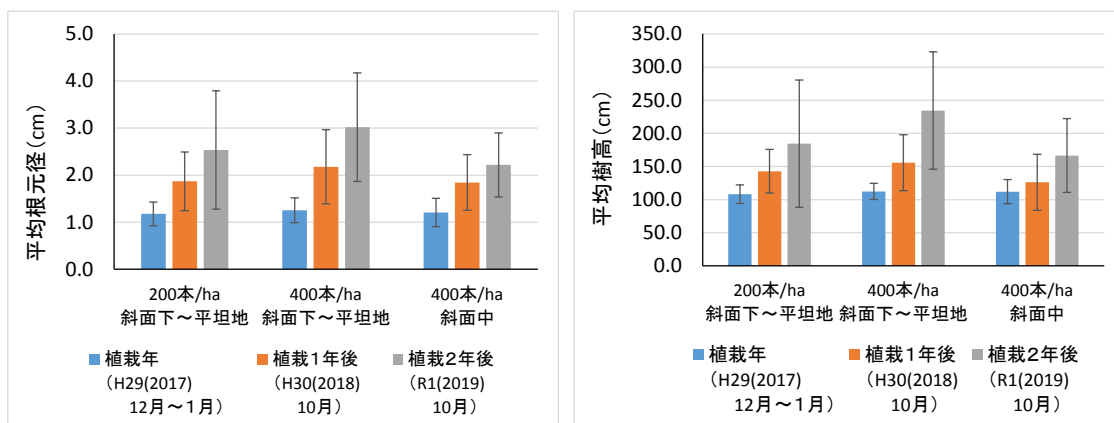


図 3-16 植栽密度及び植栽立地別センダンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（宮崎県宮崎市）

（３）植栽から２年目の下刈り及び芽かきまでの作業人工

各植栽密度のプロット内において、植栽から２年目までの下刈り及び芽かきにかかった時間を記録し、植栽密度による作業人工数の違いを調査した（表 3-16、図 3-17）。

植栽から２年目の下刈り及び芽かきにかかった人工数は、200 本/ha 区で 23.7 人日/ha、400 本/ha 区で 28.3 人日/ha と、400 本/ha 区で多くの人工数がかかっていた。

植栽にかかる人工は、400 本/ha 区で 200 本/ha 区に比べ植栽本数が多い分、多くの人工（6.4； $12.7 - 6.3$ ）がかかった。芽かきについても、植栽後１年目はそれほど芽が出ていなかったため、植栽密度によって大きな差はなかったが、２年目はある程度芽が出ており、本数の多い 400 本/ha 区で多くの人工（0.7； $(1.0 + 0.8) - (0.6 + 0.5)$ ）を費やした。

表 3-16 植栽から２年目までの下刈り及び芽かきにかかった人工数（宮崎県宮崎市）

植栽密度 (本/ha)	植栽年 (人日/ha)	１年目（人日/ha）		２年目（人日/ha）			合計 (人日/ha)
	植栽	下刈り	夏芽かき	春芽かき	下刈り	夏芽かき	
200	6.3	6.3	0.4	0.6	9.5	0.5	23.7
400	12.7	6.0	0.6	1.0	7.3	0.8	28.3

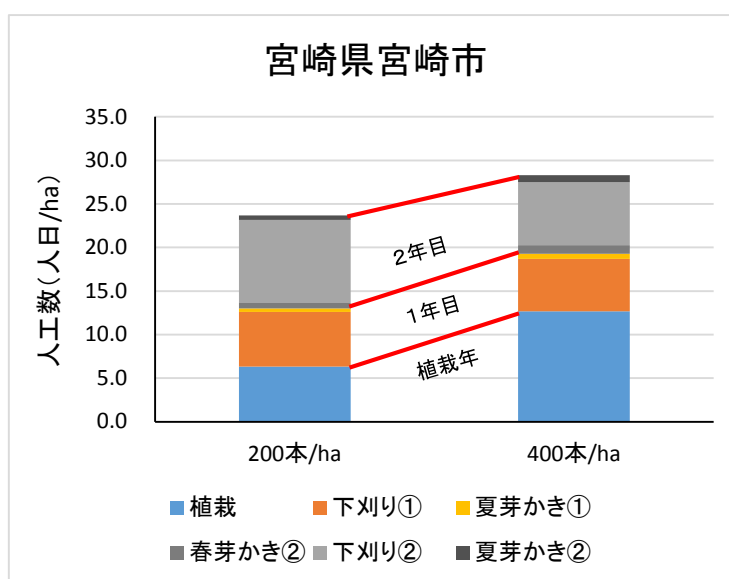


図 3-17 植栽から２年目までの下刈り及び芽かき等にかかった人工数（宮崎県宮崎市）

（４）地拵えから２年目の下刈り及び芽かきまでのコスト

センダンの植栽に当たり、地拵えから２年目の下刈り及び芽かきまでにかかった１haあたりのコスト〔税抜き〕を植栽密度ごとに整理した（表 3-17）。

なお、植栽単価については、前述（３）作業人工における「植栽」の作業人工差の結果を基に按分し、植栽密度により単価を調整したものである。

地拵えから２年目の下刈り及び芽かきまでにかかったコストは、200 本/ha 区で約 55 万円/ha、400 本/ha 区で約 64 万円/ha だった。200 本/ha 区に比べ 400 本/ha 区で植栽本数が多い分、植栽及び芽かきに多くのコストがかかっていた。

また、比較のために表右に宮崎県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約 57 万円/ha である。ただし、標準単価の合計には芽かきは含まれていないことに注意が必要である。

表 3-17 下刈り及び夏芽かきにかかったコスト（宮崎県宮崎市）

年	項目	200 本/ha 区 (円/ha)	400 本/ha 区 (円/ha)	備考	宮崎県標準単価*	
					共通仮設費除く	
植栽年	地拵え	79,810	79,810	地拵えは人力	279,000	259,535
	苗木	22,000	44,000	110 円/本	76,000	70,698
	植栽	14,800	29,600			
1年後	下刈り	114,247	109,615	下刈りは機械	129,000	120,000
	夏芽かき	45,600	65,517		—	—
2年後	春芽かき	80,091	125,266		—	—
	下刈り①	151,855	115,435	下刈りは機械	129,000	120,000
	夏芽かき	45,584	71,738		—	—
合計		553,987	640,980		613,000	570,233

*宮崎県森林整備事業の標準単価（センダン 500 本/ha）

(5) 現地写真 (宮崎県宮崎市 平成 29(2017)年度植栽)

	
下刈り前 (200 本/ha) (令和元(2019)年 9 月)	下刈り後 (200 本/ha) (令和元(2019)年 9 月)
	
下刈り前 (400 本/ha) (令和元(2019)年 9 月)	下刈り後 (400 本/ha) (令和元(2019)年 9 月)
	
春芽かき作業 (令和元(2019)年 5 月)	夏芽かき作業 (令和元(2019)年 9 月)

	
下刈り作業 (令和元(2019)年 9 月)	200 本/ha 区・平坦～斜面下部 (平成 29(2017)年 12 月)

	
200 本/ha 区・平坦～斜面下部 (平成 30(2018)年 10 月)	200 本/ha 区・平坦～斜面下部 (令和元(2019)年 10 月)

	
400 本/ha 区・平坦～斜面下部 (平成 29(2017)年 12 月)	400 本/ha 区・平坦～斜面下部 (平成 30(2018)年 10 月)

	
400 本/ha 区・平坦～斜面下部 (令和元(2019)年 10 月)	400 本/ha 区・斜面中部 (平成 30(2018)年 1 月)
	
400 本/ha 区・斜面中部 (平成 30(2018)年 10 月)	400 本/ha 区・斜面中部 (令和元(2019)年 10 月)
	
400 本/ha 区・斜面下部で最も成長の良かったセンダン (樹高 4.8m) (令和元(2019)年 10 月)	400 本/ha 区・斜面中部で最も成長の良かったセンダン (樹高 3.2m) (令和元(2019)年 10 月)

4. センダンのまとめ

センダンは、現在、天然木が加工され、家具材や住宅部材として流通しているが、製材業界や家具業界から材を求める声が徐々に大きくなってきている。

熊本県では、熊本県森林・林業・木材産業基本計画に基づきセンダンの植栽を推進しており、熊本県甲佐町に試験展示林を設けるなど、研究開発を進めている。

本事業では、センダンを植栽し、植栽木の苗木の特性（初期データ）及びその後の成長状況、下刈り及び芽かきのコスト等について調査を実施した。その結果について次に示す。

4.1. 苗木の特性

センダンの苗は、熊本県樹苗協同組合から裸苗を入手した。植栽した苗木の形状について図 4-1、表 4-1 に示す。

根元径は、1.1～1.2cm、樹高は 108～125cm、形状比は 93～120 であった。

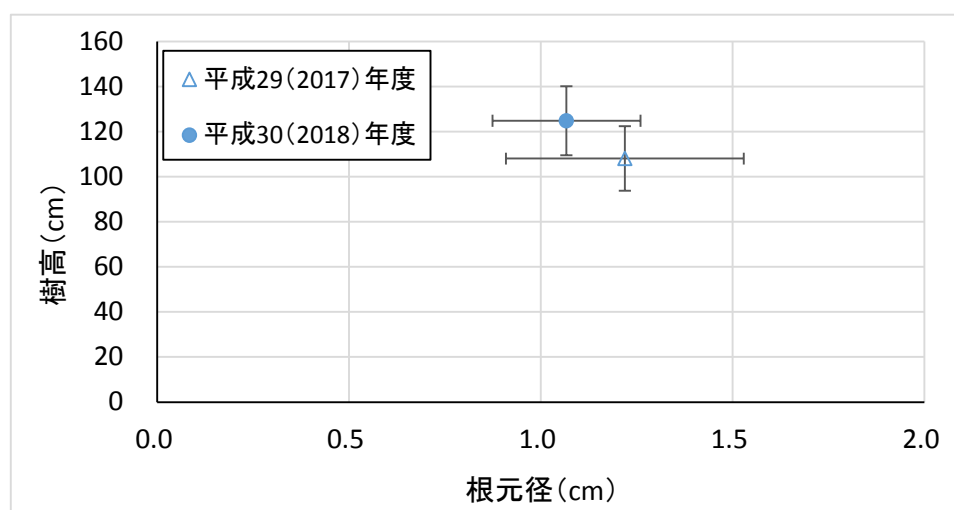


図 4-1 苗木の形状（平均）

表 4-1 苗木の形状

項目	平成 29 (2017) 年度	平成 30 (2018) 年度
本数	207 本	106 本
平均根元径 (cm)	1.2±0.3	1.1±0.2
平均樹高 (cm)	108.1±14.3	124.8±15.3
形状比	93.1±21.5	119.6±17.6

4.2. 植栽密度別・植栽立地別の成長状況の違い

実証植栽地3箇所の平均樹高の推移を図4-2に示す。

最も成長が良かった箇所は、畑跡地に植栽した熊本県天草市の200本/ha区で、植栽から2年で平均樹高2.8mだった。次に、山地に植栽した宮崎県宮崎市の斜面下部～平坦地で植栽から2年で平均樹高2.3mだった。

熊本県天草市の400本/ha区では、セイタカアワダチソウ等の雑草木による被圧により成長が抑えられ、植栽から2年で平均樹高は1.7mだった。また、宮崎県宮崎市の斜面中部では、植栽から2年で平均樹高1.7mだった。

なお、植栽から2年では植栽木の樹冠が重ならないため、植栽密度による成長の違いは現時点では確認されていない。

愛知県豊田市は植栽から1年しか経っていないが、畑跡地の平均樹高1.5mに対し、水田跡地（排水路あり）で1.2m、水田跡地（排水路なし：畔植え）で1.0mと、畑跡地で生育良好であった。また、水田跡地（排水路なし：田内植え）のセンダンは何れも枯死していた。

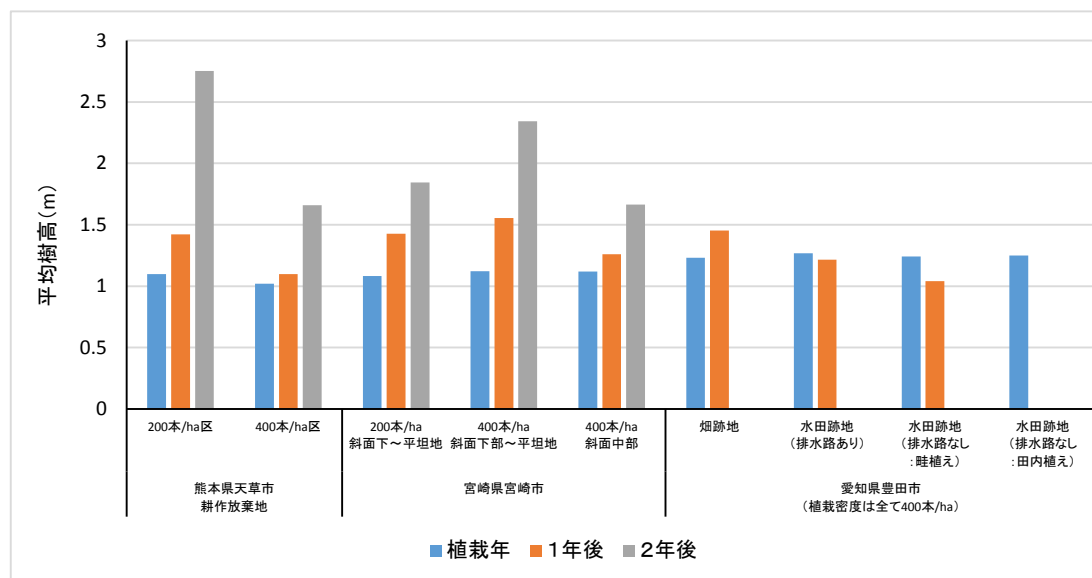


図4-2 実証植栽地3箇所の平均樹高の推移

4.3. 地拵え及び植栽作業の生産性

全実証地の植栽作業等の生産性を表 4-2 に示した。

地拵えの生産性について、愛知県の植栽地で生産性 20.0 人日/ha と最も低かった。以前クワ畑や水田として利用されていたため、植栽前に成長したクワの木を伐採する作業が伴ったこと、水田跡地に排水路を作設したことが理由と考えられる。

植栽の生産性については、30～43 本/人日で、コウヨウザンの平均 250 本/人日と比べ著しく低かった。これは、センダンの苗木は大きく、深く掘削して植栽穴を作らなければならないことが理由として挙げられる。

表 4-2 植栽作業等の生産性一覧

実証植栽地	面積 (ha)	傾斜 (°)	地拵え			植栽			
			総人工数 (人日)	生産性 (人日/ha)	種類	総人工数 (人日)	本数 (本)	生産性 (本/人日)	使用器具
愛知県豊田市	0.42	0	8.4	20.0	機械	3.9	168	43	唐グワ
熊本県天草市	0.45	0	4.1	9.0	機械	2.7	105	39	唐グワ
宮崎県宮崎市	0.54	17-30	5.0	9.3	人力	5.3	160	30	唐グワ

4.4. 植栽作業及び下刈りのコスト

植栽作業等コスト一覧を表 4-3 に示す。

熊本県天草市では、地拵えから 2 年目の下刈り及び芽かきまでに約 114～152 万円/ha と多くのコストがかかった。セイタカアワダチソウ等の雑草木が多く、年 1 回の下刈りでは雑草木の成長を抑えることができず、2 年目には年 2 回の下刈りを実施したことが理由として挙げられる。

また、愛知県豊田市では重機による地拵え（残木処理）に多くのコストがかかり、地拵えから 2 年目の下刈り及び芽かきまでに約 110 万円/ha のコストがかかった。

宮崎県宮崎市では、植栽密度 400 本/ha で、植栽から植栽後 2 年目までに約 64 万円/ha のコストがかかった。一方、植栽密度 200 本/ha では、植栽及び芽かきに必要な労力が抑えられ、約 55 万円/ha のコストに抑えることができた。

表 4-3 植栽作業等コスト一覧

(円/ha)

実証植栽地	植栽密度 (本/ha)	植栽1年目			植栽2年目		
		地拵え	苗木代	植栽	春芽かき①	下刈り①	夏芽かき①
愛知県豊田市	200本/ha	—	—	—	—	—	—
	400本/ha	685,714	44,000	56,000	152,800	136,429	22,738
熊本県天草市	200本/ha	354,397	22,000	64,000	—	195,517	23,276
	400本/ha	354,397	44,000	128,000	—	214,375	14,063
宮崎県宮崎市	200本/ha	79,810	22,000	14,800	—	114,247	45,600
	400本/ha	79,810	44,000	29,600	—	109,615	65,517

植栽3年目				(参考)		合計
春芽かき②	下刈り②	夏芽かき②	下刈り③	除草剤		
				人件費	資材費	
－	－	－	－	－	－	0
－	－	－	－	－	－	1,097,681
31,034	151,642	32,184	268,104	38,680	10,000	1,142,154
56,250	322,023	54,167	333,062	62,393	10,000	1,520,336
80,091	151,855	45,584	－	－	－	553,987
125,266	115,435	71,738	－	－	－	640,980

5. センダンの追加調査

(1) 追加調査の概要

平成 29 (2017) 年、平成 30 (2018) 年と、センダンの既存植栽地調査を実施してきたところであるが、今回、熊本県の天草センダンプロジェクトにより平成 30 (2018) 年 3 月に天草地域各所 (図 5-1) にセンダンが植栽されたとの情報を得た。

耕作前歴は表 5-1 のとおり山地及び耕作放棄地等様々であり、ほぼ同時期に植栽されたセンダンを調査することで、植栽適地についてヒントを得るため、追加で調査を実施した。

調査では、現地の状況を記録するとともに、植栽木の樹高を計測し、樹高と植栽立地の関係についてまとめた。



図 5-1 既存植栽地の位置 (熊本県天草地域)

表 5-1 既存植栽地の植栽面積及び耕作前歴 (熊本県天草地域)

No.	場所	植栽面積	耕作前歴
1	上天草市松島町	0.12	畑跡地
2	上天草市松島町	0.13	水田跡地
3	天草市倉岳町	0.53	雑木・ヒノキ伐採跡地
4	天草市亀場町	0.07	畑跡地
5	天草市五和町	0.29	苗畑跡地
6	天草郡苓北町	0.11	ヒノキ林伐採跡地
7	天草郡苓北町	0.76	ミカン園跡地
8	天草市天草町	0.42	水田跡地
9	天草郡苓北町	0.50	ヒノキ林伐採跡地

(3) 調査結果

熊本県天草地域における調査結果を表 5-2、図 5-2 に示す。

平成 30 (2018) 年 3 月に植栽され、2 シーズンの成長期を終えたところであるが、生存率や樹高には大きな差が出ていた。

特に生育良好だった箇所、生育不良だった箇所の特徴について、次に示す。

表 5-2 熊本県天草地域における調査結果

No.	場所	生存率 (%)	平均樹高 (m)
1	上天草市松島町	100	2.0
2	上天草市松島町	ほぼ枯死	0.7
3	天草市倉岳町	90	2.7
4	天草市亀場町	100	1.8
5	天草市五和町	86	1.6
6	天草郡苓北町	100	3.6
7	天草郡苓北町	不明	2.2
8	天草市天草町	84	1.2
9	天草郡苓北町	77	0.9

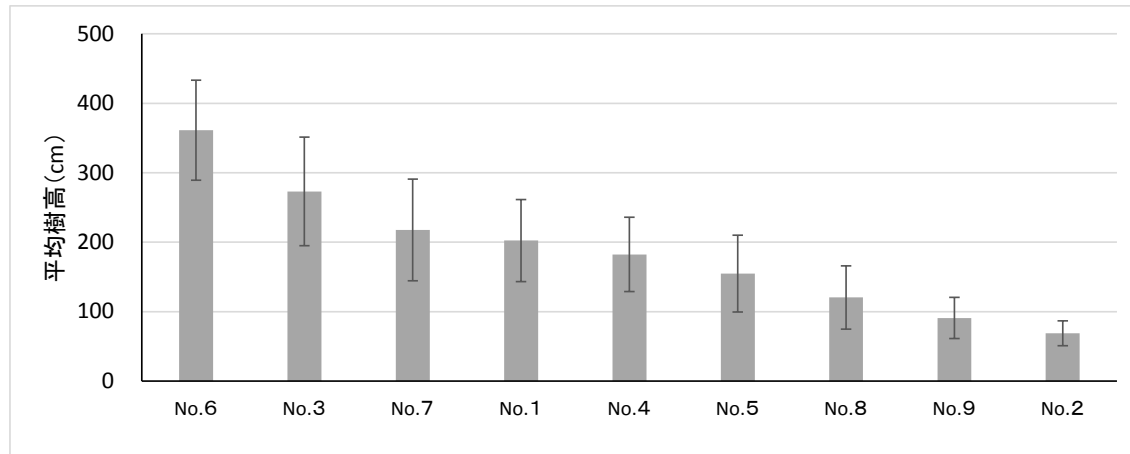


図 5-2 箇所別のセンダン平均樹高

① 生育良好だった箇所

特にセンダンの成長が良好だったのは、No. 3 天草市倉岳町（平均樹高 2.7m）（写真 5-1）、No. 6 天草郡苓北町（平均樹高 3.6m）（写真 5-2）である。

天草市倉岳町の植栽地は雑木・ヒノキ伐採跡地で、天草郡苓北町の植栽地はヒノキ林伐採跡地である。両箇所とも植栽木の周囲に雑草木がそれほど繁茂しておらず、下刈り等の管理も適切に行われていることが、良好な成長につながっていると考えられる。

	
写真 5-1 No. 3 天草市倉岳町（雑木・ヒノキ伐採跡地）（令和元(2019)年 9 月）	写真 5-2 No. 6 天草郡苓北町（ヒノキ林伐採跡地）（令和元(2019)年 9 月）

② 生育不良だった箇所

特に生育不良だったのは、No. 2 上天草市松島町（平均樹高 0.7m）（写真 5-3）、No. 8 天草市天草町（平均樹高 1.2m）（写真 5-4）、No. 9 天草郡苓北町（平均樹高 0.9m）（写真 5-5）である。

No. 2 上天草市松島町の植栽地は近くに溜池がある水田跡地である。7 月の下刈り前には植栽したセンダンのほとんどが枯死しており、生存木も平均樹高 0.7m とほとんど成長していなかった。溜池のそばに立地し、地下水位が高いことが推察され、生育不良につながっていると考えられる。

No. 8 天草市天草町の植栽地は近くに沢が流れている水田跡地である。下刈りは実施されたと思われるが、近くに沢が流れる等、一時的に滞水する時期があることが推察され、生育不良につながっていると考えられる。

No. 9 天草郡苓北町の植栽地はヒノキ林伐採跡地である。下刈りが実施されておらず、周囲の雑草木によって成長が抑えられていると考えられる。



写真 5-3 No. 2 上天草市松島町（水田跡地）
（令和元(2019)年 9 月）



写真 5-4 No. 8 天草市天草町（水田跡地）
（令和元(2019)年 9 月）



写真 5-5 No. 9 天草市苓北町（ヒノキ林伐
採跡地）（令和元(2019)年 9 月）

③ その他の箇所

No.1 上天草市松島町及びは No. 4 天草市亀場町は両植栽地とも畑跡地である(写真 5-6,7)。

No.1 上天草市松島町では下刈りが実施されているが、雑草木の繁茂が激しく、平均樹高は 2.0m だった。また No. 4 天草市亀場町においても下刈りが実施され、雑草木はそこまで繁茂していなかったが、平均樹高は 1.8m にとどまっていた。

No. 5 天草市五和町は苗畑跡地である(写真 5-8)。平坦地で立地条件は良好と考えられるが、下刈りが実施されておらず、センダンには雑草木によって成長阻害を受け、平均樹高は 1.6m だった。

No. 7 天草郡苓北町はミカン園跡地である(写真 5-9)。下刈りが実施されておらず、雑草木の繁茂が激しかったため、多くのセンダンが見当たらず、林分として評価できなかった。

	
写真 5-6 No. 1 上天草市松島町 (畑跡地) (令和元(2019)年 9 月)	写真 5-7 No. 4 天草市亀場町 (畑跡地) (令和元(2019)年 9 月)
	
写真 5-8 No. 5 天草市五和町 (苗畑跡地) (令和元(2019)年 9 月)	写真 5-9 No. 7 天草郡苓北町 (ミカン園跡地) (令和元(2019)年 9 月)

6. 令和元（2019）年度コウヨウザンの実証的植栽及び生育状況等調査

（１）目的

コウヨウザンの利用が期待される地域においてコウヨウザンを植栽し、植栽後の生育状況等について調査を行い、得られた結果を評価し、これからの早生樹導入に向けたガイドライン作成に必要な情報を整理する。

（２）実証植栽地の選定

実証的植栽地の選定に当たっては、当該事業に理解を示し土地提供等の協力が得られること、苗木運搬・植栽が可能な地域であることを条件に、気候の異なる地域を選定した。植栽面積はそれぞれ概ね 0.5ha とし、山口県周南市の市有林伐採跡地、徳島県三好市の県有林伐採跡地、熊本県水俣市の県有林伐採跡地に植栽した（表 5-1、図 5-1）。

表 6-1 令和元年度コウヨウザン新規実証植栽地一覧

No.	苗木種	場所	実施事業体	苗 齢 (年生)	植栽本数 (本)	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	備 考	
1	コンテナ苗	山口県周南市	周南森林組合	1	631	736	1,600	0.46	広島県より 苗木を入手
				2	105				
2	コンテナ苗	徳島県三好市	株式会社 山城もくもく	1	692	800	1,600	0.50	〃
				2	108				
3	コンテナ苗	熊本県水俣市	水俣芦北森林組合	1	942	1,050	2,100	0.50	〃
				2	108				

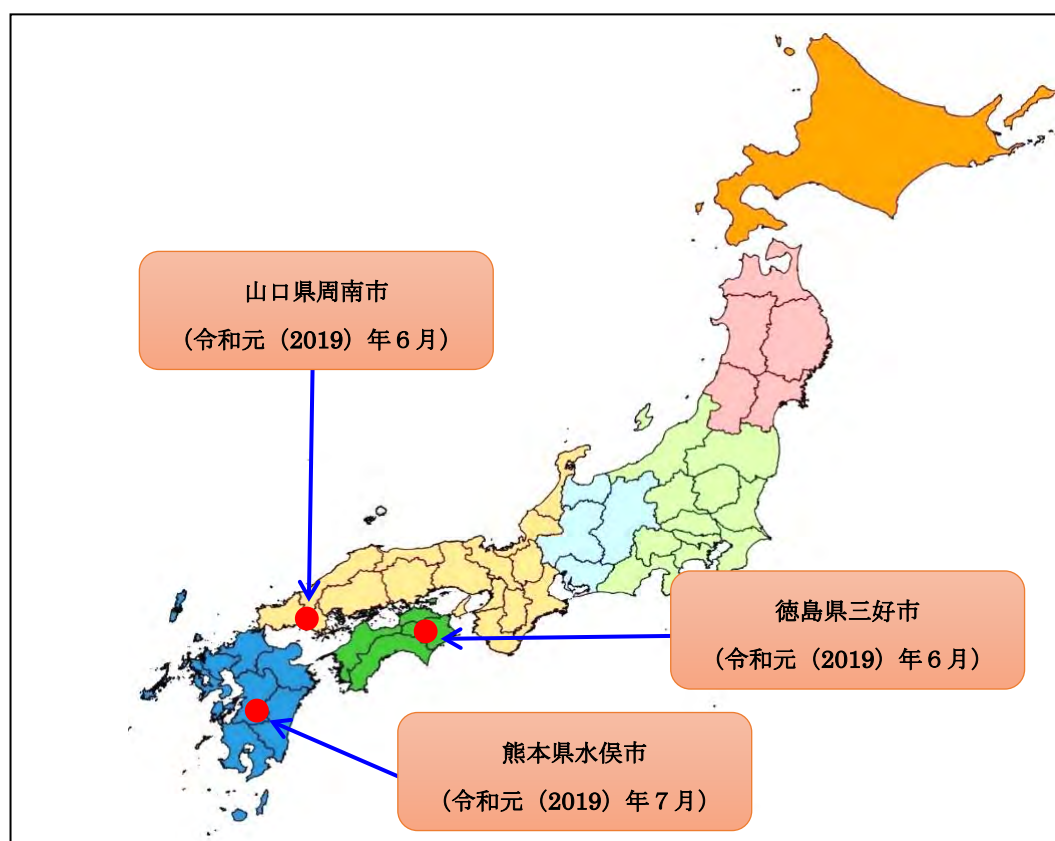


図 6-1 令和元（2019）年度早生樹新規実証植栽地位置
(カッコ内は植栽年月)

(3) 苗木の入手

コウウザンの苗木は一般財団法人広島県森林整備・農業振興財団からコンテナ苗を入手した。

(4) 調査項目

① 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

苗齢別の生存率及び成長状況の違いを調査するため、各植栽地において1年生苗と2年生苗の調査プロットを設け、植栽直後（6～7月）及び成長休止期前（10月）に現地調査を行い、根元径及び樹高を計測し、植栽木の状況を記録した。

② ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等を調査するため、各植栽地において無処理区（上記①の調査プロットと同様）、忌避剤区、単木防護区を設け、ノウサギ防除直後（植栽直後の6～7月）及び成長休止期前（10月）に現地調査を行い、根元径及び樹高を計測し、植栽木の被害状況を記録した。

なお、ノウサギの防除手法は忌避剤及び単木防護ネットとし、忌避剤としてコニファー水和剤、単木防護ネットとしてジュウガードSを使用した（写真6-1,2）。

	
写真 6-1 本実証植栽地で使用した忌避剤 （コニファー水和剤）	写真 6-2 本実証植栽地で使用した単木防護ネット （ジュウガード S）

③ 植栽作業の人工数

植栽時に無処理区の苗齢ごと植栽時間を記録し、苗齢による植栽作業人工数の違いを調査した。

④ 地拵えから植栽までのコスト

地拵えから植栽まで、実際にかかったコストを苗齢ごとにまとめ、苗齢によるコストの違いを調査した。なお、植栽コストは、③の結果を基に苗齢別に按分して算出した。

⑤ 地拵え及び植栽の生産性

地拵え及び植栽について、実際にかかった人工数から各地域における生産性を算出した。

⑥ ノウサギ防除作業の人工数

ノウサギ防除作業実施の際、防除手法ごと防除作業時間を記録し、防除手法による作業人工数の違いを調査した。

⑦ ノウサギ防除のコスト

ノウサギ防除にかかったコストを防除手法ごとにまとめ、防除手法によるコストの違いを調査した。

6.1. 山口県 周南市（コウヨウザン）（No. 1）

（1）実証植栽地の概要

山口県周南市の実証植栽地の位置及び植栽斜面の様子を図 6-2 に示す。

令和元（2019）年 6 月 19,20,21 日、傾斜 34～41° の東北東斜面 0.46ha に、コウヨウザンのコンテナ苗を密度 1,600 本/ha で植栽するとともに、ノウサギ防除を実施した（表 6-2）。

なお、前生林は 46 年生のスギ、ヒノキで、平成 29（2017）年 7 月～平成 30（2018）年 8 月に伐採されている。前生林分の蓄積量は、毎木調査未実施のため不明である。



図 6-2 実証植栽地の位置（左）及び植栽斜面（右）（山口県周南市）

表 6-2 実証植栽地の概要（山口県周南市）

実証植栽地	山口県周南市（市有林）		
苗木種	コウヨウザン コンテナ苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生	2 年生	合計
植栽面積	0.3944ha	0.0656ha	0.46ha
植栽本数	631 本	105 本	736 本
気温/ 降水量	12.5℃（平均気温*） / 1832.8mm（年降水量） *気象観測所「下松」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	475m / 34～41° / ENE (34° 14.158' 、 131° 50.328')		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	周南市		
植栽実施者	周南森林組合		
植栽日	令和元（2019）年 6 月 19,20,21 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 6 月 19,20,21 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）に分け、各防除区内にそれぞれ1年生苗及び2年生苗のプロットを設定した（図6-3）。

プロットは12.5×17.5mの長方形で、各プロット35本ずつ、合計210本のコウヨウザンを調査した（表6-3）。

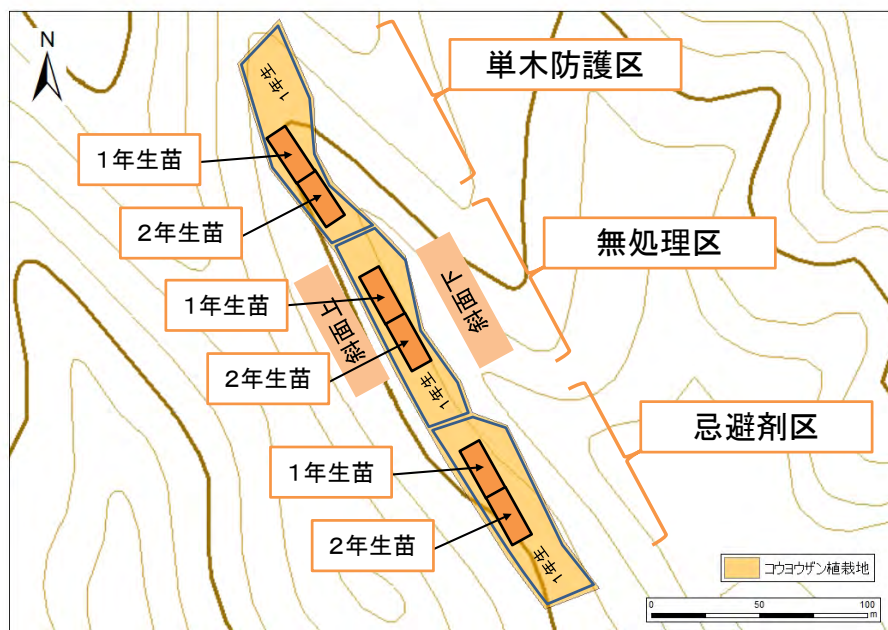


図 6-3 斜面上に設定した調査プロット（山口県周南市）

表 6-3 調査プロットの概要（山口県周南市）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
1 年生苗	無処理区	12.5×17.5m	35 本	
	忌避剤区	12.5×17.5m	35 本	
	単木防護区	12.5×17.5m	35 本	
2 年生苗	無処理区	12.5×17.5m	35 本	
	忌避剤区	12.5×17.5m	35 本	
	単木防護区	12.5×17.5m	35 本	
合計			210 本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（令和元（2019）年6月19日）及び成長休止期前（令和元（2019）年10月11,12日）の2回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表6-4）。

植栽直後、1年生苗が平均根元径 $0.5\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $21.0\text{cm} \pm 3.9$ 、2年生苗がそれぞれ $0.6\text{cm} \pm 0.1$ 、 $37.2\text{cm} \pm 6.2$ だった。その約4ヵ月後は、1年生苗で平均根元径 $+0.3\text{cm}$ 、平均樹高 $+14.0\text{cm}$ 、2年生苗でそれぞれ $+0.2\text{cm}$ 、 $+6.6\text{cm}$ と、各苗齢とも大きく成長しており、特に1年生苗の成長が大きかった（図6-4,5）。生存率は1年生苗91%、2年生100%と、2年生苗の方が高かったものの、有意差は認められなかった。

また、本実証植栽地ではノウサギによる被害が確認された。ノウサギによる被害率は1年生苗41%、2年生苗14%と、2年生苗の方が有意に低かった（カイ二乗検定： $P < 0.05$ ）。ただし、10月調査時点では1年生苗、2年生苗ともにウサギによる被害は側枝の一部のみで、成長に大きな影響を及ぼす被害は確認されなかった。

表 6-4 苗齢別の調査データ（山口県周南市）

試験処理区 (苗齢)	測定項目	令和元（2019）年 6月19日(①)	令和元（2019）年 10月11,12日(②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ被 害率 (%)
1年生苗	平均根元径 (cm)	0.5 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.3	91	41
	平均樹高 (cm)	21.0 ± 3.9	35.0 ± 8.5	14.0		
	平均形状比	46.1 ± 10.9	47.8 ± 9.7	—		
2年生苗	平均根元径 (cm)	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.2	100	14
	平均樹高 (cm)	37.2 ± 6.2	43.8 ± 9.5	6.6		
	平均形状比	59.6 ± 10.4	54.7 ± 11.9	—		

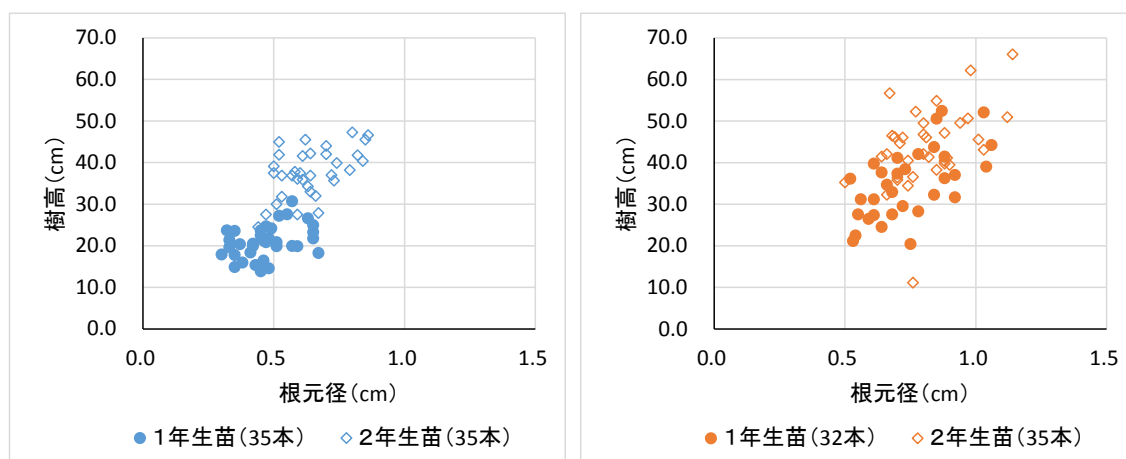


図 6-4 苗齢別コウヨウザンの形状（山口県周南市）

（左：令和元（2019）年6月19日、右：令和元（2019）年10月11,12日）

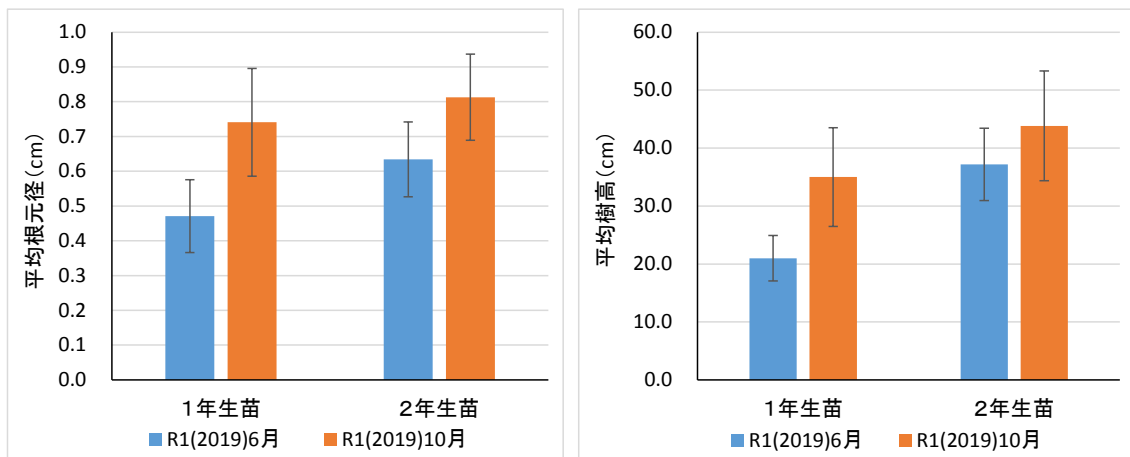


図 6-5 苗齢別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（山口県周南市）

(4) ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（令和元（2019）年6月19日）及び成長休止期前（令和元（2019）年10月11,12日）の2回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表6-5、図6-6）。

ノウサギによる被害率は無処理区で27%、忌避剤区では36%であった。忌避剤散布後、新しく伸びた葉に対してはノウサギによる被害が認められ、完全な被害軽減には至らなかった。

なお、単木防護区ではノウサギによる被害を0%に抑えることができていた。

表6-5 ノウサギ防除処理区別の調査データ（山口県周南市）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 6月19日(①)	令和元（2019）年 10月11,12日(②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ被害率 (%)
無処理区	平均根元径 (cm)	0.6±0.1	0.8±0.2	0.2	96	27
	平均樹高 (cm)	29.1±9.7	39.6±10.0	10.5		
	平均形状比	52.9±12.6	51.4±11.4	—		
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.5±0.1	0.8±0.2	0.3	96	36
	平均樹高 (cm)	29.9±9.3	43.0±11.0	13.1		
	平均形状比	55.6±10.6	53.4±11.3	—		
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.5±0.2	0.7±0.2	0.2	100	0
	平均樹高 (cm)	30.7±9.6	43.4±10.7	12.6		
	平均形状比	59.6±9.3	61.1±10.6	—		

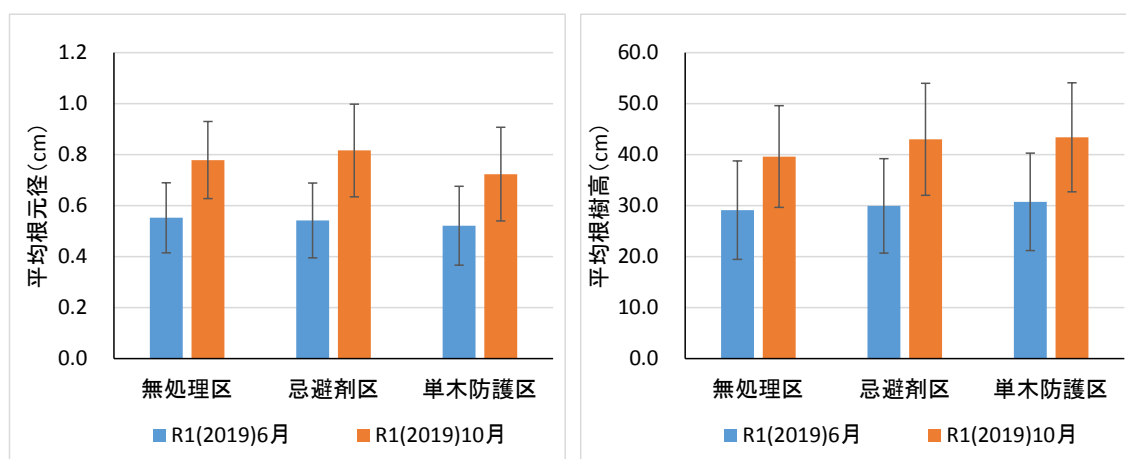


図6-6 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）
（山口県周南市）

(5) 植栽作業の人工数

各苗齢のプロット内において、植栽時に植栽時間を記録し、苗齢による植栽作業人工数の違いを調査した（表 6-6、図 6-7）。

植栽にかかった人工数は、1年生苗が 7.3 人日/ha、2年生苗が 7.1 人日/ha と、苗齢による違いはほとんど見られなかった。

表 6-6 コウヨウザン植栽にかかった人工数（山口県周南市）

苗 齢	プロット 面積 (ha)	植栽にかかった人工数 (人日)	ha 当たりの人工数 (人日/ha)
1 年生	0.0656	0.48	7.3
2 年生	0.0656	0.47	7.1

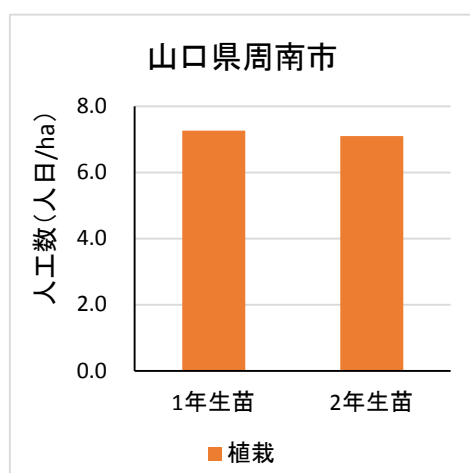


図 6-7 コウヨウザン植栽にかかった人工数（山口県周南市）

(6) 地拵えから植栽までのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵え、苗木代及び植栽にかかった1haあたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した(表6-7)。

なお、植栽単価については、前述(5)作業人工における「植栽」の作業人工差(1.01倍差)の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。また、今回植栽したコウヨウザンのコンテナ苗は1年生及び2年生ともに100円/本で調達した。

地拵えから植栽までのコストは、1年生苗で約86万円/ha、2年生苗で約85万円/haと、1年生苗と2年生苗で植栽人工に差があまりなかったため、苗齢によるコストの違いはほとんどなかった。

表6-7 地拵え～植栽までにかかったコスト(山口県周南市)

項目	1年生苗木					2年生苗木				
	量		単価(円)	コスト(円)	備考	量		単価(円)	コスト(円)	備考
地拵え	1	ha	565,217	565,217	地拵えは	1	ha	565,217	565,217	地拵えは
苗木	1,600	本	100	160,000	人力(草	1,600	本	100	160,000	人力(草
植栽	1,600	本	82	131,972	刈機及び	1,600	本	81	128,897	刈機及び
計	1	ha	-	857,189	チェーンソー)	1	ha	-	854,114	チェーンソー)

(参考)

比較のために、山口県の標準単価表を基にスギ(コンテナ苗)のコストを整理した(表6-8)。

本実証植栽地は傾斜が約40°と大きく、地拵えに57万円/haものコストがかかったことから、共通仮設費を除いたスギ(コンテナ苗1,500本)の標準単価と比べ、約26万円/ha高かった。

表6-8 山口県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	植栽 (苗木代・地拵え含む)	合計	合計 (共通仮設費除く)
	本/ha	円/ha	円	円
スギ(コンテナ苗)	1,500本	637,405	637,405	591,833
スギ(コンテナ苗)	2,000本	777,863	777,863	722,249

(7) 地拵え及び植栽の生産性

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵え及び植栽にかかった人工数及び植栽本数等からそれぞれの生産性を算出した（表 6-9）。

地拵え生産性は 52.2 人日/ha と、昨年度の実証植栽地である富山県の 26.8 人日/ha、広島県の 4.7 人日/ha、宮崎県の 14.9 人日/ha、静岡県 of 7.2 人日/ha、和歌山県の 17.6 人日/ha と比較し、最も生産性が低い結果となった。傾斜が約 40° と大きかったことが、生産性が低かった理由として考えられる。

植栽生産性は 262 本/人日で、林野庁参考値の 278 本/人日（コンテナ苗）*と比較し、同等程度であった。

表 6-9 地拵え及び植栽にかかった生産性（山口県周南市）

地域	面積 (ha)	傾斜 (°)	地拵え				
			地拵え総人工数 (人工)		地拵え生産性 (人日/ha)		地拵え 種類
山口県	0.46	34～41	24.0		52.2		人力
			植栽				
			植栽総人工数 (人工)	植栽本数 (本)	植栽面積 (ha)	植栽生産性 (本/人日)	植栽器具
			2.8	736	0.46	262	唐グワ

（注 1）1 日の作業時間は 7.5 時間で算出

（注 2）作業日報とヒアリングを基に整理

*林野庁整備課「森林環境保全直接支援事業環境林整備事業作業工程表（平成 31（2019）年 3 月）」によると、植穴掘付・植付（コンテナ苗）にかかる人工は、100 本当たり普通作業員 0.36 人としている。これを 1 人当たりに換算すると、278 本/人日（ $\div 100 \text{ 本} / 0.36 \text{ 人}$ ）となる。

(8) ノウサギ防除作業の人工数

コウヨウザンの植栽時、ノウサギ防除試験のため、忌避剤の散布及び単木防護ネットの設置を行った。それらの作業中にそれぞれの作業時間を記録し、ノウサギ防除手法の違いによる作業人工数の違いを調査した（表 6-10、図 6-8）。

防除にかかった人工数は、忌避剤区で 1.0 人日/ha、単木防護区で 16.7 人日/ha であった。単木防護区は忌避剤区に比べ 16.7 倍もの人工数がかかった。

表 6-10 ノウサギ防除にかかった人工数（山口県周南市）

防除手法	プロット 面積 (ha)	植栽にかかった人工数 (人日)	ha 当たりの人工数 (人日/ha)
忌避剤	0.0438	0.042	1.0
単木防護	0.0438	0.73	16.7

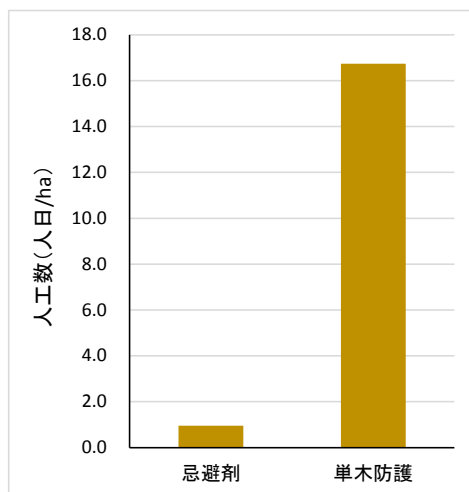


図 6-8 ノウサギ防除にかかった人工数（山口県周南市）

(9) ノウサギ防除のコスト

ノウサギ防除に当たり、忌避剤の散布及び単木防護ネットの設置にかかった 1ha あたりのコスト〔税抜き〕を防除手法ごとに整理した（表 6-11）。

前述のとおり、忌避剤の散布に比べ単木防護ネットの設置で多くの人工と人件費がかかった。また、資材費についても、単価の高い単木防護ネットでより多くのコストがかかった。

人件費と資材費を合わせてみると、忌避剤の散布で約 11 万円/ha、単木防護ネットの設置で約 216 万円/ha だった。

表 6-11 ノウサギ防除にかかったコスト（山口県周南市）

防除手法	人件費 (円/ha)	資材費 (円/ha)	合計 (円/ha)
忌避剤	66,700	43,920	110,620
単木防護	1,172,431	992,000	2,164,431

(10) 現地写真（山口県周南市 令和元（2019）年度植栽）



実証植栽地全景（植栽前）
（令和元（2019）年6月）



実証植栽地全景（植栽後）
（令和元（2019）年6月）



忌避剤の散布（令和元（2019）年6月）



忌避剤散布区の植栽木
（令和元（2019）年6月）



単木防護ネットの設置
（令和元（2019）年6月）



単木防護ネット設置区の植栽木
（令和元（2019）年6月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年6月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年6月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年10月）
※左の植栽木とは異なる個体



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年6月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年6月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年6月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



植栽地に見られたノウサギの糞
（令和元（2019）年6月）



ノウサギによる被害を受けた側枝
（令和元（2019）年6月）

6.2. 徳島県 三好市（コウヨウザン）（No.2）

（1）実証植栽地の概要

徳島県三好市の実証植栽地の位置及び植栽斜面の様子を図 6-9 に示す。

令和元（2019）年 6 月 26,28 日、傾斜 32～35° の南東斜面 0.5ha に、コウヨウザンのコンテナ苗を密度 1,600 本/ha で植栽するとともに、ノウサギ防除を実施した（表 6-12）。

なお、前生林は 55 年生のスギ、ヒノキで、平成 30（2018）年 5 月～8 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（0.82ha）の前生林分の蓄積量は 392.73m³（478.9m³/ha）である。

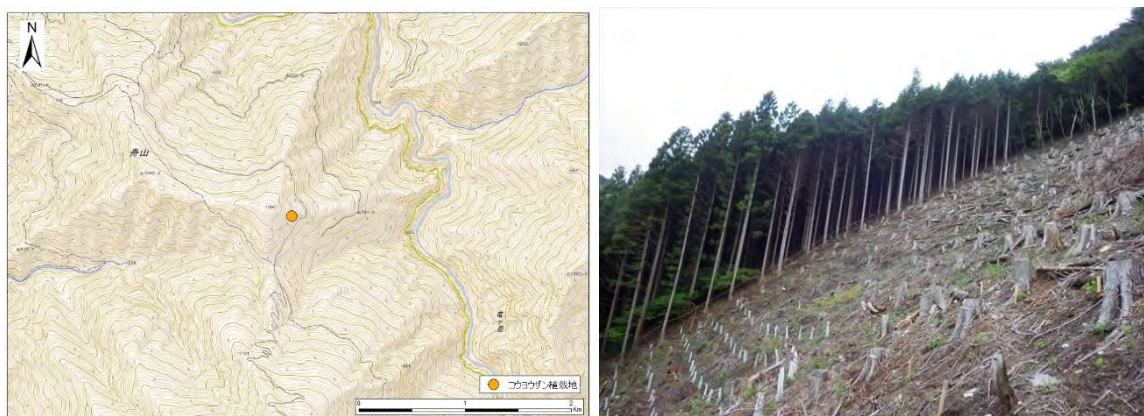


図 6-9 実証植栽地の位置（左）及び植栽斜面（右）（徳島県三好市）

表 6-12 実証植栽地の概要（徳島県三好市）

実証植栽地	徳島県三好市（県有林）		
苗木種	コウヨウザン コンテナ苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生	2 年生	合計
植栽面積	0.4325ha	0.0675ha	0.5ha
植栽本数	692 本	108 本	800 本
気温/ 降水量	9.6℃（平均気温*） / 1389.6mm（年降水量） *気象観測所「池田」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	963m / 32～35° / SE (33° 56.441'、133° 50.689')		
土壌	適潤性褐色森林土		
土地所有者	徳島県		
植栽実施者	株式会社山城もくもく		
植栽日	令和元（2019）年 6 月 26,28 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 6 月 26,28 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）に分け、各防除区内にそれぞれ1年生苗及び2年生苗のプロットを設定した（図 6-10）。

プロットは 15.0×15.0m の正方形で、各プロット 36 本ずつ、合計 216 本のコウヨウザンを調査した（表 6-13）。

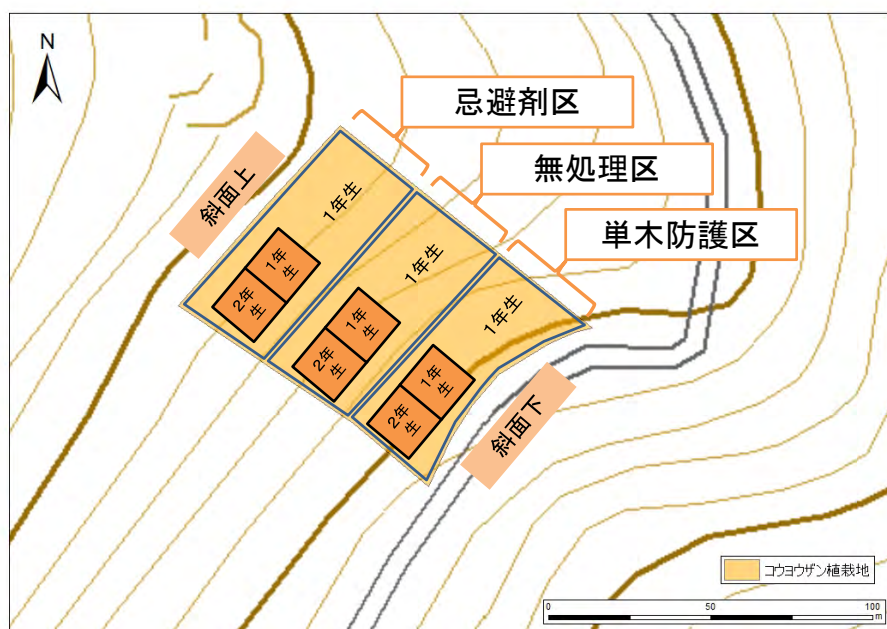


図 6-10 斜面上に設定した調査プロット（徳島県三好市）

表 6-13 調査プロットの概要（徳島県三好市）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
1 年生苗	無処理区	15.0×15.0m	36 本	斜面中段
	忌避剤区	15.0×15.0m	36 本	斜面上段
	単木防護区	15.0×15.0m	36 本	斜面下段
2 年生苗	無処理区	15.0×15.0m	36 本	斜面中段
	忌避剤区	15.0×15.0m	36 本	斜面上段
	単木防護区	15.0×15.0m	36 本	斜面下段
合計			216 本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（令和元（2019）年 6 月 26,27 日）及び成長休止期前（令和元（2019）年 10 月 20 日）の 2 回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表 6-14）。

植栽直後、1 年生苗が平均根元径 $0.5\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $22.8\text{cm} \pm 5.1$ 、2 年生苗がそれぞれ $0.7\text{cm} \pm 0.1$ 、 $32.9\text{cm} \pm 5.3$ だった。その約 4 ヶ月後は、1 年生苗で平均根元径 $+0.5\text{cm}$ 、平均樹高 $+21.6\text{cm}$ 、2 年生苗でそれぞれ $+0.3\text{cm}$ 、 $+14.1\text{cm}$ と、各苗齢とも大きく成長しており、特に 1 年生苗の成長が大きかった（図 6-11,12）。生存率は 1 年生苗 94%、2 年生 100%と、2 年生苗の方が高かったものの、有意差は認められなかった。

また、本実証植栽地ではノウサギによる被害は確認されなかった。

表 6-14 苗齢別の調査データ（徳島県三好市）

試験処理区 (苗齢)	測定項目	令和元（2019）年 6 月 26,27 日(①)	令和元（2019）年 10 月 20 日(②)	成長量 ②－①	生存率 (%)
1 年生苗	平均根元径 (cm)	0.5 ± 0.1	1.0 ± 0.1	0.5	94
	平均樹高 (cm)	22.8 ± 5.1	44.4 ± 10.1	21.6	
	平均形状比	44.0 ± 9.3	45.5 ± 7.9	—	
2 年生苗	平均根元径 (cm)	0.7 ± 0.1	1.0 ± 0.2	0.3	100
	平均樹高 (cm)	32.9 ± 5.3	47.0 ± 10.6	14.1	
	平均形状比	50.6 ± 10.4	49.1 ± 9.2	—	

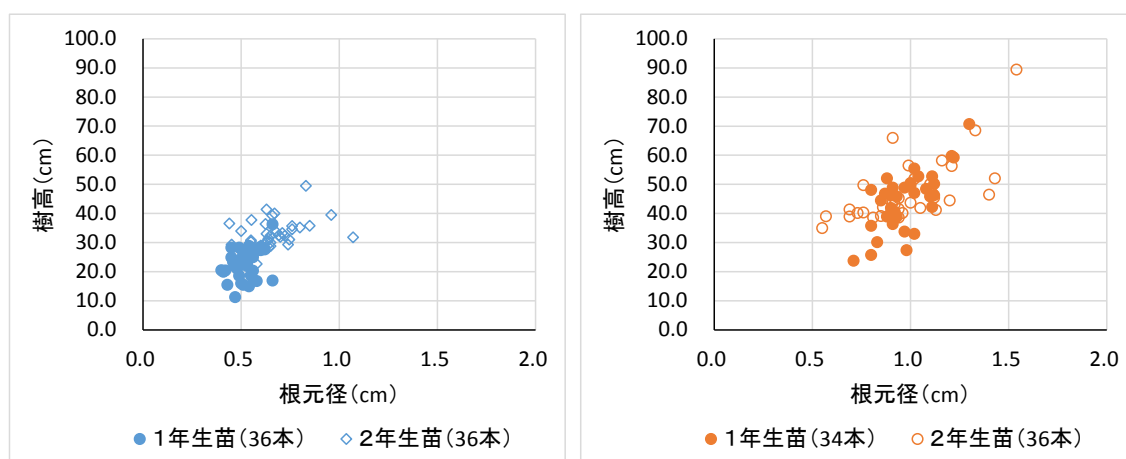


図 6-11 苗齢別コウヨウザンの形状（徳島県三好市）

（左：令和元（2019）年 6 月 26,27 日、右：令和元（2019）年 10 月 20 日）

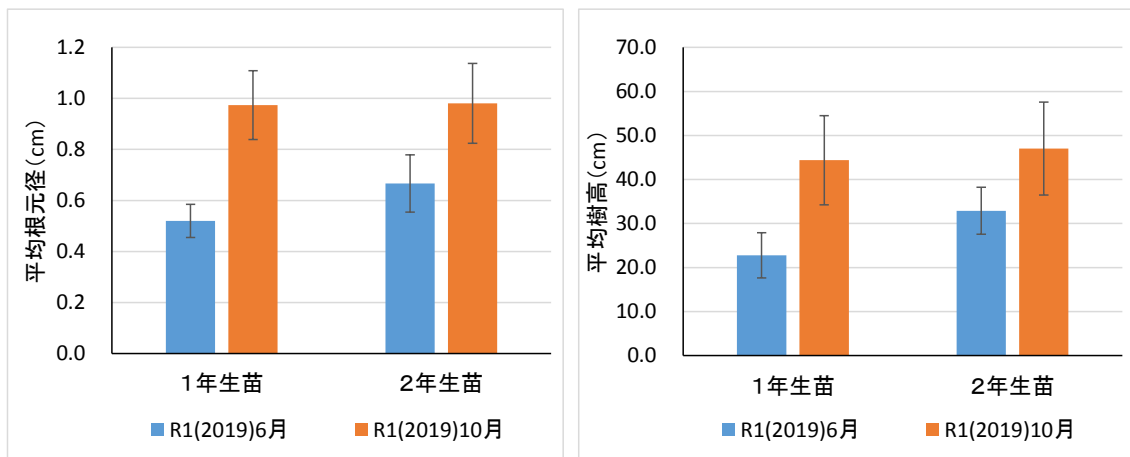


図 6-12 苗齢別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（徳島県三好市）

(4) ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（令和元（2019）年 6 月 26,27 日）及び成長休止期前（令和元（2019）年 10 月 20 日）の 2 回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表 6-15、図 6-13）。

本実証植栽地ではノウサギによる被害は確認されず、ノウサギ被害率は全ての処理区で 0 % だった。ただ、防除手法別に生存率を見てみると、忌避剤区で 79%と、無処理区の 97%及び単木防護区の 100%と比較し低かった。枯死した原因としては、忌避剤の施用量過多による呼吸障害が原因として考えられる（写真 6-3）。

また、忌避剤区の生存率 79%の内訳を苗齢別にみると、1 年生苗 58%、2 年生苗 100%となっており、特にまだ苗の小さかった 1 年生苗で影響をより大きく受け、枯死に至るケースが多かったと考えられる。

表 6-15 ノウサギ防除処理区別の調査データ（徳島県三好市）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 6 月 26,27 日(①)	令和元（2019）年 10 月 20 日(②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ被害 率 (%)
無処理区	平均根元径 (cm)	0.6±0.1	1.0±0.2	0.4	97	0
	平均樹高 (cm)	27.8±7.3	45.7±10.4	17.9		
	平均形状比	47.3±10.4	47.3±8.7	—		
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.6±0.2	0.8±0.2	0.2	79	0
	平均樹高 (cm)	24.4±9.8	38.5±12.2	14.1		
	平均形状比	43.2±10.1	49.9±9.8	—		
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.6±0.1	0.8±0.1	0.3	100	0
	平均樹高 (cm)	27.4±7.3	45.4±9.3	18.0		
	平均形状比	46.5±9.1	54.3±9.3	—		

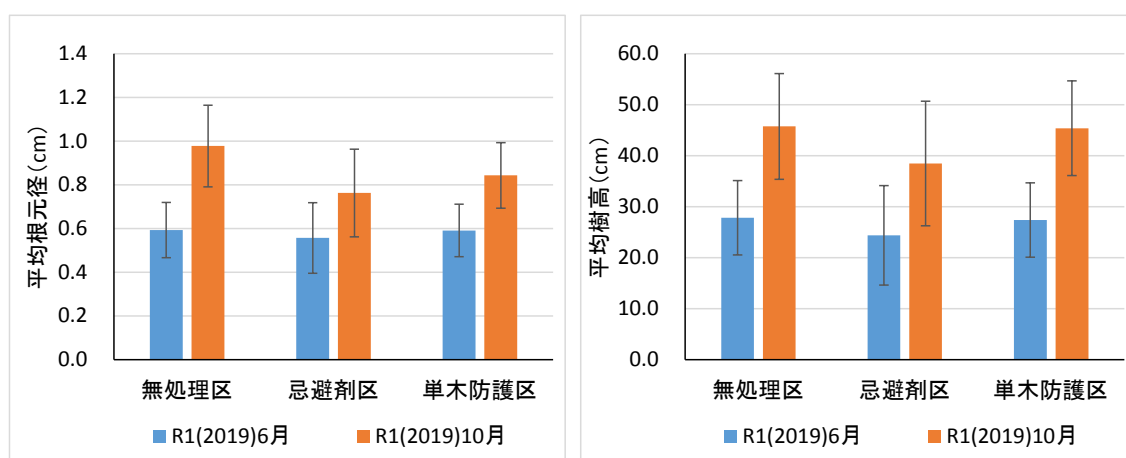


図 6-13 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）
（徳島県三好市）



写真 6-3 忌避剤散布後に枯死した1年生苗（左：6月、右：10月）
（徳島県三好市）

（5）植栽作業の人工

各苗齢のプロット内において、植栽時に植栽時間を記録し、苗齢による植栽作業人工数の違いを調査した（表 6-16、図 6-14）。

植栽にかかった人工数は、1年生苗で 4.1 人日/ha、2年生苗で 2.7 人日/ha と、1年生苗が2年生苗に比べて 1.4 人日/ha 上回った。ただ、現場からは「1年生苗と2年生苗で植栽作業のやりやすさに特に違いはなかった」との声が聞かれた。また、今回植栽作業に従事した作業員は、1年生苗が経験の浅い作業員、2年生苗が経験年数のある作業員であったため、作業者の技術が大きく影響したと考えられる。

表 6-16 コウヨウザン植栽にかかった人工数（徳島県三好市）

苗 齢	プロット 面積 (ha)	植栽にかかった人工数 (人日)	ha 当たりの人工数 (人日/ha)
1 年生	0.0675	0.28	4.1
2 年生	0.0675	0.18	2.7

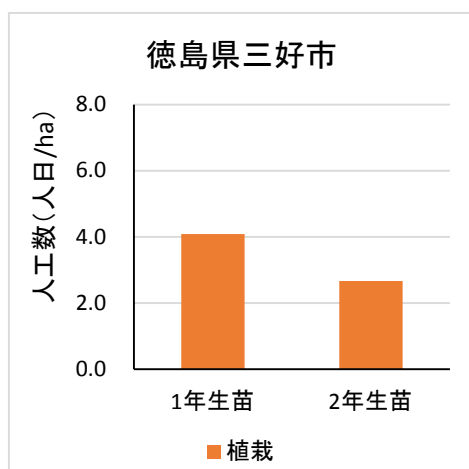


図 6-14 コウヨウザン植栽にかかった人工数（徳島県三好市）

(6) 地拵えから植栽までのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵え、苗木代及び植栽にかかった1haあたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した(表6-17)。

なお、植栽単価については、前述(5)作業人工における「植栽」の作業人工差(1.5倍差)の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。また、今回植栽したコウヨウザンのコンテナ苗は1年生及び2年生ともに100円/本で調達した。

地拵えから植栽までのコストは、1年生苗で約56万円/ha、2年生苗で約54万円/haと、1年生苗でより多くの植栽人工がかかった分、2年生苗よりも植栽の費用が多くかかっているが、その差は2万円/ha程度に収まっていた。

表6-17 地拵え～植栽までにかかったコスト(徳島県三好市)

項目	1年生苗木				2年生苗木			
	量	単価(円)	コスト(円)	備考	量	単価(円)	コスト(円)	備考
地拵え	1 ha	331,194	331,194	地拵えは 人力及び 機械	1 ha	331,194	331,194	地拵えは 人力及び 機械
苗木	1,600 本	100	160,000		1,600 本	100	160,000	
植栽	1,600 本	43	68,000		1,600 本	28	44,419	
計	1 ha	-	559,194		1 ha	-	535,613	

※本実証植栽地では、本表以外に獣害対策として防護柵を設置した。防護柵は324m設置し、218,052円の費用が発生した。

(参考)

比較のために、徳島県の標準単価表を基にスギ(実生コンテナ苗)のコストを整理した(表6-18)。スギ(実生コンテナ苗)の標準単価と比較し、本実証植栽地ではほぼ同等のコストであった。

表6-18 徳島県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	植栽 (苗木代・地拵え含む)	合計	合計 (共通仮設費除く)
	本/ha	円/ha	円	円
スギ(実生コンテナ苗)	1,500 本	626,000	626,000	581,244
スギ(実生コンテナ苗)	2,000 本	755,000	755,000	701,021

(7) 地拵え及び植栽の生産性

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵え及び植栽にかかった人工数及び植栽本数等からそれぞれの生産性を算出した（表 6-19）。

地拵え生産性は 8.0 人日/ha と、昨年度の実証植栽地である富山県の 26.8 人日/ha、広島県の 4.7 人日/ha、宮崎県の 14.9 人日/ha、静岡県 の 7.2 人日/ha、和歌山県の 17.6 人日/ha と比較し、生産性は三番目に高かった。地拵えの際、人力（チェーンソー、なた、手ノ、鋤）に加え、機械（グラップル）を用いたことが、生産性が高かった理由として考えられる。

植栽生産性は 417 本/人日で、林野庁参考値の 278 本/人日（コンテナ苗）*と比較し、高かった。植栽前に目印の杭を打ち、植栽位置をはっきりとさせていたことが生産性を上げた理由として考えられる。

表 6-19 地拵え及び植栽にかかった生産性（徳島県三好市）

地域	面積 (ha)	傾斜 (°)	地拵え				
			地拵え総人工数 (人工)		地拵え生産性 (人日/ha)		地拵え 種類
徳島県	0.50	32～35	4.0		8.0		人力及び機械
			植栽				
			植栽総人工数 (人工)	植栽本数 (本)	植栽面積 (ha)	植栽生産性 (本/人日)	植栽器具
			1.9	800	0.5	417	唐グワ

(注 1) 1 日の作業時間は 7.5 時間で算出

(注 2) 作業日報とヒアリングを基に整理

*林野庁整備課「森林環境保全直接支援事業環境林整備事業作業工程表（平成 31（2019）年 3 月）」によると、植穴掘付・植付（コンテナ苗）にかかる人工は、100 本当たり普通作業員 0.36 人としている。これを 1 人当たりに換算すると、278 本/人日（ $\div 100 \text{ 本} / 0.36 \text{ 人}$ ）となる。

（８）ノウサギ防除作業の人工数

コウヨウザンの植栽時、ノウサギ防除試験のため、忌避剤の散布及び単木防護ネットの設置を行った。それらの作業中にそれぞれの作業時間を記録し、ノウサギ防除手法の違いによる作業人工数の違いを調査した（表 6-20、図 6-15）。

防除にかかった人工数は、忌避剤区で 2.1 人日/ha、単木防護区で 19.1 人日/ha であった。単木防護区は忌避剤区に比べ約 9.1 倍もの人工数がかかった。

表 6-20 ノウサギ防除にかかった人工数（徳島県三好市）

防除手法	プロット 面積（ha）	防除にかかった人工数 （人日）	ha 当たりの人工数 （人日/ha）
忌避剤	0.045	0.093	2.1
単木防護	0.045	0.86	19.1

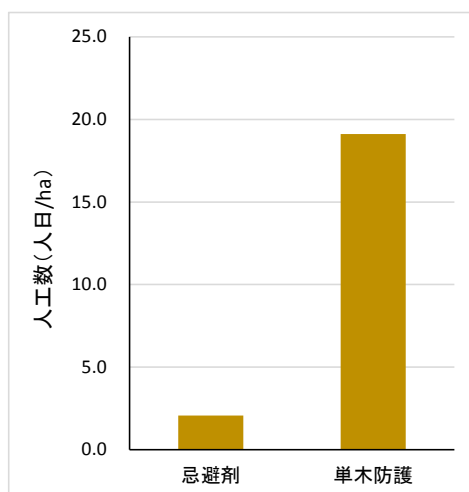


図 6-15 ノウサギ防除にかかった人工数（徳島県三好市）

（９）ノウサギ防除コスト

ノウサギ防除に当たり、忌避剤の散布及び単木防護ネットの設置にかかった 1ha あたりのコスト〔税抜き〕を防除手法ごとに整理した（表 6-21）。

前述のとおり、忌避剤の散布に比べ単木防護ネットの設置で多くの人工がかかっており、単木防護でより多くの人件費がかかった。また、資材費についても、単価の高い単木防護ネットでより多くのコストがかかった。

人件費と直接コストを合わせてみると、忌避剤の散布で約 14 万円/ha、単木防護ネットの設置で約 187 万円/ha だった。

表 6-21 ノウサギ防除にかかったコスト（徳島県三好市）

防除手法	人件費（円/ha）	資材費（円/ha）	合計（円/ha）
忌避剤	95,353	43,920	139,273
単木防護	878,612	992,000	1,870,612

(10) 現地写真（徳島県三好市 令和元（2019）年度植栽）

	
実証植栽地（植栽前）（令和元(2019)年 6 月）	実証植栽地（植栽後）（令和元(2019)年 6 月）
	
忌避剤の散布（令和元(2019)年 6 月）	忌避剤散布区の植栽木 （令和元(2019)年 6 月）
	
単木防護ネットの設置(令和元(2019)年 6 月)	単木防護ネット設置区の植栽木 （令和元(2019)年 6 月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年6月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年6月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年6月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年6月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年6月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）

6.3. 熊本県 水俣市（コウヨウザン）（No.3）

（1）実証植栽地の概要

熊本県水俣市の実証植栽地の位置及び植栽地の様子を図 6-16 に示す。

令和元（2019）年 7 月 19,22 日、傾斜 2～7° のほぼ平坦地 0.5ha に、コウヨウザンのコンテナ苗を密度 2,100 本/ha で植栽するとともに、ノウサギ防除を実施した（表 6-22）。

なお、前生林は 58 年生のスギで、平成 30（2018）年 12 月に伐採されている。前生林分の蓄積量は 366m³/ha である。



図 6-16 実証植栽地の位置（左）及び植栽地の様子（右）（熊本県水俣市）

表 6-22 実証植栽地の概要（熊本県水俣市）

実証植栽地	熊本県水俣市（県有林）		
苗木種	コウヨウザン コンテナ苗		
植栽密度	2,100 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生	2 年生	合計
植栽面積	0.4486ha	0.0514ha	0.50ha
植栽本数	942 本	108 本	1,050 本
気温/ 降水量	13.0℃（平均気温*） / 2100.4mm（年降水量） *気象観測所「水俣」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	641m / 2～7° / N (32° 08.385'、130° 28.827')		
土壌	乾性褐色森林土		
土地所有者	熊本県		
植栽実施者	水俣芦北森林組合		
植栽日	令和元（2019）年 7 月 19,22 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 7 月 19,23 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）に分け、各防除区内にそれぞれ1年生苗及び2年生苗のプロットを設定した（図 6-17）。

プロットは $13.2 \times 13.2\text{m}$ の正方形で、各プロット 36 本ずつ、合計 216 本のコウヨウザンを調査した（表 6-23）。

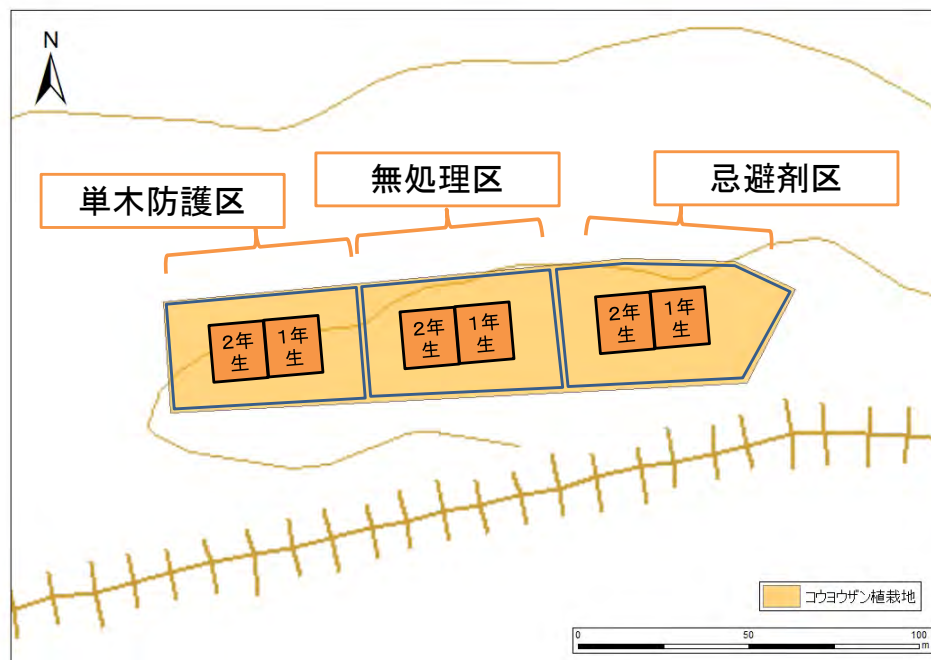


図 6-17 斜面上に設定した調査プロット（熊本県水俣市）

表 6-23 調査プロットの概要（熊本県水俣市）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
1 年生苗	無処理区	$13.2 \times 13.2\text{m}$	36 本	
	忌避剤区	$13.2 \times 13.2\text{m}$	36 本	
	単木防護区	$13.2 \times 13.2\text{m}$	36 本	
2 年生苗	無処理区	$13.2 \times 13.2\text{m}$	36 本	
	忌避剤区	$13.2 \times 13.2\text{m}$	36 本	
	単木防護区	$13.2 \times 13.2\text{m}$	36 本	
合計			216 本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（令和元（2019）年 7 月 19 日）及び成長休止期前（令和元（2019）年 10 月 13 日）の 2 回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表 6-24）。

植栽直後、1 年生苗が平均根元径 $0.5\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $31.3\text{cm} \pm 7.6$ 、2 年生苗がそれぞれ $0.8\text{cm} \pm 0.1$ 、 $40.2\text{cm} \pm 6.0$ だった。その約 3 ヶ月後は、1 年生苗で平均根元径 $+0.3\text{cm}$ 、平均樹高 $+11.3\text{cm}$ 、2 年生苗でそれぞれ $+0.3\text{cm}$ 、 $+7.7\text{cm}$ と、各苗齢とも大きく成長しており、特に 1 年生苗の成長が大きかった（図 6-18,19）。生存率は 1 年生苗 89%、2 年生 100%と、2 年生苗の方が有意に高かった（カイ二乗検定： $P < 0.05$ ）。

また、本実証植栽地ではノウサギとともに、シカによる被害も確認された。シカについては防護柵を周囲に設置したが、ネット下のペグが外された痕跡が見られ、ネットをくぐって侵入したと見られる。

ノウサギ及びシカによる被害率は 1 年生苗 28%、2 年生苗 22%と、苗齢による被害率の違いに有意差は認められなかった。

表 6-24 苗齢別の調査データ（熊本県水俣市）

試験処理区 (苗齢)	測定項目	令和元（2019）年 7 月 19 日(①)	令和元（2019）年 10 月 13 日(②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ・シカ 被害率(%)
1 年生苗	平均根元径 (cm)	0.5 ± 0.1	0.9 ± 0.2	0.3	89	28
	平均樹高 (cm)	31.3 ± 7.6	42.5 ± 11.1	11.3		
	平均形状比	57.9 ± 10.5	47.7 ± 8.7	—		
2 年生苗	平均根元径 (cm)	0.8 ± 0.1	1.1 ± 0.2	0.3	100	22
	平均樹高 (cm)	40.2 ± 6.0	47.9 ± 7.4	7.7		
	平均形状比	49.7 ± 9.6	43.0 ± 7.1	—		

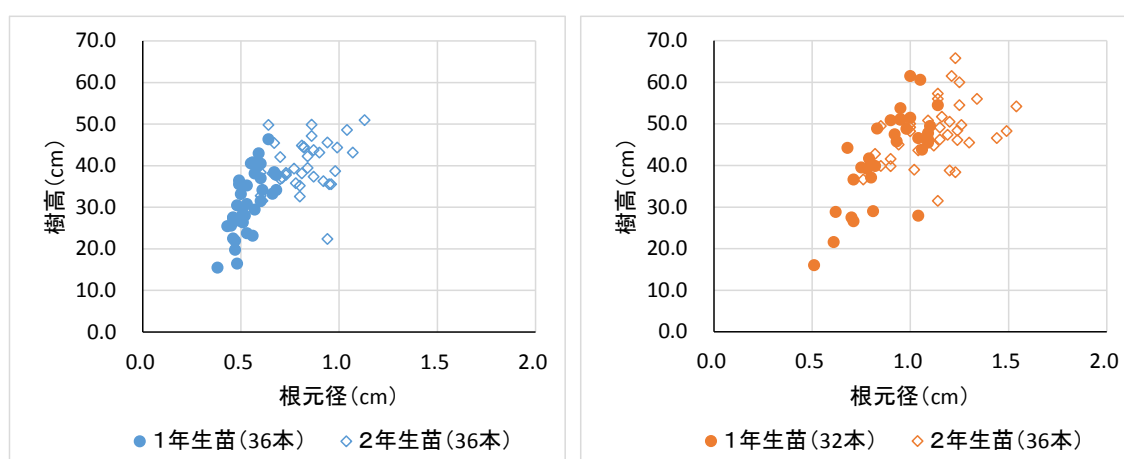


図 6-18 苗齢別コウヨウザンの形状（熊本県水俣市）

（左：令和元（2019）年 7 月 19 日、右：令和元（2019）年 10 月 13 日）

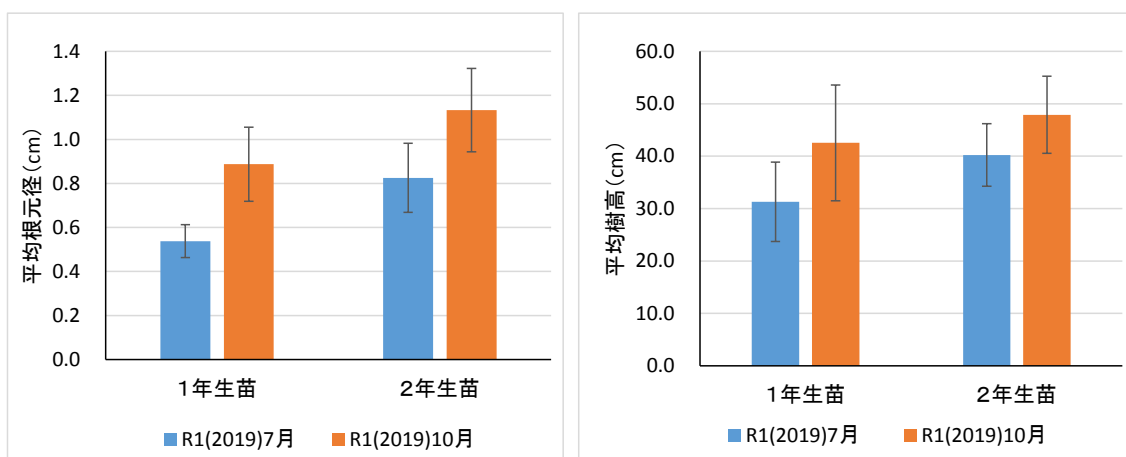


図 6-19 苗齢別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（熊本県水俣市）

（４）ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（令和元（2019）年 7 月 19 日）及び成長休止期前（令和元（2019）年 10 月 13 日）の 2 回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表 6-25、図 6-20）。

ノウサギによる被害率は無処理区で 25%、忌避剤区では 25%であった。忌避剤散布後、新しく伸びた葉に対してはノウサギによる被害が認められ、完全な被害軽減には至らなかった。

なお、単木防護区ではノウサギによる被害を 0%に抑えることができた。

表 6-25 ノウサギ防除処理区別の調査データ（熊本県水俣市）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 7 月 19 日(①)	令和元（2019）年 10 月 13 日(②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ・シカ 被害率(%)
無処理区	平均根元径 (cm)	0.7±0.2	1.0±0.2	0.3	94	25
	平均樹高 (cm)	35.8±8.1	45.4±9.6	9.6		
	平均形状比	53.8±10.8	45.2±8.2	—		
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.7±0.2	0.9±0.2	0.2	93	25
	平均樹高 (cm)	33.3±7.0	43.3±10.3	10.0		
	平均形状比	52.8±13.2	50.1±10.6	—		
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.6±0.2	0.9±0.2	0.3	96	0
	平均樹高 (cm)	34.1±7.6	48.5±8.7	14.4		
	平均形状比	54.2±11.0	53.4±10.5	—		

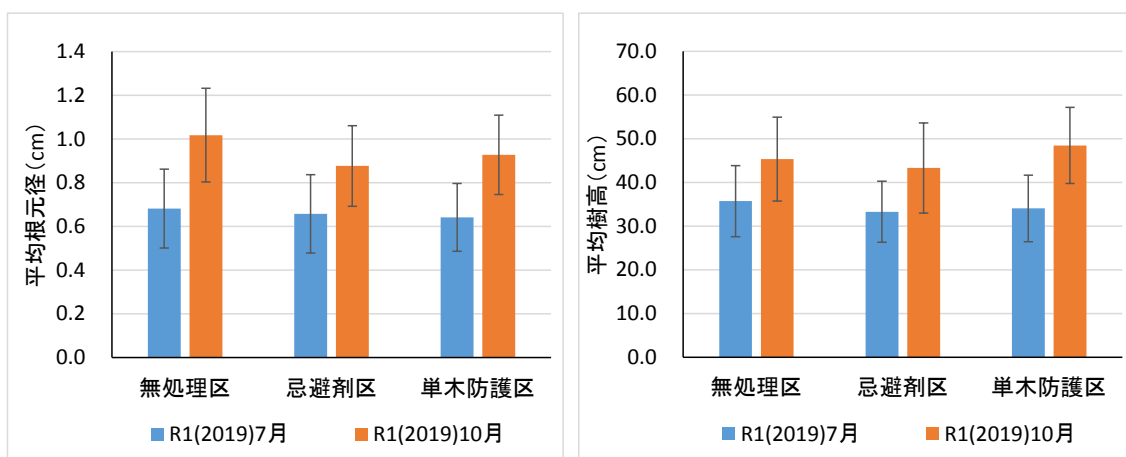


図 6-20 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）
（熊本県水俣市）

（５）植栽作業の人工

各苗齢のプロット内において、植栽時に植栽時間を記録し、苗齢による植栽作業人工数の違いを調査した（表 6-26、図 6-21）。

植栽にかかった人工数は、1年生苗で 4.5 人日/ha、2年生苗で 4.5 人日/ha と、苗齢による違いは見られなかった。

表 6-26 コウヨウザン植栽にかかった人工数（熊本県水俣市）

苗 齢	プロット 面積 (ha)	植栽にかかった人工数 (人日)	ha 当たりの人工数 (人日/ha)
1 年生	0.0523	0.23	4.5
2 年生	0.0523	0.23	4.5

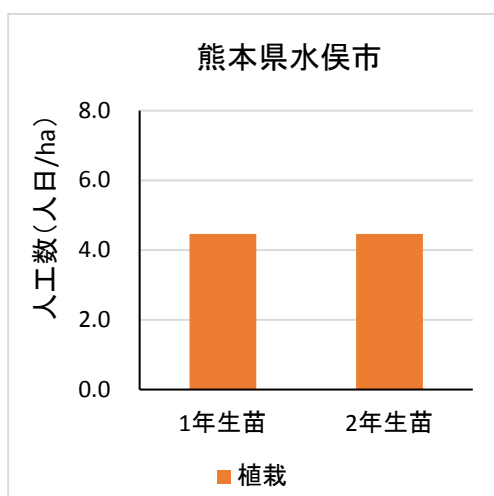


図 6-21 コウヨウザン植栽にかかった人工数（熊本県水俣市）

（６）地拵えから植栽までのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵え、苗木代及び植栽にかかった 1 ha あたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した（表 6-27）。

なお、植栽単価については、前述（５）作業人工における「植栽」の作業人工差（差なし）の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。また、今回植栽したコウヨウザンのコンテナ苗は 1 年生及び 2 年生ともに 100 円/本で調達した。

地拵えから植栽までのコストは、1 年生苗及び 2 年生苗ともに約 36 万円/ha で、1 年生苗と 2 年生苗で植栽人工に差がなかったため、苗齢によるコストの違いはなかった。

表 6-27 地拵え～植栽までにかかったコスト（熊本県水俣市）

項目	1 年生苗木					2 年生苗木				
	量		単価(円)	コスト(円)	備考	量		単価(円)	コスト(円)	備考
地拵え	1	ha	0	0		1	ha	0	0	
苗木	2,100	本	100	210,000		2,100	本	100	210,000	
植栽	2,100	本	72	150,962		2,100	本	72	150,962	
計	1	ha	－	360,962		1	ha	－	360,962	

※本実証植栽地では、本表以外に獣害対策として防護柵を設置した。防護柵は 400m 設置し、454,872 円の費用が発生した。

（参考）

比較のために、熊本県の標準単価表を基にスギ（コンテナ苗）のコストを整理した（表 6-28）。共通仮設費を除いたスギ（コンテナ苗）の標準単価に比べ、本実証植栽地では約 10 万円安くコストを抑えることができた。平坦地で植栽しやすかったことが理由として考えられる。

表 6-28 熊本県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	植栽 (苗木代含む、地拵えなし)	合計	合計 (共通仮設費除く)
	本/ha	円/ha	円	円
スギ(コンテナ苗 150cc)	2,000～2,499 本	495,000	495,000	459,610

(7) 地拵え及び植栽の生産性

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵え及び植栽にかかった人工数及び植栽本数等からそれぞれの生産性を算出した（表 6-29）。

本実証植栽地は既に地拵えが済んでいたため、地拵えのコストはかかっていない。

植栽生産性については 318 本/人日で、林野庁参考値の 278 本/人日（コンテナ苗）*と比較し、生産性は高かった。平坦地で植栽しやすかったことが理由として考えられる。

表 6-29 地拵え及び植栽にかかる生産性（熊本県水俣市）

地域	面積 (ha)	傾斜 (°)	地拵え				
			地拵え総人工数 (人工)		地拵え生産性 (人日/ha)		地拵え 種類
熊本県	0.50	32～35	0		0		—
			植栽				
			植栽総人工数 (人工)	植栽本数 (本)	植栽面積 (ha)	植栽生産性 (本/人日)	植栽器具
			3.3	1,050	0.50	318	唐グワ

（注 1）1 日の作業時間は 7.5 時間で算出

（注 2）作業日報とヒアリングを基に整理

*林野庁整備課「森林環境保全直接支援事業環境林整備事業作業工程表（平成 31（2019）年 3 月）」によると、植穴掘付・植付（コンテナ苗）にかかる人工は、100 本当たり普通作業員 0.36 人としている。これを 1 人当たりに換算すると、278 本/人日（ $\div 100 \text{ 本} / 0.36 \text{ 人}$ ）となる。

（８）ノウサギ防除作業の人工数

コウヨウザンの植栽時、ノウサギ防除試験のため、忌避剤の散布及び単木防護ネットの設置を行った。それらの作業中にそれぞれの作業時間を記録し、ノウサギ防除手法の違いによる作業人工数の違いを調査した（表 6-30、図 6-22）。

防除にかかった人工数は、忌避剤区で 0.6 人日/ha、単木防護区で 16.6 人日/ha であった。単木防護区は忌避剤区に比べ 27.7 倍もの人工数がかかった。

表 6-30 ノウサギ防除にかかった人工数（熊本県水俣市）

防除手法	プロット 面積 (ha)	植栽にかかった人工数 (人日)	ha 当たりの人工数 (人日/ha)
忌避剤	0.0348	0.02	0.6
単木防護	0.0348	0.58	16.6

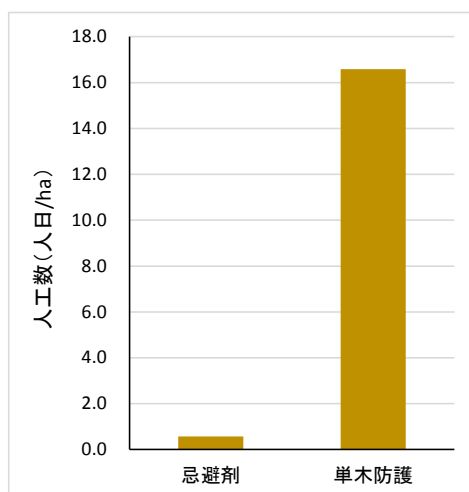


図 6-22 ノウサギ防除にかかった人工数（熊本県水俣市）

（９）ノウサギ防除のコスト

ノウサギ防除に当たり、忌避剤の散布及び単木防護ネットの設置にかかった 1ha あたりのコスト〔税抜き〕を防除手法ごとに整理した（表 6-31）。

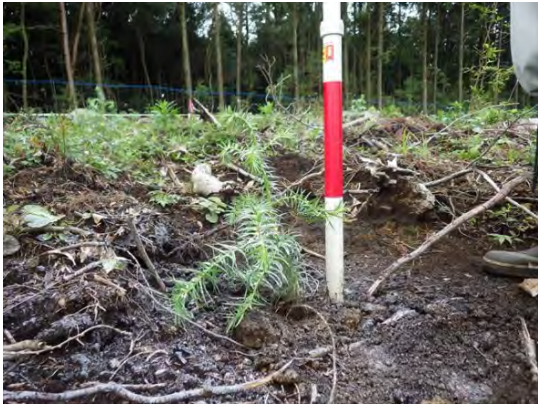
前述のとおり、忌避剤の散布に比べ単木防護ネットの設置で多くの人工がかかっており、単木防護でより多くの人件費がかかった。また、資材費についても、単価の高い単木防護ネットにより多くのコストがかかった。

人件費と資材費を合わせてみると、忌避剤の散布で約 13 万円/ha、単木防護ネットの設置で約 285 万円/ha だった。

表 6-31 ノウサギ防除にかかったコスト（熊本県水俣市）

防除手法	人件費 (円/ha)	資材費 (円/ha)	合計 (円/ha)
忌避剤	53,570	73,200	126,770
単木防護	1,547,575	1,302,000	2,849,575

(10) 現地写真（熊本県水俣市 令和元(2019)年度植栽）

	
実証植栽地全景（植栽前） （令和元(2019)年 7 月）	実証植栽地全景（植栽後） （令和元(2019)年 7 月）
	
忌避剤の散布（令和元(2019)年 7 月）	忌避剤散布区の植栽木 （令和元(2019)年 7 月）
	
単木防護ネットの設置(令和元(2019)年 7 月)	単木防護ネット設置区の植栽木 （令和元(2019)年 7 月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年7月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年7月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



柵沿いに見られたシカ道
（令和元（2019）年10月）



シカによる被害を受けたコウヨウザン
（令和元（2019）年10月）

7. 平成 29（2017）年度及び平成 30（2018）年度コウヨウザン植栽地における現地調査及び下刈り等の実証調査、ノウサギ被害の防除技術の検証

（1）目的

平成 29（2017）年度の実証植栽地 3 箇所（富山県立山町、広島県北広島町、宮崎県宮崎市）及び平成 30（2018）年度の実証植栽地 2 箇所（静岡県小山町、和歌山県上富田町）の合計 5 箇所のコウヨウザン（表 7-1、図 7-1）について、植栽後の生育状況等について調査を行い、得られた結果を評価し、これからの早生樹導入に向けたガイドライン作成に必要な情報を整理する。

表 7-1 平成 29（2017）年度及び平成 30（2018）年度コウヨウザン実証植栽地一覧

No.	植栽年	場所	実施事業体	苗齢 (年生)	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	植栽本数 (本)	備考
1	H29 (2017)	富山県中新川郡 立山町	立山山麓森林組合	1 2	1,600	0.23 0.23	360 360	720 広島県より 苗木を入手
2	"	広島県山県郡 北広島町	安芸北森林組合	1 2	1,500	0.22 0.22	323 323	645 "
3	"	宮崎県宮崎市 高岡町	宮崎地区国有林 事業協同組合	1	1,600	0.25 0.26	400 387	787 "
4	H30 (2018)	静岡県小山町	静東森林経営 協同組合	1 2	1,600	0.25 0.25	400 400	800 "
5	"	和歌山県西牟婁郡 上富田町	株式会社中川	1 2	1,600	0.25 0.25	400 400	800 "

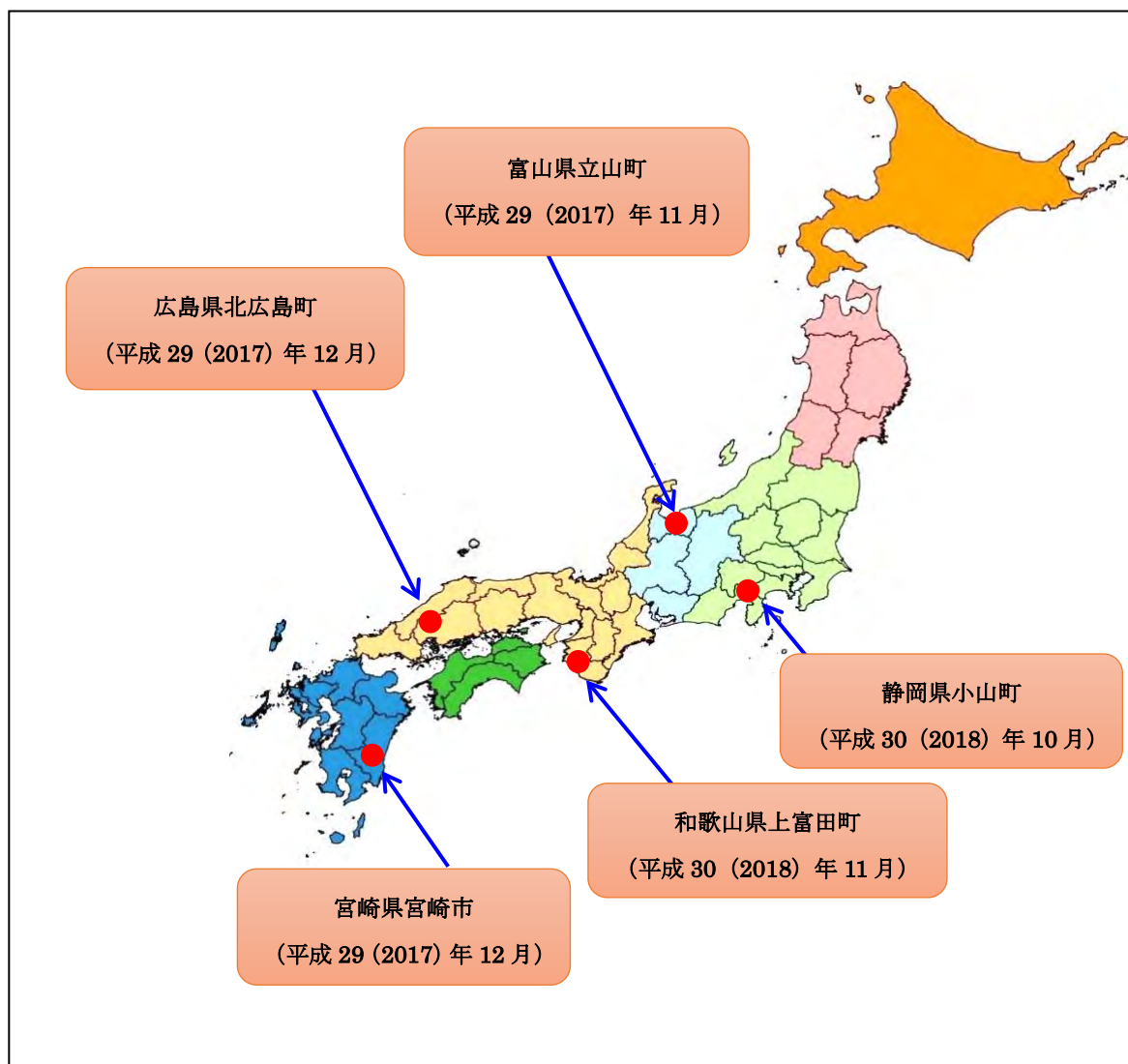


図 7-1 平成 29 (2017) 年度及び平成 30 (2018) 年度コウヨウザン実証植栽地位置
(カッコ内は植栽年月)

(2) 調査項目

① 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

苗齢別の生存率及び成長状況の違いを調査するため、各植栽地において1年生苗と2年生苗の調査プロットを設け、植栽直後、1年後及び2年後に現地調査を行い、根元径及び樹高を計測し、植栽木の状況を記録した。

なお、宮崎県宮崎市では2年生苗が入手できなかったため、1年生苗のみの植栽とし、斜面別の生存率及び成長状況の違いを調査した。

② ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等を調査するため、各植栽地において無処理区（上記①の調査プロットと同様）、忌避剤区、単木防護区を設け、ノウサギ防除直後（7～8月）及び成長休止期前（10月）に現地調査を行い、根元径及び樹高を計測し、苗木の被害状況を記録した。

ノウサギの防除手法は前述3章に記載の令和元（2019）年度の実証植栽地と同様、忌避剤及び単木防護ネットとし、忌避剤としてコニファー水和剤、単木防護ネットとしてジュウガードSを使用した。

なお、ノウサギの被害が見られていない富山県立山町ではノウサギ防除は行っていない。

③ 植栽から下刈りまでの作業人工

植栽時及び下刈り時に無処理区の苗齢ごと作業時間を記録し、苗齢による作業人工数の違いを調査した。なお、下刈りは苗齢の違いによるコストの違いを確実に把握するため、全刈りとした。

④ 地拵えから下刈りまでのコスト

地拵えから下刈りまで、実際にかかったコストを苗齢ごとにまとめ、苗齢によるコストの違いを調査した。なお、植栽及び下刈りコストは、③の結果を基に苗齢別に按分して算出した。

7.1. 富山県 立山町（コウヨウザン）（No. 1）

（1）実証植栽地の概要

富山県立山町の実証植栽地の位置及び植栽地の様子を図 7-2 に示す。

平成 29（2017）年 11 月 18 日、傾斜 13～24° の斜面 0.45ha に、コウヨウザンの裸苗を密度 1,600 本/ha で植栽した（表 7-2）。

なお、前生林は 97 年生のスギで、平成 28（2016）年 4～6 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（4.28ha）の前生林分の蓄積量は 2,387m³（557.6 m³/ha）である。

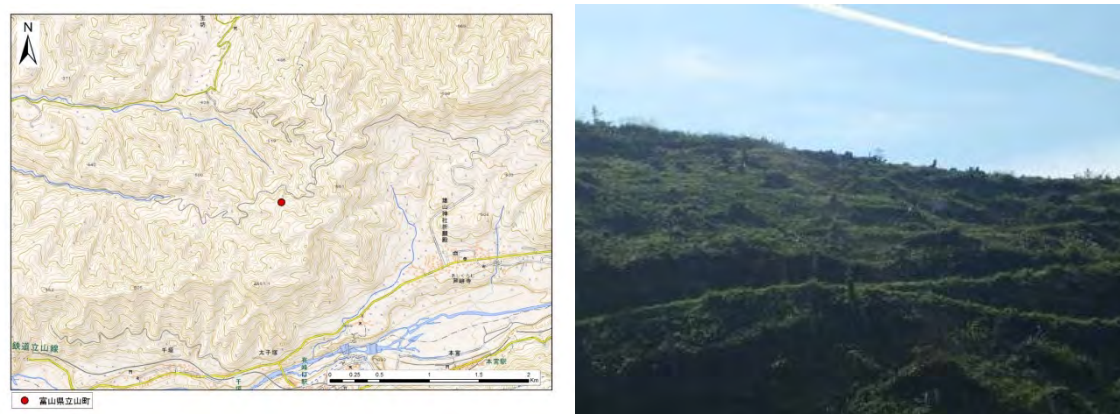


図 7-2 実証植栽地の位置（左）及び植栽地の様子（右）（富山県立山町）

表 7-2 実証植栽地の概要（富山県立山町）

実証植栽地	富山県立山町（県有林）		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生	2 年生	合計
植栽面積	0.23ha	0.23ha	0.45ha
植栽本数	360 本	360 本	720 本
気温/ 降水量	9.8℃（平均気温*） / 2970.0mm（年降水量） （*気象観測所「上市」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1 : 602m / 24° / NE (36° 35.096'、137° 22.645') No.2 : 603m / 13° / NE (36° 35.071'、137° 22.628')		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	富山県		
植栽実施者	立山山麓森林組合		
植栽日	平成 29（2017）年 11 月 18 日		
下刈り実施者	細木建設株式会社		
下刈り日	平成 30（2018）年 8 月 27,28,29 日 令和元（2019）年 8 月 29 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を1年生苗及び2年生苗の植栽区に分け、それぞれの苗齢で1つずつプロットを設定した(図7-3)。

プロットは15.6×17.3m及び17.2×17.3mの長方形で、各プロット36本ずつ、合計72本のコウヨウザンを調査した(表7-3)。

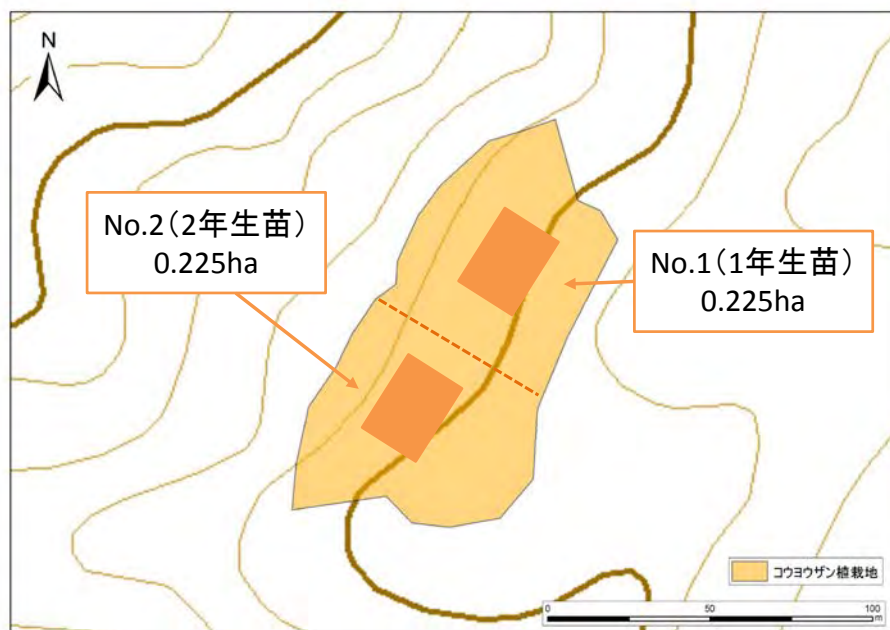


図7-3 調査プロット (富山県立山町)

表7-3 調査プロットの概要 (富山県立山町)

試験処理区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
1年生苗	No.1	15.6×17.3m	36本	
2年生苗	No.2	17.2×17.3m	36本	
合計			72本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

本実証植栽地は平成 29 (2017) 年度、例年になく寒波の影響により多量の積雪が発生したこと等により、実証植栽地内のプロットの設定及びプロット内の植栽木の計測を実施することが不可能であった。そのため、初期調査は平成 30 (2018) 年度の 8 月に実施している。

プロット内の植栽木について、初期調査を平成 30(2018)年 8 月 1 日、追跡調査を植栽から 1 年後 (平成 30(2018)年 11 月 6 日) 及び 2 年後 (令和元(2019)年 10 月 1 日) に行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した (表 7-4、図 7-4,5)。

初期調査では、1 年生苗が平均根元径 $0.3\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $14.6\text{cm} \pm 4.9$ 、2 年生苗がそれぞれ $0.7\text{cm} \pm 0.2$ 、 $41.8\text{cm} \pm 9.4$ だった。植栽から 2 年後の追跡調査では、1 年生苗で平均根元径 + 0.1cm 、平均樹高 + 8.9cm 、2 年生苗でそれぞれ + 0.2cm 、 -15.8cm の成長量を示した。2 年生苗の樹高が低くなっているのは、主軸折れや主軸枯れによるものである。主軸折れは雪圧によって、また主軸枯れは冬の寒害によって引き起こされたものと考えられる (写真 7-1)。

表 7-4 苗齢別の調査データ (富山県立山町)

試験処理区 (苗齢)	測定項目	平成 30(2018) 年 8 月 1 日 (①)	平成 30(2018) 年 11 月 6 日	令和元(2019) 年 10 月 1 日 (②)	成長量 ②－①	生存率 (%)
1 年生苗	平均根元径(cm)	0.3 ± 0.1	0.4 ± 0.1	0.4 ± 0.2	0.1	64
	平均樹高(cm)	14.6 ± 4.9	20.8 ± 3.7	23.5 ± 8.6	8.9	
	平均形状比	50.4 ± 24.5	60.1 ± 13.7	56.8 ± 22.1	—	
2 年生苗	平均根元径(cm)	0.7 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.9 ± 0.3	0.2	78
	平均樹高(cm)	41.8 ± 9.4	33.5 ± 13.5	26.0 ± 10.7	-15.8	
	平均形状比	63.2 ± 25.8	40.7 ± 14.7	33.4 ± 18.7	—	



写真 7-1 斜面の下に向かって苗木がめくれるように主軸折れしたコウヨウザン

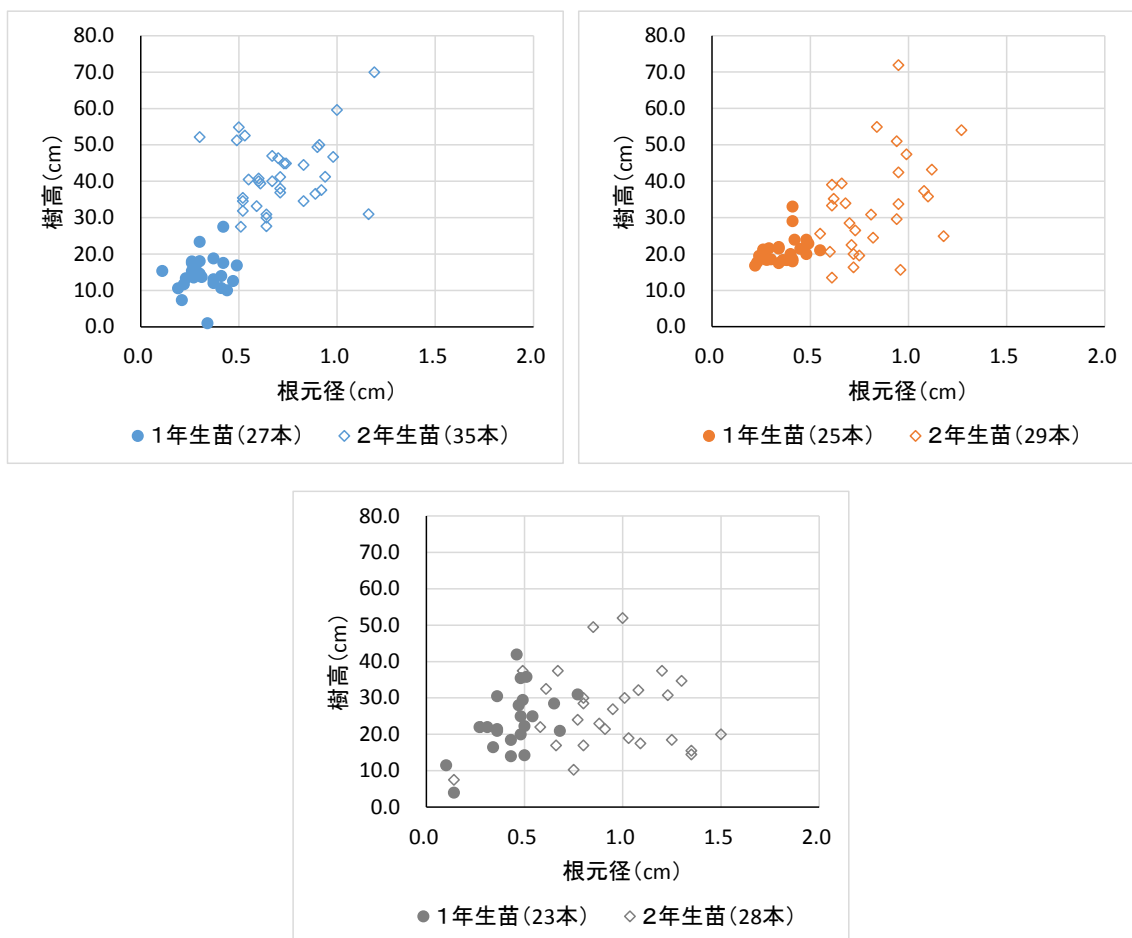


図 7-4 苗齢別コウヨウザンの形状（富山県立山町）

（左上：平成 30（2018）年 8 月 1 日、右上：平成 30（2018）年 11 月 6 日、
下：令和元（2019）年 10 月 1 日）

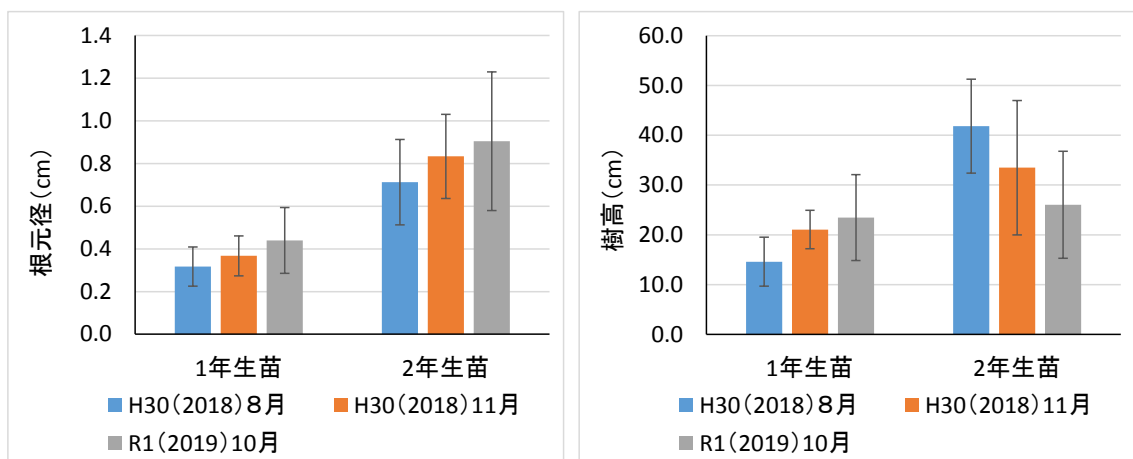


図 7-5 苗齢別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（富山県立山町）

(4) 植栽から2年目の下刈りまでの作業人工

各苗齢のプロット内において、植栽、下刈り及び根踏みにかかった時間を記録し、苗齢による植栽から2年目の下刈りまでにかかる作業人工数の違いを調査した（表 7-5、図 7-6）。なお、富山県では植栽時に割竹を設置しているが、1年で風化し、倒れているものや消失しているものもあり、翌年の根踏み時に割竹を再度設置した上で、下刈りを行っている。根踏みとは、傾いた苗木を起こしたり、植栽木の周囲を踏んで根の土壌部分を固めたりする作業のことで、根の浮き上がりや苗木の枯死を防ぐために行う作業のことである。

植栽から2年目の下刈りまでにかかった人工数は、1年生苗で 11.3 人日/ha、2年生苗で 9.9 人日/ha と、1年生苗で 1.4 人日/ha 多くかかった。

差が大きく表れたのは根踏みにかかった人工で、1年生苗で 2.1 人日/ha、2年生苗で 1.3 人日/ha と、0.8 人日の差があった。これは、1年生苗の方が苗木のサイズが小さく、植栽木を見つけるのに時間がかかったことためであると思われる。

また、下刈りについては、1年目は1年生苗の方が多くかかったものの、2年目は2年生苗の方が多くかかっており、合計すると、1年生苗で 5.3 人日/ha、2年生苗で 4.7 人日/ha と大きな違いはなく、下刈りの人工数については苗齢より大きな差異はなかった。

表 7-5 植栽から2年目の下刈りまでにかかった人工数（富山県立山町）

苗 齢	植栽年	1 年 目		2 年 目	合計人工数 (人日/ha)
	植栽 (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	根踏み (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	
1 年生	3.8	3.5	2.1	1.8	11.3
2 年生	3.9	2.5	1.3	2.2	9.9

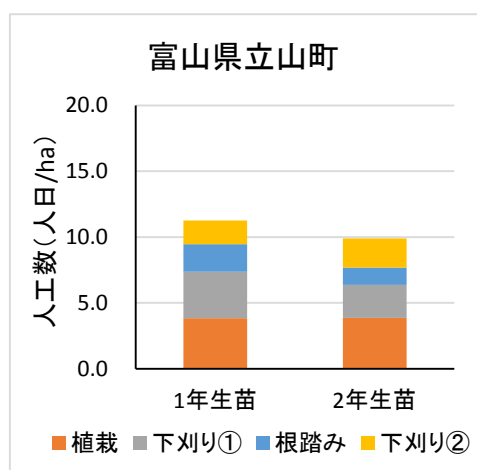


図 7-6 植栽から2年目の下刈りまでにかかった人工数（富山県立山町）

（５）地拵えから２年目の下刈りまでのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵えから２年目の下刈りまでにかかった１haあたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した（表 7-6）。

なお、植栽単価については、前述（５）作業人工における「植栽」の作業人工差の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。

地拵えから２年目の下刈りまでにかかったコストは、１年生苗で約 133 万円/ha、２年生苗で約 136 万円/ha と、苗齢による大きな違いは出なかった。

また、比較のために表右に富山県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約 128 万円/ha である。

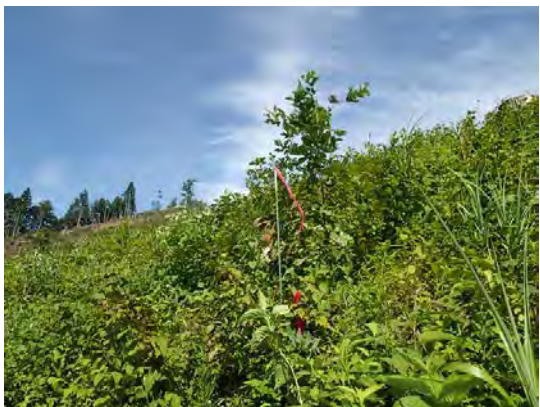
表 7-6 植栽から２年目の下刈りまでにかかったコスト（富山県立山町）

年	項目	１年生苗 （円／ha）	２年生苗 （円／ha）	備考	富山県標準単価*	
						共通仮設費除く
植栽年	地拵え	400,000	400,000	地拵えは人力	403,082	374,960
	苗木	123,200	265,600	１年生苗 77 円、２年生苗 166 円	346,188	322,035
	植栽	179,156	180,844			
１年後	根踏み	169,196	107,140		152,939	142,269
	下刈り	300,117	210,504	下刈りは人力及び機械	234,500	218,140
２年後	下刈り	158,732	195,399	下刈りは人力及び機械	234,500	218,140
合計		1,330,401	1,359,487		1,371,209	1,275,543

*富山県森林整備事業の標準単価（スギ 1,500 本/ha）

(6) 現地写真(富山県立山町 平成 29 (2017) 年度植栽)

	
実証植栽地全景 (下刈り前) (令和元(2019)年 8 月)	実証植栽地全景 (下刈り後) (令和元(2019)年 8 月)

	
1 年生苗のプロット (平成 30(2018)年 8 月)	1 年生苗のプロット (平成 30(2018)年 11 月)

	
1 年生苗のプロット (令和元(2019)年 9 月)	2 年生苗のプロット (平成 30(2018)年 8 月)



2年生苗のプロット（平成30(2018)年11月）



2年生苗のプロット（令和元(2019)年9月）



1年生苗（令和元(2019)年9月）



2年生苗（令和元(2019)年9月）



主軸折れの様子①
（令和元(2019)年9月）



主軸折れの様子②
（令和元(2019)年9月）

7.2. 広島県 北広島町（コウヨウザン）（No.2）

（1）実証植栽地の概要

広島県北広島町の実証植栽地の位置及び植栽地の様子を図 7-7 に示す。

平成 29（2017）年 12 月 11 日、傾斜 20～27° の南東斜面 0.43ha に、コウヨウザンの裸苗を密度 1,500 本/ha で植栽した（表 7-7）。また、植栽から 2 年目の令和元（2019）年 7 月 23,26 日にノウサギ防除を実施した。

なお、前生林は 72 年生の広葉樹（一部スギ）で、平成 29（2017）年 3 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（約 0.5ha）の前生林分の蓄積量は約 150m³（300 m³/ha）である。



図 7-7 実証植栽地の位置（左）及び植栽地の様子（右）（広島県北広島町）

表 7-7 実証植栽地の概要（広島県北広島町）

実証植栽地	広島県山県郡北広島町志路原		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,500 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生	2 年生	合計
植栽面積	0.22ha	0.22ha	0.43ha
植栽本数	323 本	323 本	645 本
気温/ 降水量	11.4℃*（平均気温） / 1798.7mm（年降水量） / 325cm（年降雪量） （*気象観測所「大朝」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1 : 442m / 27° /SE (34° 54.044'、133° 00.749') No.2 : 452m / 20° /SE (34° 42.854'、132° 26.129')		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	個人		
植栽実施者	安芸北森林組合		
植栽日	平成 29（2017）年 12 月 11 日		
下刈り実施者	安芸北森林組合		
下刈り日	平成 30（2018）年 9 月 6, 8 日・令和元（2019）年 7 月 18 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 7 月 23,26 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を二つに分け、1年生苗及び2年生苗を植栽後、各苗齢にそれぞれ3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）を設け、プロットを設定した（図 7-8）。

植栽後に設けたプロットは無処理区とし、忌避剤区及び単木防護区は植栽から2年後に新たに設定したプロットとした。このため、プロット形は様々であるが、概ね 200 m²以上の長方形で、各プロット 33 本以上、合計 211 本のコウヨウザンを調査した（表 7-8）

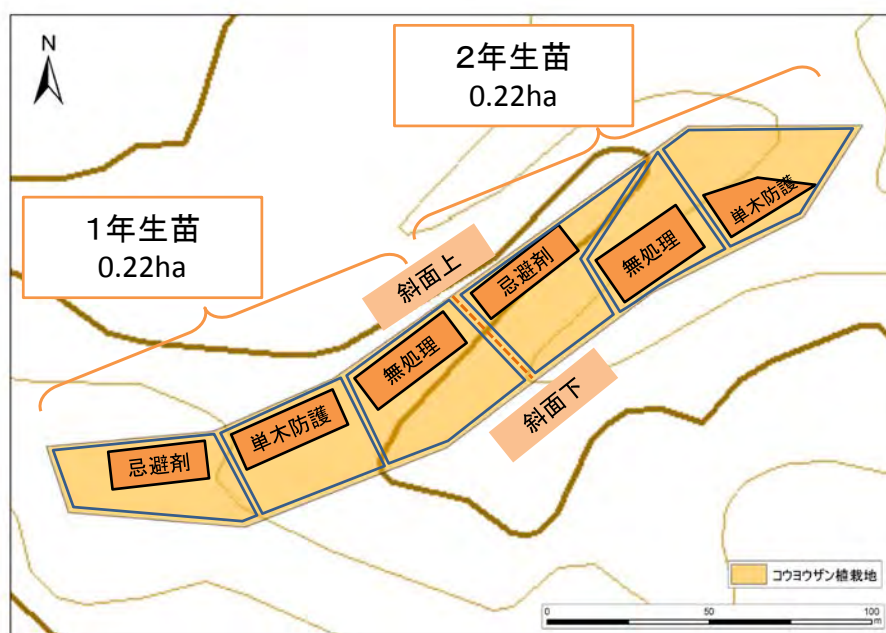


図 7-8 斜面上に設定した調査プロット（広島県北広島町）

表 7-8 調査プロットの概要（広島県北広島町）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
1 年生苗	無処理区	11.1×22.4m	38 本	
	忌避剤区	21.6×8.4m	33 本	
	単木防護区	27.7×6.6m	34 本	
2 年生苗	無処理区	10.9×24.4m	38 本	
	忌避剤区	28.6×7.3m	34 本	
	単木防護区	22.2×10.3m	34 本	
合計			211 本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 29（2017）年 12 月 18 日）、1 年後（平成 30（2018）年 11 月 2 日）及び 2 年後（令和元（2019）年 10 月 25 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表 7-9）。

植栽直後、1 年生苗が平均根元径 $0.4\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $13.1\text{cm} \pm 4.8$ 、2 年生苗がそれぞれ $0.8\text{cm} \pm 0.1$ 、 $41.3\text{cm} \pm 11.4$ だった。植栽から 1 年後の追跡調査では、2 年生苗で平均樹高 $33.0\text{cm} \pm 18.4$ と、主軸枯れによって低くなったものの、2 年後の追跡調査では、 $51.6\text{cm} \pm 21.8$ と、萌芽再生枝が伸び、植栽年よりも高くなっていた（図 7-9,10）。

生存率は 1 年生苗で 97%、2 年生苗で 92%と、苗齢による有意差は認められなかった。

また、ノウサギ被害率は 1 年生苗、2 年生苗ともに 100%であったが、生存率は両苗齢とも 90%以上であり、ノウサギによる食害が枯死に直結することは少なく、萌芽により再生していた（写真 7-2）。

表 7-9 苗齢別の調査データ（広島県北広島町）

試験処理区（苗齢）	測定項目	H29(2017) 12 月 18 日 (①)	H30(2018) 11 月 2 日	R 元(2019) 10 月 25 日 (②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ 被害率 (%)
1 年生苗	平均根元径(cm)	0.4 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.8 ± 0.2	0.5	97	100
	平均樹高(cm)	13.1 ± 4.8	18.3 ± 11.3	36.2 ± 20.7	23.2		
	平均形状比	37 ± 11	31.3 ± 12.1	42.1 ± 17.7	—		
2 年生苗	平均根元径(cm)	0.8 ± 0.1	0.9 ± 0.2	1.3 ± 0.4	0.5	92	100
	平均樹高(cm)	41.3 ± 11.4	33.0 ± 18.4	51.6 ± 21.8	10.3		
	平均形状比	52 ± 9	35.5 ± 15.2	41.0 ± 13.5	—		



写真 7-2 主軸切断の被害を受けたが(左)、萌芽再生枝が伸び回復したコウヨウザン(右)

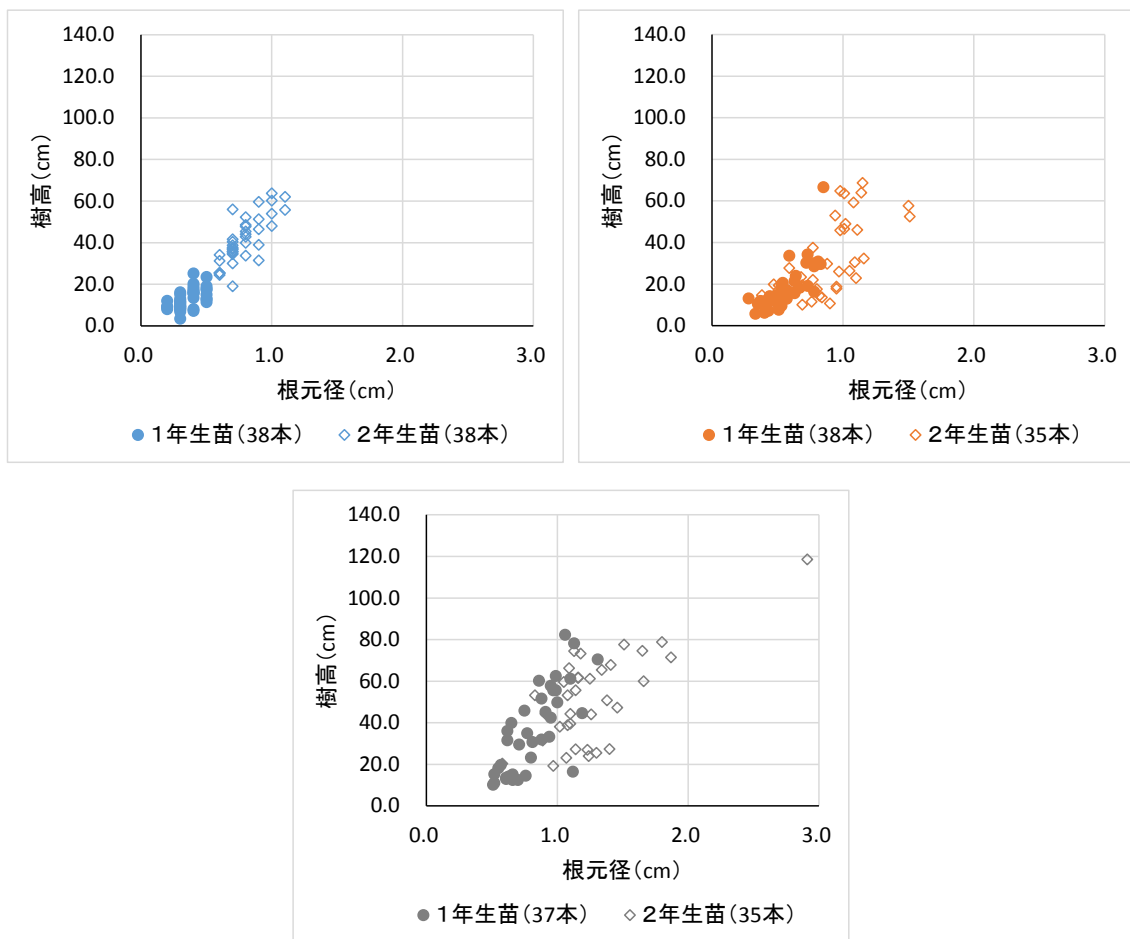


図 7-9 苗齢別コウヨウザンの形状（広島県北広島町）
 （左上：平成 29（2017）年 12 月 18 日、右上：平成 30（2018）年 11 月 2 日、
 下：令和元（2019）年 10 月 25 日）

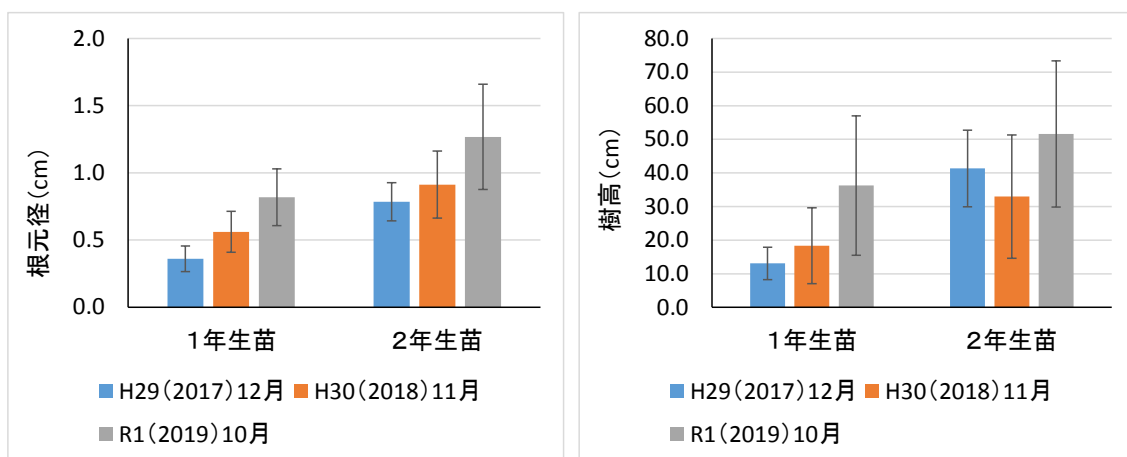


図 7-10 苗齢別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（広島県北広島町）

(4) ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、ノウサギ防除直後（令和元（2019）年7月18日、8月1、2日）及び成長休止期前（令和元（2019）年10月25日）の2回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表7-10、図7-11）。

ノウサギ防除を行った7月下旬から10月下旬までの約3ヶ月の間に発生したノウサギによる被害率は無処理区で97%、忌避剤区で83%だった。忌避剤散布後、新しく伸びた葉に対してはノウサギによる被害が認められ、完全な被害軽減には至らなかった。

また、主軸被害率についても、それぞれ50%、41%と、無処理区と忌避剤区の間で有意差は認められなかった。

なお、単木防護区ではノウサギによる被害を0%に抑えることができた。

表7-10 ノウサギ防除処理区別の調査データ（広島県北広島町）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 7月18日 8月1、2日 (①)	令和元（2019）年 10月25日 (②)	成長量 ②－①	ノウサギ被害率 (%)	
					全体	主軸被害
無処理区	平均根元径 (cm)	0.9±0.3	1.0±0.4	0.2	97	50
	平均樹高 (cm)	30.2±14.7	43.7±22.5	13.5		
	平均形状比	34.7±9.8	41.6±15.7	—		
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.7±0.4	0.9±0.4	0.1	83	41
	平均樹高 (cm)	31.8±26.7	39.7±30.6	7.8		
	平均形状比	40.4±19.3	41.6±19.4	—		
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.7±0.3	0.9±0.4	0.2	0	0
	平均樹高 (cm)	26.9±19.9	45.3±27.8	18.5		
	平均形状比	34.4±15.3	49.4±19.7	—		

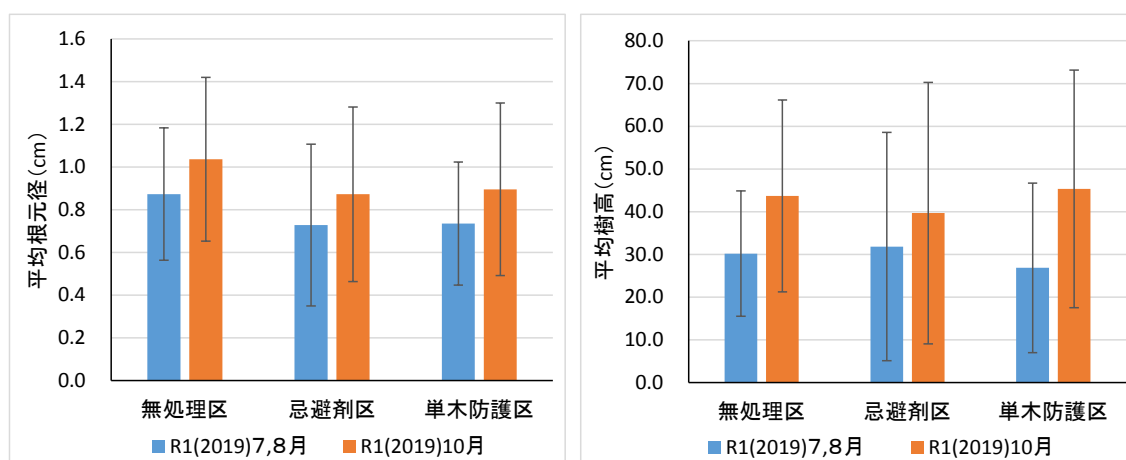


図7-11 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（広島県北広島町）

（５）植栽から２年目の下刈りまでの作業人工

各苗齢のプロット内において、植栽、下刈り及び印付けにかかった時間を記録し、苗齢による植栽から２年目の下刈りまでにかかる作業人工数の違いを調査した（表 7-11、図 7-12）。なお、広島県では、サイズが小さく見つけづらい１年生苗にのみ、下刈り時に誤伐防止のために印付けを行い、植栽木にピンクテープを付ける作業を行った。

植栽から２年目の下刈りまでにかかった人工数は、１年生苗で 18.9 人日/ha、２年生苗で 15.2 人日/ha と、１年生苗で 3.7 人日/ha 多くかかった。

この差は、１年生苗でのみ行った印付け 3.6 人日/ha に起因している。

表 7-11 植栽から２年目の下刈りまでにかかった人工数（広島県北広島町）

苗 齢	植栽年	１ 年 目		２ 年 目	合計人工数 (人日/ha)
	植栽 (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	印付け (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	
１ 年 生	2.8	6.4	3.6	6.0	18.9
２ 年 生	3.1	5.8	0.0	6.3	15.2

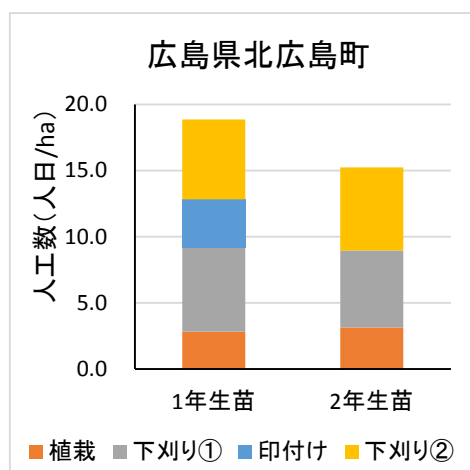


図 7-12 植栽から２年目の下刈りまでにかかった人工数（広島県北広島町）

（６）地拵えから２年目の下刈りまでのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵えから２年目の下刈りまでにかかった１haあたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した（表 7-12）。

なお、植栽単価については、前述（５）作業人工における「植栽」の作業人工差の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。

苗木代の単価が、１年生苗よりも２年生苗で 89（円/本）高く、植栽までは２年生苗の方が多くのコストがかかっていた。一方、２年生苗に比べ１年生苗が小さく、下刈りの際に誤伐防止のための印付けを行った分、多くのコストがかかっていた。

合計を見てみると１年生苗で約 80 万円/ha、２年生苗で約 77 万円/ha と、苗齢の違いによるコストに大きな差異はなかった。

また、比較のために表右に広島県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は１年生苗で約 79 万円/ha、２年生苗で約 91 万円/ha である。本実証植栽地は伐採時に概ね整地されており、部分的な地拵えで済んだことから、２年生苗にかかるコストは標準単価より安価に抑えられていた。一方、１年生苗は印付けを行ったことから、標準単価とほぼ同等程度となった。

表 7-12 植栽から２年目の下刈りまでにかかったコスト（広島県北広島町）

年	項目	１年生苗 (円/ha)	２年生苗 (円/ha)	備考	広島県標準単価*			
					１年生苗		２年生苗	
						共通仮設 費除く		共通仮設 費除く
植栽年	地拵え	57,813	57,813	地拵えは人力 (刈払いのみ)	329,000	306,047	329,000	306,047
	苗木	115,500	249,000	１年生苗 77 円 ２年生苗 166 円	269,000	250,233	395,000	367,442
	植栽	137,600	164,800					
１年後	印付け	176,364	0		—	—	—	—
	下刈り	161,090	147,282	下刈りは人力及び機械	125,000	116,279	125,000	116,279
２年後	下刈り	149,831	155,594	下刈りは人力及び機械	125,000	116,279	125,000	116,279
合計		798,198	774,488		848,000	788,837	974,000	906,047

*広島県森林整備事業の標準単価（コウヨウザン 1,500 本/ha）

(7) 現地写真 (広島県北広島町 平成 29 (2017) 年度植栽)

	
実証植栽地全景 (下刈り前) (令和元 (2019)年 7 月)	実証植栽地全景 (下刈り後) (令和元 (2019)年 7 月)
	
忌避剤の散布 (令和元 (2019)年 7 月)	忌避剤散布区の植栽木 (令和元 (2019)年 7 月)
	
単木防護ネットの設置 (令和元 (2019)年 7 月)	単木防護ネット設置区の植栽木 (令和元 (2019)年 7 月)



1年生苗の様子（令和元（2019）年8月）



1年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



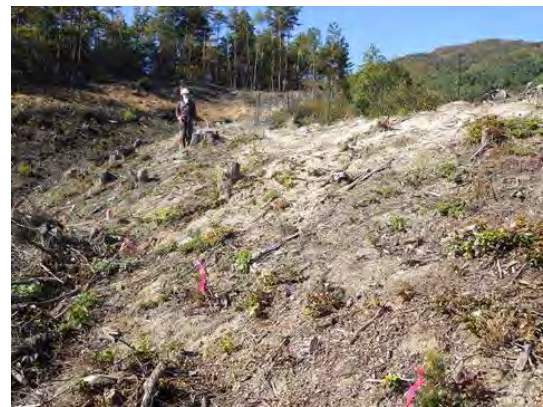
2年生苗の様子（令和元（2019）年8月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



1年生苗・無処理区（平成29(2017)年12月）



1年生苗・無処理区（平成30(2018)年11月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・無処理区（平成29(2017)年12月）



2年生苗・無処理区（平成30(2018)年11月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年8月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年8月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年8月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年6月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



植栽地内で見られたノウサギの糞
（令和元（2019）年10月）



ノウサギによる被害を受け盆栽状になった
コウヨウザン（令和元（2019）年10月）



主軸及び側枝がノウサギによる被害を受けて
いるものの萌芽再生枝が伸び回復してきてい
るコウヨウザン（令和元（2019）年10月）



左写真の側枝の様子
（令和元（2019）年10月）

7.3. 宮崎県 宮崎市（コウヨウザン）（No.3）

（1）実証植栽地の概要

宮崎県宮崎市の実証植栽地の位置及び植栽地の様子を図 7-13 に示す。

平成 29（2017）年 12 月 12 日、傾斜 27～34° の斜面 0.51ha に、コウヨウザンの裸苗を密度 1,600 本/ha で植栽した（表 7-13）。また、植栽から 2 年目の令和元（2019）年 7 月 24～27 日にノウサギ防除を実施した。

なお、前生林は 66 年生のスギ、一部ヒノキ、広葉樹で、平成 28（2016）年 10 月～平成 29（2017）年 3 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（4.45ha）の前生林分の蓄積量は 2,880m³（647.2m³/ha）である。

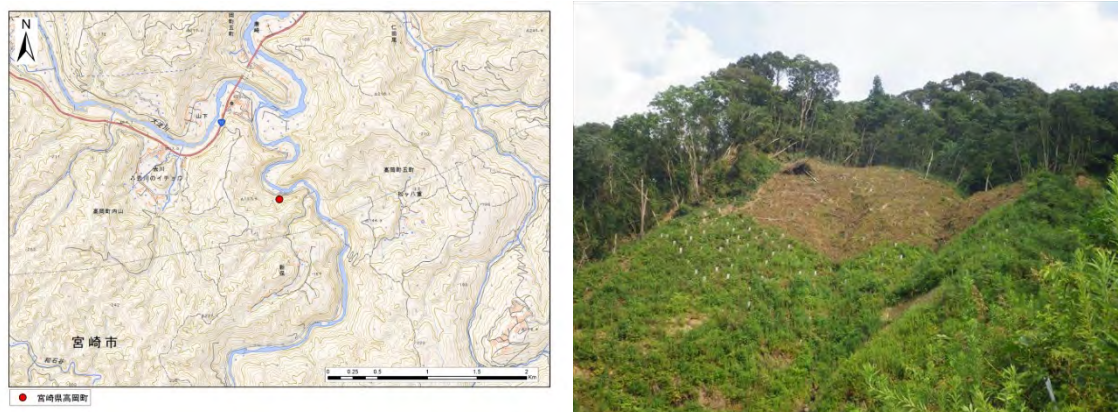


図 7-13 実証植栽地の位置（左）及び植栽地の様子（右）（宮崎県宮崎市）

表 7-13 実証植栽地の概要（宮崎県宮崎市）

実証植栽地	宮崎県宮崎市高岡町（国有林）		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理（斜面位置）	斜面中部	斜面上部	合計
植栽面積	0.25ha	0.26ha	0.51ha
植栽本数	400 本	387 本	787 本
気温/ 降水量	16.9℃*（平均気温） / 2508.5mm（年降水量） （*気象観測所「宮崎市」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1： 70m / 34° / NE（31° 54.761′、131° 14.292′） No.2： 103m / 27° / WNW（31° 54.723′、131° 14.357′）		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	九州森林管理局		
植栽実施者	宮崎地区国有林事業協同組合		
植栽日	平成 29（2017）年 12 月 12 日		
下刈り実施者	宮崎地区国有林事業協同組合		
下刈り日	平成 30（2018）年 8 月 22,23 日・令和元（2019）年 7 月 23～26 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 7 月 24～27 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を斜面上部と斜面中部の二つに分け、1年生苗を植栽後、各斜面にそれぞれ3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）を設け、プロットを設定した（図 7-14）。

植栽後に設けたプロットは無処理区とし、忌避剤区及び単木防護区は植栽から2年後に新たに設定したプロットとした。このため、プロット形は様々であるが、概ね 200 m²以上とし、各プロット 14 本以上、合計 136 本のコウヨウザンを調査した（表 7-14）。

なお、本実証植栽地は、センダン実証植栽地と隣接している（P34 参照）。

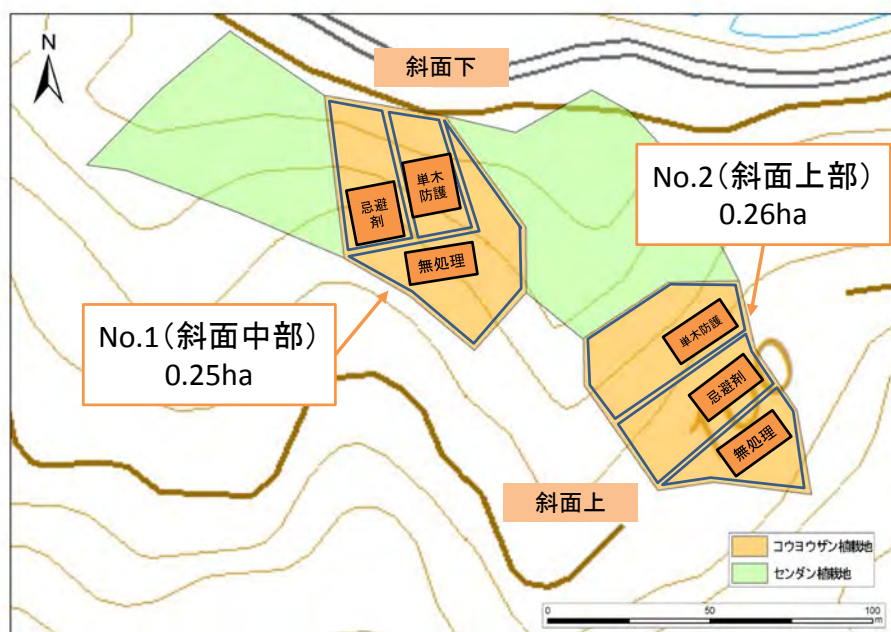


図 7-14 設定した調査プロット（宮崎県宮崎市）

表 7-14 調査プロットの概要（宮崎県宮崎市）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
斜面中部	無処理区	10.9×24.4m	36 本	
	忌避剤区	8.2×21.5m	17 本	
	単木防護区	6.6×27.6m	15 本	
斜面上部	無処理区	11.1×22.4m	37 本	
	忌避剤区	7.3×28.6m	17 本	
	単木防護区	10.3×22.2m	14 本	
合計			136 本	

(3) 斜面別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 29（2017）年 12 月 28 日）、1 年後（平成 30（2018）年 10 月 22 日）及び 2 年後（令和元（2019）年 10 月 21,22 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表 7-15）。

植栽直後、斜面中部が平均根元径 $0.5\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $19.5\text{cm} \pm 3.8$ 、斜面上部がそれぞれ $0.5\text{cm} \pm 0.1$ 、 $21.8\text{cm} \pm 3.1$ だった。植栽から 2 年後の追跡調査では、斜面中部で平均根元径 $0.6\text{cm} \pm 0.2$ 、平均樹高 22.9 ± 12.3 、それぞれ 0.4 ± 0.2 、 28.1 ± 13.0 と斜面上部で樹高が高くなっていた（図 7-15,16）。

1 年後の追跡調査では、斜面中部及び上部の両箇所でもノウサギによる被害が見られたものの、2 年後の追跡調査では、斜面上部でノウサギによる被害がほとんど見られなく、樹高が高くなったものと思われる。なお、平均根元径が小さくなっているのは、ノウサギによる被害を受けた個体の萌芽再生枝が主軸化したこと等によって主軸根元径の測定位置が変わったことによるものである。

生存率は斜面中部で 97%、斜面上部で 70%と、斜面上部で有意に低かった（カイ二乗検定： $P < 0.05$ ）。

また、ノウサギ被害率は 1 年生苗、2 年生苗ともに 100%であったが、生存率は 70%以上であり、ノウサギによる食害が枯死に直結することは少なく、萌芽により再生していた。

表 7-15 斜面別の調査データ（宮崎県宮崎市）

試験処理区（立地）	測定項目	H29(2017) 12 月 28 日 (①)	H30(2018) 10 月 22 日	R 元(2019) 10 月 21,22 日 (②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ 被害率
1 年生苗 斜面中部	平均根元径 (cm)	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.6 ± 0.2	0.1	97	100
	平均樹高 (cm)	19.5 ± 3.8	23.9 ± 15.0	22.9 ± 12.3	3.4		
	平均形状比	40.2 ± 10.6	41.2 ± 22.3	40.9 ± 22.2	—		
1 年生苗 斜面上部	平均根元径 (cm)	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.2	0.4 ± 0.2	-0.1	70	100
	平均樹高 (cm)	21.8 ± 3.1	10.7 ± 3.5	28.1 ± 13.0	6.3		
	平均形状比	43.6 ± 7.7	18.4 ± 7.0	68.3 ± 29.2	—		

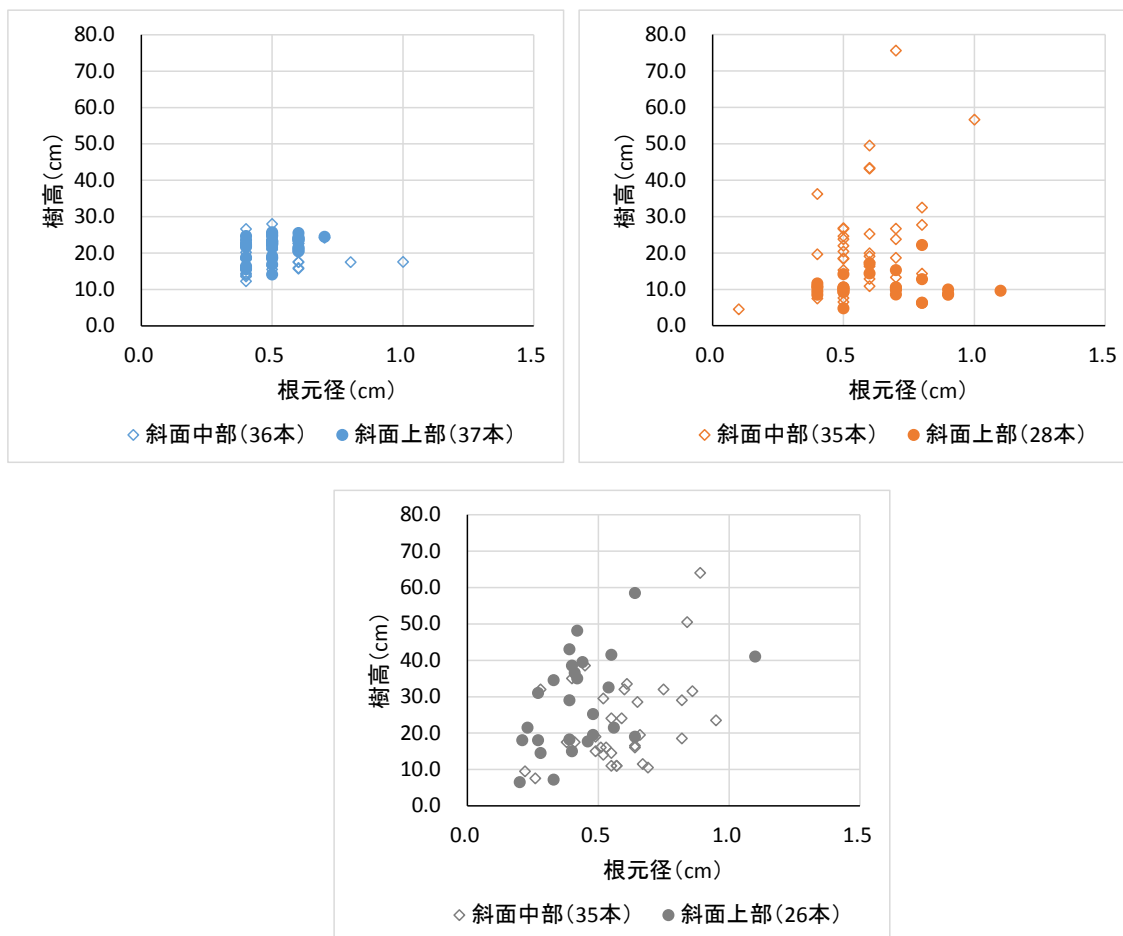


図 7-15 斜面別コウヨウザンの形状（宮崎県宮崎市）
 （左上：平成 29（2017）年 12 月 28 日、右上：平成 30（2018）年 10 月 22 日、
 下：令和元（2019）年 10 月 21,22 日）

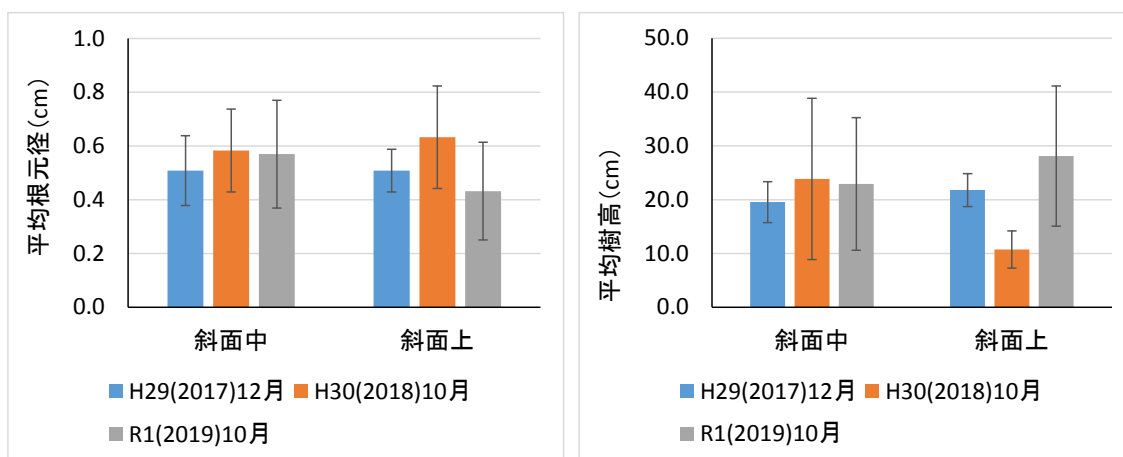


図 7-16 斜面別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（宮崎県宮崎市）

(4) ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、ノウサギ防除直後（令和元（2019）年 7 月 23,24,30,31 日）及び成長休止期前（令和元（2019）年 10 月 21,22 日）の 2 回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表 7-16、図 7-17）。

ノウサギ防除を行った 7 月下旬から 10 月下旬までの約 3 ヶ月の間に発生したノウサギによる被害率は無処理区で 42%、忌避剤区で 31%だった。忌避剤を散布後、新しく伸びた葉はノウサギによる被害を受け、忌避剤区において被害軽減には至らなかった。

なお、単木防護区ではノウサギによる被害を 0%に抑えることができていた。

表 7-16 ノウサギ防除処理区別の調査データ（宮崎県宮崎市）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 7 月 23,24,30,31 日 (①)	令和元（2019）年 10 月 21,22 日 (②)	成長量 ②－①	ノウサギ被害率 (%)
無処理区	平均根元径 (cm)	0.4±0.2	0.5±0.2	0.1	42
	平均樹高 (cm)	20.9±9.9	25.2±12.8	4.2	
	平均形状比	50.0±22.8	52.8±28.7	—	
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.4±0.2	0.5±0.2	0.1	31
	平均樹高 (cm)	24.6±19.8	34.3±24.5	9.8	
	平均形状比	58.6±29.2	64.0±27.6	—	
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.4±0.2	0.5±0.2	0.1	0
	平均樹高 (cm)	21.9±9.8	30.8±16.4	8.9	
	平均形状比	63.6±25.1	68.0±21.8	—	

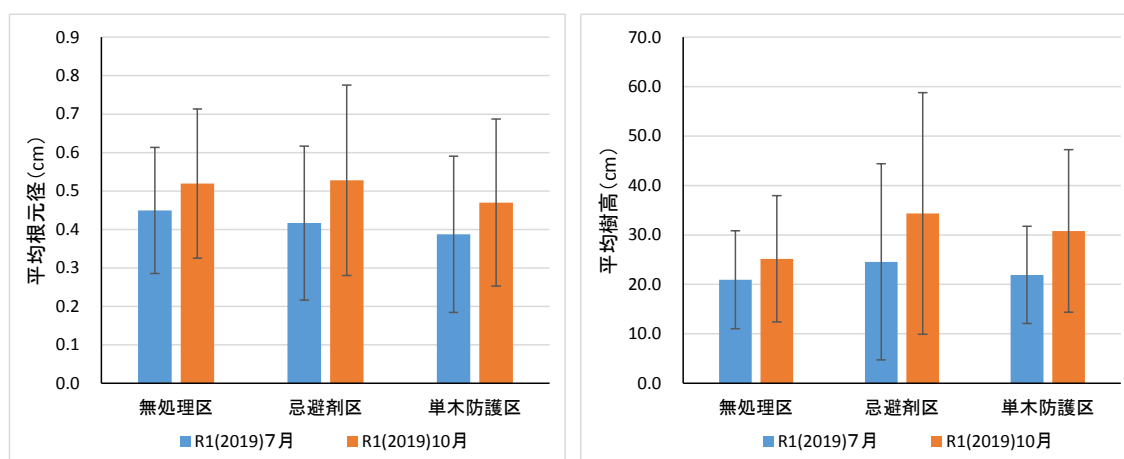


図 7-17 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（宮崎県宮崎市）

(5) 植栽から2年目の下刈りまでの作業人工

プロット内において、植栽及び下刈りにかかった時間を記録し、植栽から2年目の下刈りまでにかかる作業人工数を調査した（表 7-17）。宮崎県宮崎市の実証植栽地は1年生のみの植栽で、苗齢による作業人工数の違いは調査できていないため、参考までに1年生苗についてのみ調査結果を示す。

植栽から2年目の下刈りまでにかかった人工数は19.2人日/haだった。

表 7-17 植栽から2年目の下刈りまでにかかった人工数（宮崎県宮崎市）

苗 齢	植栽年	1 年 目	2 年 目	合計人工数 (人日/ha)
	植栽 (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	
1 年生	6.5	5.5	7.2	19.2
2 年生	(植栽なし)			

(6) 地拵えから2年目の下刈りまでのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵えから2年目の下刈りまでにかかった1haあたりのコスト〔税抜き〕を整理した（表 7-18）。

地拵えから2年目の下刈りまでにかかったコストは、1年生苗で約58万円/haだった。

比較のために表右に宮崎県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約72万円/haである。本実証植栽地は地拵え時、枝条が概ね整理されており、また、雑草木の侵入も少なく、地拵えにそれほど費用がかからなかったことから、コストは標準単価より安価に抑えられていた。

表 7-18 植栽から1年目の下刈りまでにかかったコスト（宮崎県宮崎市）

年	項目	1年生苗 (円/ha)	2年生苗 (円/ha)	備考	宮崎県標準単価*	
						共通仮設費除く
植栽年	地拵え	83,800	—	地拵えは人力	279,000	259,535
	苗木	123,200	—	1年生苗 77 円	240,000	223,256
	植栽	118,400	—			
1年後	下刈り	118,333	—	下刈りは機械	129,000	120,000
2年後	下刈り	132,706	—	下刈りは機械	129,000	120,000
合計		576,439	—		777,000	722,791

*宮崎県森林整備事業の標準単価（スギ 1,500 本/ha）

(7) 現地写真(宮崎県宮崎市 平成 29 (2017) 年度植栽)

	
実証植栽地 (下刈り前) (令和元(2019)年 7 月)	実証植栽地 (下刈り後) (令和元(2019)年 7 月)

	
忌避剤の散布 (令和元(2019)年 7 月)	忌避剤散布区の植栽木 (令和元(2019)年 7 月)

	
単木防護ネットの設置 (令和元(2019)年 7 月)	単木防護ネット設置区の植栽木 (令和元(2019)年 7 月)



斜面中部・苗の様子（令和元（2019）年 7 月）



斜面中部・苗の様子（令和元（2019）年 10 月）



斜面上部・苗の様子（令和元（2019）年 7 月）



斜面上部・苗の様子（令和元（2019）年 10 月）



斜面中部・無処理区（平成 29(2017)年 12 月）



斜面中部・無処理区（平成 30(2018)年 10 月）



斜面中部・無処理区（令和元（2019）年7月）



斜面中部・無処理区（令和元（2019）年10月）



斜面上部・無処理区（平成 29(2017)年 12 月）



斜面上部・無処理区（平成 30(2018)年 10 月）



斜面上部・無処理区（令和元（2019）年7月）



斜面上部・無処理区（令和元（2019）年10月）



斜面中部・忌避剤区（令和元（2019）年7月）



斜面中部・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



斜面上部・忌避剤区（令和元（2019）年7月）



斜面上部・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



斜面中部・単木防護区（令和元（2019）年7月）



斜面中部・単木防護区（令和元（2019）年10月）



斜面上部・単木防護区（令和元（2019）年7月）



斜面上部・単木防護区（令和元（2019）年10月）



植栽地で見られたノウサギの糞と被害を受けたコウヨウザン（令和元（2019）年10月）



ノウサギによる被害を受け樹高成長していないコウヨウザン（令和元（2019）年10月）

7.4. 静岡県 小山町（コウヨウザン）（No.4）

（1）実証植栽地の概要

静岡県小山町の実証植栽地の位置及び植栽地の様子を図 7-18 に示す。

平成 30（2018）年 10 月 29,30 日、傾斜 28° の斜面 0.5ha に、コウヨウザンの裸苗を密度 1,600 本/ha で植栽した（表 7-19）。また、植栽から 1 年目の令和元（2019）年 8 月 5～8 日にノウサギ防除を実施した。

なお、前生林は 49 年生のヒノキで、平成 30（2018）年 5 月～8 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（3.77ha）の前生林分の蓄積量は 1231.48m³（326.7m³/ha）である。



図 7-18 実証植栽地の位置（左）及び植栽地の様子（右）（静岡県小山町）

表 7-19 実証植栽地の概要（静岡県小山町）

実証植栽地	静岡県小山町（町有林）		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生（No.1）	2 年生（No.2）	合計
植栽面積	0.25ha	0.25ha	0.5ha
植栽本数	400 本	400 本	800 本
気温/ 降水量	11.0℃*（平均気温） / 2819.1mm（年降水量） （*気象観測所「御殿場」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1 : 777m / 28° / ENE（35° 23.549'、138° 56.620'） No.2 : 779m / 28° / ENE（35° 23.574'、138° 56.604'）		
土壌	黒ぼく土		
土地所有者	小山町		
植栽実施者	静東森林経営協同組合		
植栽日	平成 30（2018）年 10 月 29,30 日		
下刈り日	令和元（2019）年 8 月 6, 8 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 8 月 5～8 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を二つに分け、1年生苗及び2年生苗を植栽後、各苗齢にそれぞれ3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）を設け、プロットを設定した（図 7-19）。

植栽後に設けたプロットは無処理区とし、忌避剤区及び単木防護区は植栽から1年後に新たに設定したプロットとした。このため、プロット形は様々であるが、概ね 200 m²以上の長方形で、各プロット 15 本以上、合計 149 本のコウヨウザンを調査した（表 7-20）

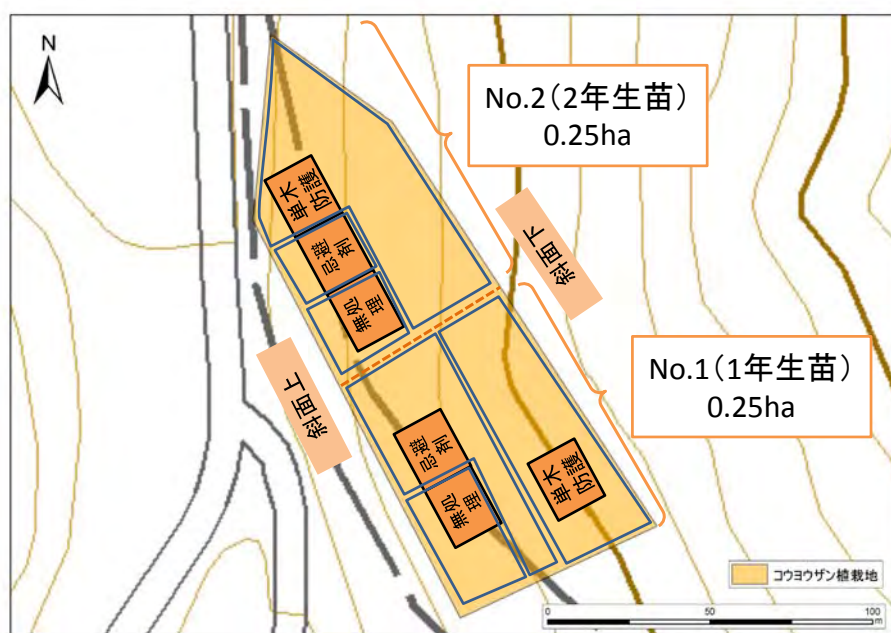


図 7-19 設定した調査プロット（静岡県小山町）

表 7-20 調査プロットの概要（静岡県小山町）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
1 年生苗	無処理区	25.0×9.0m	37 本	
	忌避剤区	20.5×10.0m	15 本	
	単木防護区	24.0×10.5m	15 本	
2 年生苗	無処理区	25.0×9.0m	34 本	
	忌避剤区	23.0×10.5m	32 本	
	単木防護区	24.5×10.5m	30 本	
合計			149 本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 30（2018）年 11 月 5 日）、1 年後（令和元（2019）年 10 月 8 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表 7-21）。

植栽直後、1 年生苗が平均根元径 $0.4\text{cm} \pm 0.1$ 、平均樹高 $20.9\text{cm} \pm 3.1$ 、2 年生苗がそれぞれ $0.6\text{cm} \pm 0.1$ 、 $43.3\text{cm} \pm 7.5$ だった。植栽から 1 年後の追跡調査では、1 年生苗の平均根元径及び平均樹高、2 年生苗の平均樹高は、植栽直後よりも低くなった（図 7-20,21）。平均樹高が低くなっているのはノウサギによる被害を受けたためであり、また平均根元径が小さくなっているのは、被害を受けた個体の萌芽再生枝が主軸化したこと等によって主軸根元径の測定位置が変わったことによるものである。

生存率について、1 年生 16%、2 年生苗 71%と、1 年生苗では 8 割以上が枯死していた。全体的に生存率が低かったのは、平成 30（2018）年 10 月下旬に植栽後、12 月 25 日から 1 月 30 日の 37 日間での総降雨量が 3 mm（最寄りの気象観測所の降雨データによる）と、ほとんど雨が降らない日が続いたことに加え、植栽地の火山灰土壌は非常に軽く、サラサラしており、土壌表面が乾燥しやすい性質を持っていたことが考えられる。また、苗齢による違いは、1 年生苗は 2 年生苗に対して相対的に根の量が少なく（写真 7-3）、より厳しい状況下に置かれたのではないかと考えられる。

また、ノウサギ被害率は 1 年生苗、2 年生苗ともに 100%であった。

表 7-21 苗齢別の調査データ（静岡県小山町）

試験処理区 (苗齢)	測定項目	H30(2018) 11 月 5 日 (①)	R 元(2019) 10 月 8 日 (②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ノウサギ 被害率 (%)
1 年生苗	平均根元径(cm)	0.4 ± 0.1	0.3 ± 0.1	-0.1	16	100
	平均樹高(cm)	20.9 ± 3.1	17.6 ± 7.0	-3.3		
	平均形状比	50 ± 10	53 ± 17	—		
2 年生苗	平均根元径(cm)	0.6 ± 0.1	0.8 ± 0.2	0.1	71	100
	平均樹高(cm)	43.3 ± 7.5	28.9 ± 11.4	-14.5		
	平均形状比	67 ± 10	39 ± 12	—		



写真 7-3 静岡県小山町で植栽したコウヨウザン（左：1 年生苗、右：2 年生苗）

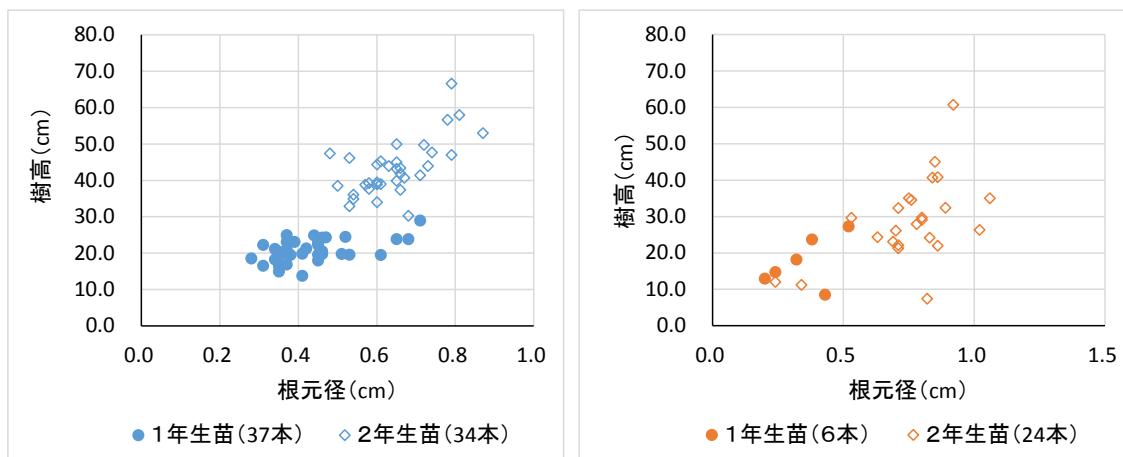


図 7-20 苗齢別コウヨウザンの形状 (静岡県小山町)
(左：平成 30 (2018) 年 11 月 5 日、右：令和元 (2019) 年 10 月 8 日)

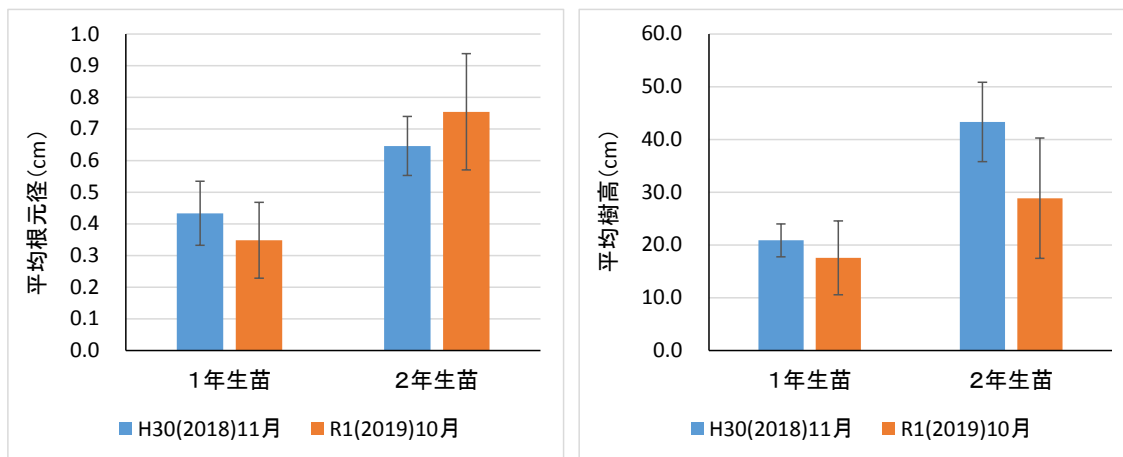


図 7-21 苗齢別コウヨウザンの平均根元径 (左) 及び平均樹高 (右) (静岡県小山町)

(4) ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、ノウサギ防除直後（令和元（2019）年8月5，6日）及び成長休止期前（令和元（2019）年10月8日）の2回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表7-22、図7-22）。

ノウサギ防除を行った8月上旬から10月上旬までの約2ヶ月の間に発生したノウサギによる被害率は無処理区で47%、忌避剤区で20%と、忌避剤区で被害軽減が認められた。

なお、単木防護区ではノウサギによる被害を0%に抑えることができていた。

表 7-22 ノウサギ防除処理区別の調査データ（静岡県小山町）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 8月5，6日 (①)	令和元（2019）年 10月8日 (②)	成長量 ②－①	ノウサギ被害率 (%)
無処理区	平均根元径 (cm)	0.6±0.3	0.7±0.2	0.1	47
	平均樹高 (cm)	19.1±11.2	26.6±11.5	7.5	
	平均形状比	34.6±15.7	41.6±13.9	—	
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.7±0.3	0.8±0.3	0.1	20
	平均樹高 (cm)	23.8±13.7	31.2±15.3	7.4	
	平均形状比	35.8±11.6	40.9±12.9	—	
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.5±0.3	0.6±0.3	0.1	0
	平均樹高 (cm)	19.8±11.7	30.5±13.2	10.8	
	平均形状比	39.1±16.5	51.4±19.7	—	

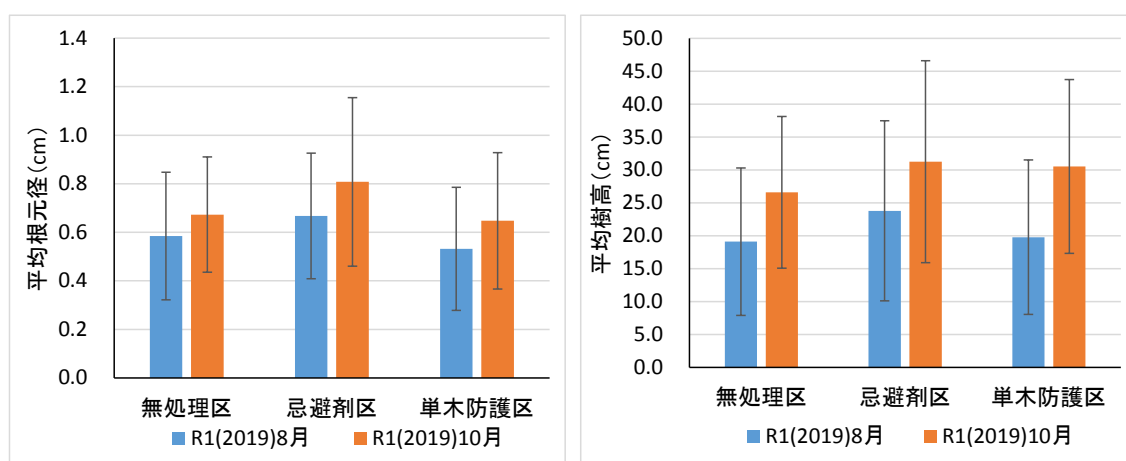


図 7-22 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（静岡県小山町）

(5) 植栽から1年目の下刈りまでの作業人工

各苗齢のプロット内において、植栽及び下刈りにかかった時間を記録し、苗齢による植栽から1年目の下刈りまでにかかる作業人工数の違いを調査した（表 7-23、図 7-23）。

植栽から1年目の下刈りまでにかかった人工数は、1年生苗で12.6人日/ha、2年生苗で11.5人日/haと、苗齢の違いによる大きな差はなかった。

表 7-23 植栽から1年目の下刈りまでにかかった人工数（静岡県小山町）

苗 齢	植栽年	1 年 目	合計人工数 (人日/ha)
	植栽 (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	
1 年 生	8.4	4.2	12.6
2 年 生	7.7	3.8	11.5

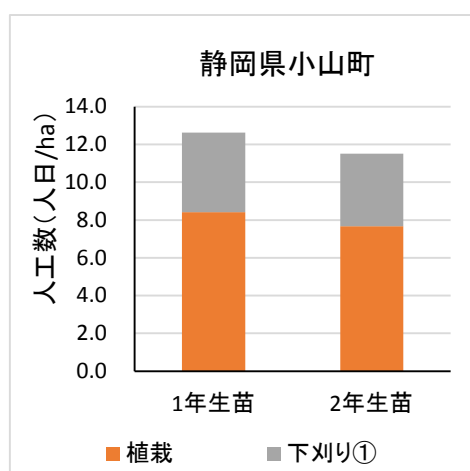


図 7-23 植栽から1年目の下刈りまでにかかった人工数（静岡県小山町）

(6) 地拵えから1年目の下刈りまでのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵えから1年目の下刈りまでにかかった1haあたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した(表7-24)。

なお、植栽単価については、前述(5)作業人工における「植栽」の作業人工差の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。

地拵えから1年目の下刈りまでにかかったコストは、1年生苗で約60万円/ha、2年生苗で約72万円/haだった。苗木代の単価が、1年生苗よりも2年生苗で89(円/本)高く、植栽までは2年生苗の方が多くのコストがかかっていた。

また、比較のために表右に静岡県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約59万円/haである。苗木代が高い分、2年生苗は標準単価よりも多くかかったが、1年生苗では標準単価とほぼ同等程度だった。

表7-24 植栽から1年目の下刈りまでにかかったコスト(静岡県小山町)

年	項目	1年生苗 (円/ha)	2年生苗 (円/ha)	備考	静岡県標準単価*	
						共通仮設費除く
植栽年	地拵え	204,100	204,100	地拵えは人力(草刈り機)	464,000	431,628
	苗木	123,200	265,600	1年生苗 77 円、2年生苗 166 円		
	植栽	138,919	126,681			
1年後	下刈り	135,425	123,337	下刈りは機械	175,000	162,791
合計		601,644	719,718		639,000	594,419

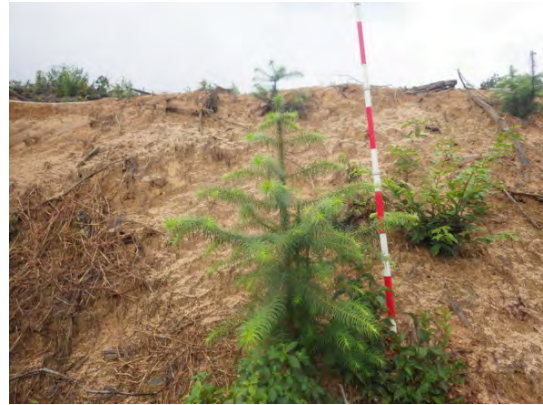
*静岡県森林整備事業の標準単価(スギ(普通苗) 1,000~1,999 本/ha)

(7) 現地写真（静岡県小山町 平成 30（2018）年度植栽）

	
実証植栽地（下刈り前） （令和元(2019)年 8 月）	実証植栽地（下刈り後） （令和元(2019)年 8 月）
	
忌避剤の散布（令和元(2019)年 8 月）	単木防護ネットの設置 （令和元(2019)年 8 月）
	
1 年生苗の様子（令和元（2019）年 8 月）	1 年生苗の様子（令和元（2019）年 10 月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年8月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



1年生苗・無処理区（平成30(2018)年11月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年8月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・無処理区（平成30(2018)年11月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年8月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年8月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年8月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年8月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年8月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



植栽地内で確認されたノウサギの糞
（令和元（2019）年10月）



ノウサギによる被害を受けたコウヨウザン
（令和元（2019）年10月）

7.5. 和歌山県 上富田町（コウヨウザン）（No. 5）

（1）実証植栽地の概要

和歌山県上富田町の実証植栽地の位置及び植栽地の様子を図 7-24 に示す。

平成 30（2018）年 11 月 29 日、傾斜 32～37° 南南東の斜面 0.5ha に、コウヨウザンの裸苗を密度 1,600 本/ha で植栽した（表 7-25）。また、植栽から 1 年目の令和元（2019）年 7 月 12,13 日にノウサギ防除を実施した。

なお、前生林は 53 年生のヒノキで、平成 30（2018）年 3 月～4 月に伐採されている。前生林分の蓄積量は 440m³/ha である。

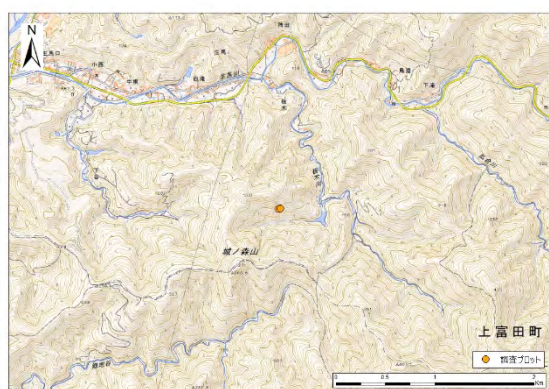


図 7-24 実証植栽地の位置（左）及び植栽地の様子（右）（和歌山県上富田町）

表 7-25 実証植栽地の概要（和歌山県上富田町）

実証植栽地	和歌山県西牟婁郡上富田町		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理区（苗齢）	1 年生（No.1）	2 年生（No.2）	合計
植栽面積	0.25ha	0.25ha	0.5ha
植栽本数	400 本	400 本	800 本
気温/ 降水量	14.3℃*（平均気温） / 2399.6mm（年降水量） （*気象観測所「栗栖川」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1: 189m / 37° / SSE (33° 40.47.0'、135° 27.25.5') No.2: 190m / 32° / SSE (33° 40.47.1'、135° 27.26.1')		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	個人		
植栽実施者	株式会社中川		
植栽日	平成 30（2018）年 11 月 29 日		
下刈り日	令和元（2019）年 7 月 12 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 7 月 12,13 日		

(2) 調査プロットの概要

植栽地を二つに分け、1年生苗及び2年生苗を植栽後、各苗齢にそれぞれ3つのノウサギ防除処理区（無処理区、忌避剤区、単木防護区）を設け、プロットを設定した（図 7-25）。

植栽後に設けたプロットは無処理区とし、忌避剤区及び単木防護区は植栽から1年後に新たに設定したプロットとした。プロット形は様々であるが、概ね 200 m²以上の長方形で、各プロット 30 本以上、合計 201 本のコウヨウザンを調査した（表 7-26）

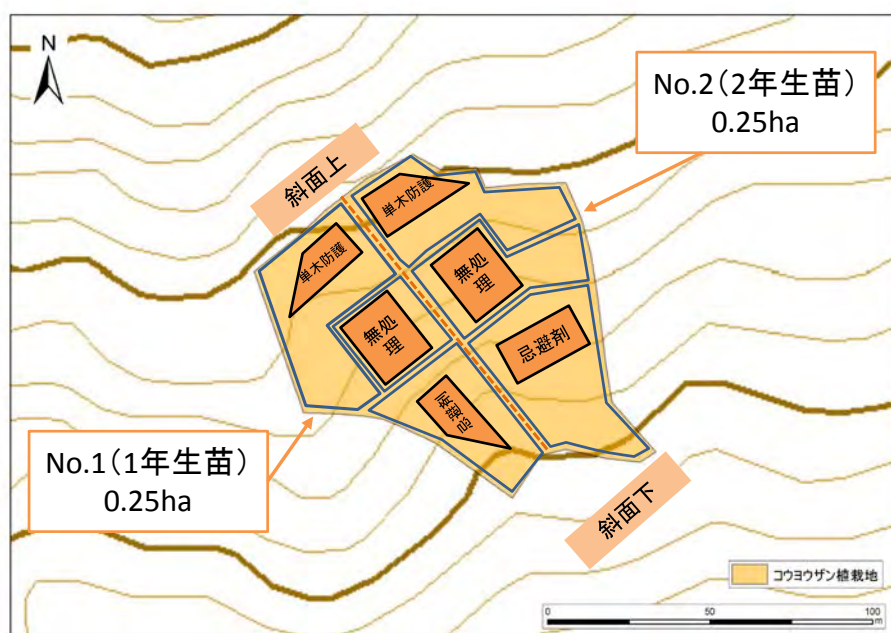


図 7-25 設定した調査プロット（和歌山県上富田町）

表 7-26 調査プロットの概要（和歌山県上富田町）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	備 考
1 年生苗	無処理区	12.9×19.8m	38 本	
	忌避剤区	12.6×20.1m	33 本	
	単木防護区	22.2×20.0m	30 本	
2 年生苗	無処理区	(9.3+15.6) ×23.0m	36 本	地形により長方形のプロット設定が困難だったため、プロット形は台形とした。
	忌避剤区	16.9×18.4m	33 本	
	単木防護区	15.5×14.9m	31 本	
合計			201 本	

(3) 苗齢別の生存率及び成長状況の違い

プロット内の植栽木について、植栽直後（平成 30（2018）年 12 月 6 日）、1 年後（令和元（2019）年 10 月 18,19 日）に調査を行い、根元径及び樹高を測定し、苗齢別に調査データを整理した（表 7-27、図 7-26,27）。

生存率について、1 年生 32%、2 年生苗 11%と全体的に低い結果となった。平成 30(2018) 年 11 月下旬に植栽後、12 月 23 日から 1 月 30 日の 39 日間での総降雨量が 9.5mm（最寄りの気象観測所の降雨データによる）と、ほとんど雨が降らない日が続いたこと、また本植栽地が南向き斜面で日当たりが良いこと等から深刻な乾燥害を受けたのではないかと推察される。

表 7-27 苗齢別の調査データ（和歌山県上富田町）

試験処理区 (苗齢)	測定項目	H30(2018) 12 月 6 日 (①)	R 元(2019) 10 月 18,19 日 (②)	成長量 ②－①	生存率 (%)	ワザギ 被害率 (%)
1 年生苗	平均根元径(cm)	0.4±0.1	0.8±0.2	0.4	32	0
	平均樹高(cm)	18.8±4.0	51.7±14.0	32.9		
	平均形状比	46±15	64±10	—		
2 年生苗	平均根元径(cm)	0.8±0.2	0.8±0.2	0.0	11	0
	平均樹高(cm)	45.0±8.2	47.7±16.5	2.7		
	平均形状比	59±9	62±7	—		

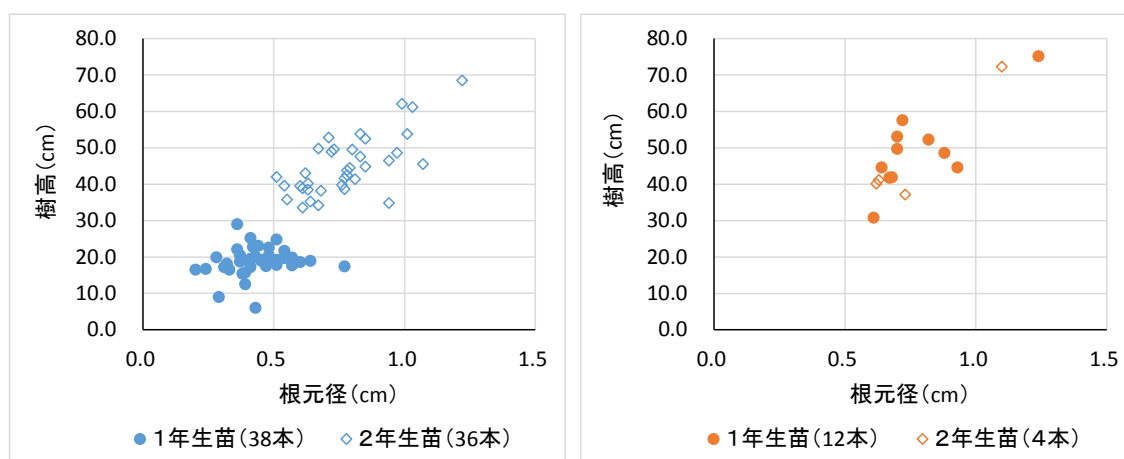


図 7-26 苗齢別コウヨウザンの形状（和歌山県上富田町）

（左：平成 30（2018）年 12 月 6 日、右：令和元（2019）年 10 月 18,19 日）

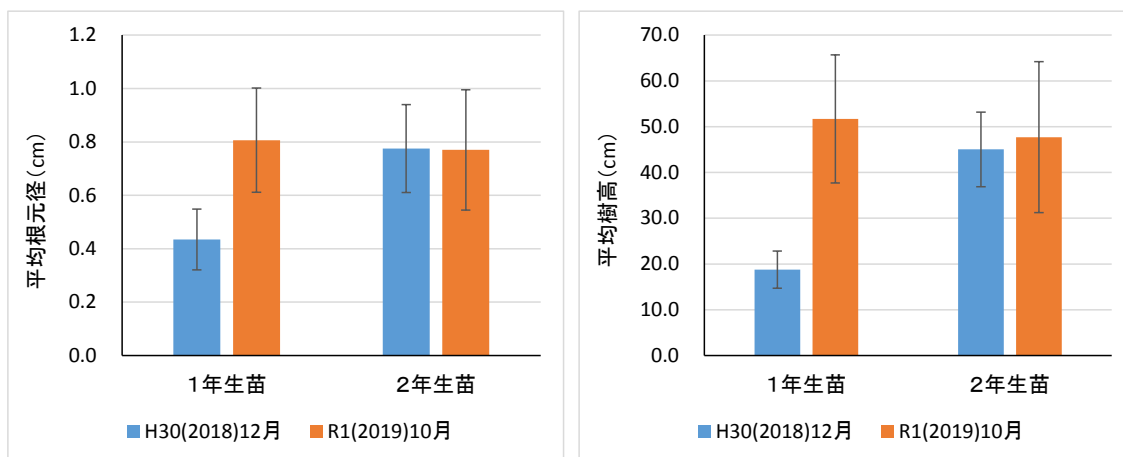


図 7-27 苗齢別コウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）（和歌山県上富田町）

(4) ノウサギ防除処理区別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

プロット内の植栽木について、ノウサギ防除直後（令和元（2019）年 7 月 12,13 日）及び成長休止期前（令和元（2019）年 10 月 18,19 日）の 2 回調査を行い、根元径及び樹高を測定し、ノウサギ防除処理区別に調査データを整理した（表 7-28、図 7-28）。

本実証植栽地ではノウサギによる被害は確認されず、ノウサギ被害率は全ての処理区で 0 % だった。

表 7-28 ノウサギ防除処理区別の調査データ（和歌山県上富田町）

ノウサギ防除処理区	測定項目	令和元（2019）年 7 月 12,13 日 (①)	令和元（2019）年 10 月 18,19 日 (②)	成長量 ②－①	ノウサギ被害率 (%)
無処理区	平均根元径 (cm)	0.6±0.1	0.8±0.2	0.2	0
	平均樹高 (cm)	29.6±7.6	50.7±14.2	21.1	
	平均形状比	49.5±10.0	63.7±9.2	—	
忌避剤区	平均根元径 (cm)	0.7±0.2	0.9±0.2	0.2	0
	平均樹高 (cm)	33.8±11.1	54.8±16.2	21.0	
	平均形状比	47.7±14.1	61.4±15.5	—	
単木防護区	平均根元径 (cm)	0.6±0.2	0.7±0.3	0.1	0
	平均樹高 (cm)	26.0±8.3	34.8±13.6	8.8	
	平均形状比	42.5±22.9	55.6±17.4	—	

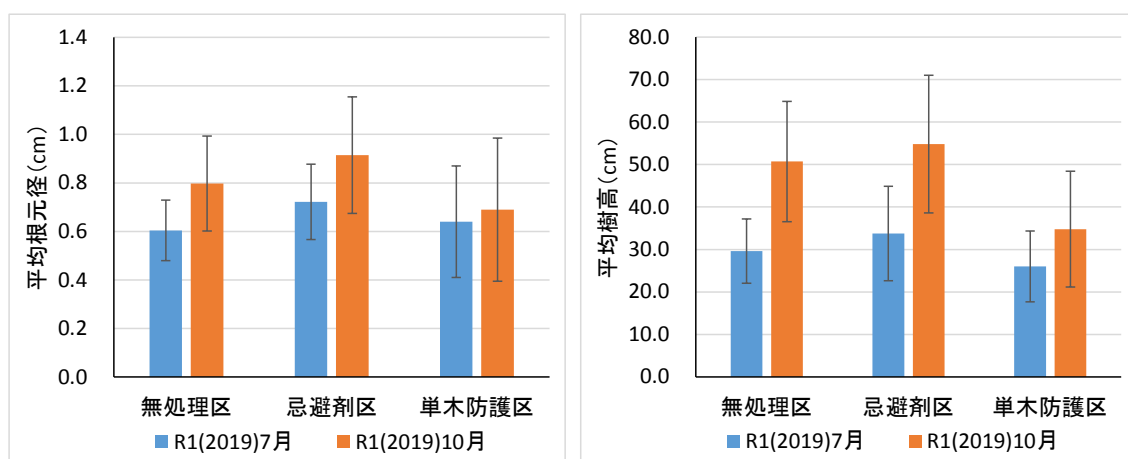


図 7-28 ノウサギ防除処理区別のコウヨウザンの平均根元径（左）及び平均樹高（右）
（和歌山県上富田町）

(5) 植栽から1年目の下刈りまでの作業人工

各苗齢のプロット内において、植栽及び下刈りにかかった時間を記録し、苗齢による植栽から1年目の下刈りまでにかかる作業人工数の違いを調査した（表 7-29、図 7-29）。

植栽から1年目の下刈りまでにかかった人工数は、1年生苗で7.0人日/ha、2年生苗で7.0人日/haと、苗齢の違いによって差はなかった。

表 7-29 植栽から1年目の下刈りまでにかかった人工数（和歌山県上富田町）

苗 齢	植栽年	1 年目	合計人工数 (人日/ha)
	植栽 (人日/ha)	下刈り (人日/ha)	
1 年生	4.9	2.1	7.0
2 年生	4.9	2.1	7.0

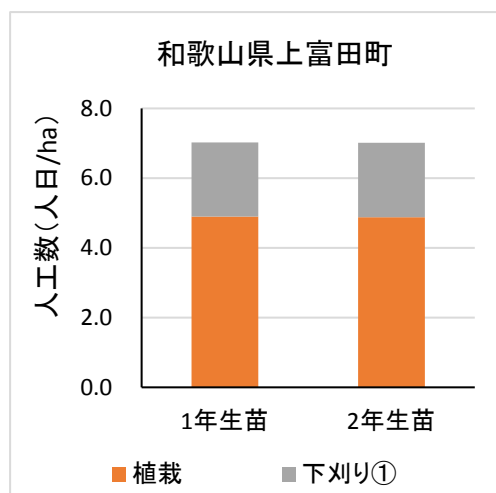


図 7-29 植栽から1年目の下刈りまでにかかった人工数（和歌山県上富田町）

（６）地拵えから１年目の下刈りまでのコスト

コウヨウザンの植栽に当たり、地拵えから１年目の下刈りまでにかかった１haあたりのコスト〔税抜き〕を苗齢ごとに整理した（表 7-30）。

なお、植栽単価については、前述（５）作業人工における「植栽」の作業人工差の結果を基に按分し、苗齢により単価を調整したものである。

地拵えから１年目の下刈りまでにかかったコストは、１年生苗で約 74 万円/ha、２年生苗で約 88 万円/ha だった。苗木代の単価が、１年生苗よりも２年生苗で 89（円/本）高く、植栽までは２年生苗の方が多くのコストがかかっていた。

また、比較のために表右に和歌山県森林整備事業の標準単価を記載しているが、共通仮設費を除いた合計額は約 73 万円/ha である。苗木代が高い分、２年生苗は標準単価よりも多くかかったが、１年生苗では標準単価とほぼ同等程度だった。

表 7-30 植栽から１年目の下刈りまでにかかったコスト（苗齢別）

年	項目	１年生苗 （円／ha）	２年生苗 （円／ha）	備考	和歌山県標準単価*	
						共通仮設費除く
植栽年	地拵え	280,000	280,000	地拵えは人力（草刈り機）	605,200	562,977
	苗木	123,200	265,600	１年生苗 77 円、２年生苗 166 円		
	植栽	160,218	159,782			
１年後	下刈り	178,200	178,200	下刈りは機械	180,800	168,186
合計		741,618	883,582		786,000	731,163

*和歌山県森林整備事業の標準単価（スギ（普通苗）1,500～1,999 本/ha）

(7) 現地写真 (和歌山県上富田町 平成 30 (2018) 年度植栽)



実証植栽地 (下刈り前)
(令和元(2019) 7 月)



実証植栽地 (下刈り後)
(令和元(2019) 7 月)



忌避剤の散布 (令和元(2019) 7 月)



単木防護ネットの設置
(令和元(2019) 7 月)



1 年生苗の様子 (令和元 (2019) 年 7 月)



1 年生苗の様子 (令和元 (2019) 年 10 月)



2年生苗の様子（令和元（2019）年7月）



2年生苗の様子（令和元（2019）年10月）



1年生苗・無処理区（平成30(2018)年12月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・無処理区（平成30(2018)年12月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・無処理区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年7月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年7月）



2年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）



寒害により枯死したと見られるコウヨウザン
（令和元（2019）年7月）



主軸が枯れ萌芽するコウヨウザン
（令和元（2019）年10月）

8. コウヨウザンのまとめ

コウヨウザンは、中国から導入された早生樹であり、神社・仏閣等に単木的に植栽されているものが多いが、広島県庄原市には同一林齢のスギ以上の林分蓄積を有するコウヨウザン林分がある。コウヨウザンは材質試験でヒノキと同等の値を示すとの報告があるほか、萌芽再生力が強いなど、再造林の低コスト化にもつながる樹種として期待されている。現在は島根県、広島県、鹿児島県で造林補助事業の対象樹種として指定され、植林が進められている。

本事業では、コウヨウザンの裸苗及びコンテナ苗を植栽し、植栽木の苗木の特性（初期データ）及びその後の成長状況、下刈り及びノウサギ防除の効果、コスト等について調査を実施した。その結果について次に示す。

8.1. 苗木の特性

コウヨウザンの苗は、平成 29（2017）年度及び平成 30（2018）年度は広島県樹苗農業協同組合を通じて裸苗を、また令和元（2019）年度は一般財団法人広島県森林整備・農業振興財団を通じてコンテナ苗を入手した。

植栽した苗木の形状について図 8-1、表 8-1 に示す。

根元径は、1 年生苗平均 0.4～0.5cm、2 年生苗平均 0.7～0.8cm、苗長は 1 年生苗平均 18～25cm、2 年生苗平均 37～44cm、形状比は、1 年生苗平均 42～49、2 年生苗平均 53～63 であった。

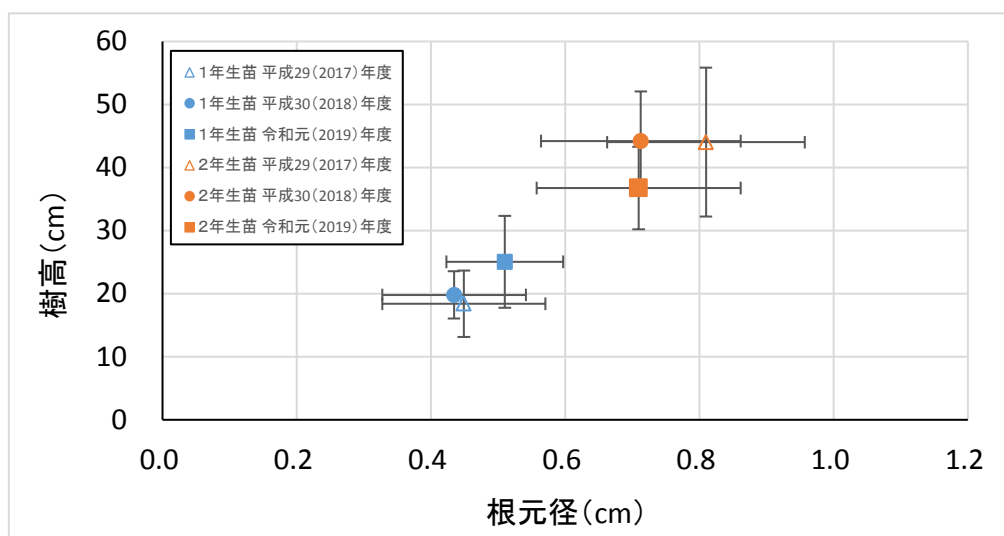


図 8-1 苗木の形状（平均）

表 8-1 苗木の形状 (平均)

苗 齢	項 目	平成 29 (2017) 年度	平成 30 (2018) 年度	令和元 (2019) 年度
1 年 生 苗	調査本数	125 本	75 本	107 本
	平均根元径 (cm)	0.4±0.1	0.4±0.1	0.5±0.1
	平均樹高 (cm)	18.4±5.3	19.8±3.8	25.1±7.3
	形状比	42.1±11.6	47.7±12.6	49.4±11.9
2 年 生 苗	調査本数	52 本	70 本	107 本
	平均根元径 (cm)	0.8±0.1	0.7±0.1	0.7±0.2
	平均樹高 (cm)	44.0±11.8	44.2±7.9	36.8±6.6
	形状比	54.3±11.1	63.2±10.3	53.2±11.0

8.2. 苗齢別の生存率及びノウサギによる被害率の違い

植栽木の成長状況について苗齢別に見てみると、生存率は苗齢に関係なく概ね 80%以上と良好であった。ただ、No. 2 静岡県小山町や No. 3 和歌山県上富田町等、乾燥害等により生存率が著しく低下しているケースも見られた（表 8-2）。

また、ノウサギによる被害は、山口県では 2 年生苗の 41%に対して 1 年生苗で 14%と被害率が低かった。一方、熊本県ではいずれも被害率 20%台で、苗齢による違いは認められなかった。両県とも植栽してから調査までに 3～4 ヶ月しか経過していない期間での調査結果であり、今後被害の推移を観察する必要がある。

広島県、静岡県では被害率は 1 年生苗及び 2 年生苗ともに 100%と、苗齢による明確な違いは認められなかった。

植栽立地について試験を行った宮崎県では、斜面中部で斜面上部に比べ生存率が有意に高い結果となった。

表 8-2 実証植栽地における苗齢別の生存率、ノウサギによる被害率

実証植栽地	植栽後の 経過年数	試験処理区	生存率 (カイ二乗検定)		ノウサギによる被害率 (カイ二乗検定)	
富山県立山町	2 年	1 年生苗	64%	有意差なし	被害なし	
		2 年生苗	78%			
広島県北広島町	2 年	1 年生苗	97%	有意差なし	100%	有意差なし
		2 年生苗	92%		100%	
宮崎県宮崎市	2 年	斜面中部	97%	有意差あり (P<0.05)	100%	有意差なし
		斜面上部	70%		100%	
静岡県小山町	1 年	1 年生苗	16%	有意差あり (P<0.05)	100%	有意差なし
		2 年生苗	71%		100%	
和歌山県上富田町	1 年	1 年生苗	32%	有意差あり (P<0.05)	被害なし	
		2 年生苗	11%			
山口県周南市	4 ヶ月	1 年生苗	91%	有意差なし	41%	有意差あり (P<0.05)
		2 年生苗	100%		14%	
徳島県三好市	4 ヶ月	1 年生苗	94%	有意差なし		
		2 年生苗	100%			
熊本県水俣市	3 ヶ月	1 年生苗	89%	有意差あり (P<0.05)	28%*	有意差なし *シカ被害を含む
		2 年生苗	100%		22%*	

8.3. ノウサギ防除手法による被害率の違い

ノウサギの防除手法別の被害状況について、単木防護ネットは、ノウサギ被害を受けていた実証植栽地全5箇所で、ノウサギによる被害を0%に抑えることができた。

一方、忌避剤区では、忌避剤を散布した枝葉に食害は見られなかったが、散布後に新しく伸びた枝葉については被害が認められた（写真 8-1,2）。静岡県小山町では、無処理区の被害率 47%に比べ忌避剤区 20%と被害軽減が確認されたものの、その他4地域では被害軽減された実証植栽地はなかった（表 8-3）。

表 8-3 ノウサギ被害を受けた実証植栽地 5 箇所における防除手法別の被害率

実証植栽地	防除検証期間	被害率			忌避剤の効果 (カイ二乗検定)
		単木防護区	無処理区	忌避剤区	
広島県北広島町	3 ヶ月	0 %	97%	83%	被害軽減なし
宮崎県宮崎市	3 ヶ月	0 %	42%	31%	被害軽減なし
静岡県小山町	2 ヶ月	0 %	47%	20%	被害軽減あり (P<0.05)
山口県周南市	4 ヶ月	0 %	27%	36%	被害軽減なし
熊本県水俣市	3 ヶ月	0 %	25%*	25%*	被害軽減なし *シカ被害も含む



写真 8-1 忌避剤散布後ノウサギによって主軸切断の被害を受けたコウヨウザン



写真 8-2 忌避剤散布後ノウサギによって主軸切断の被害を受けたコウヨウザン

8.4. 地拵え及び植栽作業の生産性

全実証植栽地の地拵え及び植栽作業の生産性を表 8-4 に示した。

地拵えについて、山口県の植栽地は最大傾斜 41° と急傾斜だったことから、生産性は 52.2 人日/ha と、最も生産性の低い結果となった。また、富山県の植栽地では、前生林分の残材が多く残っていたことから、生産性 26.8 人日/ha という低い生産性になったと考えられる。広島県及び静岡県植栽地では、若干の灌木と草本類のみを処理するだけであったこと、徳島県の植栽地も急傾斜であったがアクセスがよく、機械も併用したため、生産性は高かった。熊本県の植栽地については、既に地拵えが済んでいた箇所を選定できたため、今回地拵え作業は発生していない。

植栽について、徳島県が 417 本/人日と最も生産性が高かった。植栽前に目印の杭を打ち、植栽位置をはっきりとさせていたことが高い生産性につながった理由として考えられる。

表 8-4 植栽作業等の生産性一覧

実証植栽地	面積 (ha)	傾斜 (°)	地拵え			植栽			
			総人工数 (人日)	生産性 (人日/ha)	種類	総人工数 (人日)	本数 (本)	生産性 (本/人日)	使用器具
富山県立山町	0.45	17-26	12.1	26.8	人力	4.1	720	174	唐グワ
広島県北広島町	0.43	20-27	2.0	4.7	人力	5.0	645	129	唐グワ
宮崎県宮崎市	0.51	27-34	7.6	14.9	人力	3.3	787	236	唐グワ
静岡県小山町	0.5	28	3.6	7.2	人力	4.0	800	200	唐グワ
和歌山県上富田町	0.5	32-37	8.8	17.6	人力	2.8	800	286	唐グワ
山口県周南市	0.46	34-41	24.0	52.2	人力	2.8	736	262	唐グワ
徳島県三好市	0.50	32-35	4.0	8.0	人力・機械	1.9	800	417	唐グワ
熊本県水俣市	0.50	2-7	0.0	0.0	—	3.3	1,050	318	唐グワ

8.5. 地拵え、植栽作業及び下刈りのコスト

地拵え、植栽作業及び下刈りのコスト一覧を表 8-5 に示す。

苗齢の違いについて、静岡県小山町及び和歌山県上富田町で、2年生苗の植栽作業等にかかるコストが1年生苗に比べそれぞれ約12～14万円/ha高くなっているのは、苗木代が2年生苗でより高いためである。

広島県北広島町では、下刈りの際に誤伐防止のための目印を1年生苗にのみつけたことにより、苗木代がほぼ相殺され、植栽作業等にかかるコストの苗齢による差が約2万円/haとなった。また、富山県立山町においても、苗齢による差は3万円/haで、目印を1年生苗及び2年生苗の両苗につけたが、1年生苗が小さく見つけづらかったため多くの時間がかかり、苗木代の差がほぼ相殺される結果となった。

令和元（2019）年度に植栽した山口県周南市と、徳島県三好市及び熊本県水俣市では、植栽作業等にかかるコストの苗齢による差が0～約3千2万円/haと、苗の大きさに関わらず一律100円/本で苗木を入手できたため、苗齢による違いはほとんどなかった。

表 8-5 植栽作業等コスト一覧

(円/ha)

実証植栽地	苗 齢	植栽年			植栽1年目		2年目	合 計	2年生苗 －1年生苗
		地拵え	苗木代	植栽	印付け	下刈り	下刈り		
富山県立山町	1年生	400,000	123,200	179,156	169,196	300,117	158,732	1,330,401	29,087
	2年生	400,000	265,600	180,844	107,140	210,504	195,399	1,359,487	
広島県北広島町	1年生	57,813	115,500	137,600	176,364	161,090	149,831	798,198	-23,709
	2年生	57,813	249,000	164,800	－	147,282	155,594	774,488	
宮崎県宮崎市	1年生	83,800	123,200	118,400	－	118,333	132,706	576,439	－
	2年生	－	－	－	－	－	－	－	
静岡県小山町	1年生	204,100	123,200	138,919	－	135,425	－	601,644	118,075
	2年生	204,100	265,600	126,681	－	123,337	－	719,718	
和歌山県上富田町	1年生	280,000	123,200	160,218	－	178,200	－	741,618	141,964
	2年生	280,000	265,600	159,782	－	178,200	－	883,582	
山口県周南市	1年生	565,217	160,000	131,972	－	－	－	857,189	-3,075
	2年生	565,217	160,000	128,897	－	－	－	854,114	
徳島県三好市	1年生	331,194	160,000	68,000	－	－	－	559,194	-23,581
	2年生	331,194	160,000	44,419	－	－	－	535,613	
熊本県水俣市	1年生	0	210,000	150,962	－	－	－	360,962	0
	2年生	0	210,000	150,962	－	－	－	360,962	

*山口県、徳島県、熊本県以外は、苗木代1年生苗77円、2年生苗166円で計算

8.6. ノウサギ被害防除のコスト

ノウサギ被害防除のコスト一覧を表 8-6 に示す。

人件費と資材費を合わせ、忌避剤散布では約 11～14 万円/ha のコストがかかった一方で、単木防護ネット設置では約 190～285 万円/ha のコストがかかった。ノウサギによる被害を 100%防除できる単木防護ネットは、忌避剤の約 13～22 倍ものコストがかかる結果となった。

なお、広島県、宮崎県、静岡県及び和歌山県においてもノウサギ被害防除を行ったが、植栽されて既に 1～2 年経過しており、既に苗木が成長しているとともに、枯死木もあり生存木が均一でなく、面積単位での比較ができないため、新規実証植栽地 3 箇所についてのみコストを示した。

表 8-6 ノウサギ被害防除コスト一覧

No.	実証植栽地	植栽密度 (本/ha)	防除手法	内訳		
				人件費(円/ha)	資材費(円/ha)	合計(円/ha)
1	山口県周南市	1,600	忌避剤	66,700	43,920	110,620
			単木防護ネット	1,172,431	992,000	2,164,431
2	徳島県三好市	1,600	忌避剤	95,353	43,920	139,273
			単木防護ネット	878,612	992,000	1,870,612
3	熊本県水俣市	2,100	忌避剤	53,570	73,200	126,770
			単木防護ネット	1,547,575	1,302,000	2,849,575

9. 平成 29（2017）～令和元（2018）年度早生樹利用による森林整備手法検討調査委託事業まとめ（3 年間の調査の概要）

1. 本事業の目的

現在、国産材の利用が進み伐採後の再造林が重要となっている一方、造林（植栽や下刈り）には多額の費用を要し、主伐までの期間が非常に長いことが、所有者を再造林に向きにくくしている。そのような中、比較的短い期間（20～30 年）で木材としての利用が見込まれるセンダンやコウヨウザン等の早生樹が注目を集めつつある。しかし、育苗、植栽立地、施業体系等不明な点が未だ多く、試験研究情報等も一元的には整理されていない。

このため、平成 29（2017）年～令和元（2019）年にかけて、これまでの早生樹の植栽技術に関する情報の収集・分析及び既存の植栽地における生育状況、実証的な植栽による試験等を実施するとともに、早生樹を植栽する際の参考となるようガイドラインを作成した。

なお、対象樹種は、各地域で植栽が進んでおり、用材生産が可能なセンダン、コウヨウザンの 2 樹種とした。

2. 調査結果の概要

（1）センダン

①文献調査、②種苗生産に関する実態調査、③需要供給と収益性に関する実態調査、④実証的植栽及び生育状況等調査、⑤実証植栽地におけるコスト分析、⑥既存植栽地（壮齢林）調査、⑦既存植栽地（若齢林）調査を実施した。

① 文献調査（実施年度：平成 29（2017）年度～平成 30（2018）年度）

調査内容：文献 23 件を収集し、「造林（施業）」、「造林（生育）」、「材質」、「生理」、「現状」に分類し、要点をまとめた。

調査結果：全体的に造林に関する文献が多かった（23 件中 19 件）。芽かきによって通直性を高めることが可能となったことや、肥大成長を促進するため間伐で本数管理を行うことが重要であること等の情報が得られた。

② 種苗生産に関する実態調査（実施年度：平成 29（2017）年度）

調査内容：センダンの種苗生産に関して、生産地域や規格、価格をまとめた。

調査結果：主な生産地域は熊本県であり、苗長 50～100cm で 90～290 円/本であった。

③ 需要供給と収益性に関する実態調査（実施年度：平成 30（2018）年度）

調査内容：センダンの需要供給と収益性について、センダンの利用に先進的な地域においてヒアリングを行い、生産目標や木材供給状況、特性とニーズ等についてとりまとめた。

調査結果：センダンは家具材や住宅部材等に利用されており、この場合、末口 40cm、4 m の直材が 4～5 万円/m³ で取引される。需要は高く、植栽面積も拡大しているとの情報を得た。

④ 実証的植栽及び生育状況等調査（実施年度：平成 29（2017）年度～令和元（2019）年度）

調査内容：平成 29（2017）年度は熊本県天草市と宮崎県宮崎市に、平成 30（2018）年度は愛知県豊田市に、計 3 箇所センダンを植栽し、植栽後の生育状況を調査した。

調査結果：No. 1 愛知県豊田市では、クワ畑跡地での生育は良好で、水田跡地での生育は良くなかった。特に、排水路がなく田内に植栽したセンダンは全て枯死した。

No. 2 熊本県天草市は、耕作が放棄されてから長年経過した耕作放棄地であり、雑草木の根系や埋土種子が地下部に大量に蓄積されており、地上部を刈っても雑草木が強力な再生力で再度繁茂し、センダンの成長を阻害していた。

No. 3 宮崎県宮崎市では、乾いた斜面上部よりも水分環境が良好な平坦～斜面下部での生育が良好であった。

No.	植栽年度	実証植栽地	植栽立地	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)		平均樹高(m)	
								調査時林齢
1	H30 (2018)	愛知県豊田市	クワ畑跡地	400	0.19	0.42	1.5±0.4	1年生
			水田跡地(排水あり)		0.12		1.2±0.4	
			水田跡地(排水なし)畔上		0.11		1.0±0.2	
			水田跡地(排水なし)田内				全て枯死	
2	H29 (2017)	熊本県天草市	畑跡地	400	0.16	0.45	1.7±0.3	2年生
			200	0.29	2.8±0.7			
3		宮崎県宮崎市	平坦～斜面下部	400	0.29	0.54	2.3±0.9	2年生
			斜面中部				1.7±0.6	
			平坦～斜面下部	200	0.25		1.8±1.0	

⑤ 実証植栽地におけるコスト分析（実施年度：平成 29（2017）年度～令和元（2019）年度）

調査内容：地拵えから植栽、下刈り及び芽かきまでにかかったコストを植栽立地別にまとめた。

調査結果：山地と比較し、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地で多くのコストを要した。具体的には、植栽から 2 年目の保育作業までで、山地（No. 3 宮崎県宮崎市）では約 64 万円/ha（植栽密度 400 本/ha）であったのに対し、耕作放棄地（No. 2 熊本県天草市）では 114～152 万円/ha（植栽密度 200～400 本/ha）のコストを要した。

⑥ 既存植栽地（壮齢林）調査（実施年度：平成 29（2017）年度～平成 30（2018）年度）

調査内容：全国各地のセンダン既存植栽地の壮齢林において、植栽立地や保育作業と、生育状況や成林状況等の関係を調査した。

調査結果：下刈りや施肥、間伐等、徹底した栽培管理が行われている林分で生育良好であった。間伐の記録がない林分では成長が抑えられていた。11 年生時の除伐以降、19 年間保育間伐等されていない林分では、除伐後に再生した他の常緑広葉樹等に被圧され、ほとんどのセンダンが消失していた。

No.	調査年度	既存植栽地		林齢	植栽密度(本/ha)	平均樹高(m)	平均胸高直径(cm)	標高(m)
4	H29 (2017)	熊本県甲佐町		17	1,111	16.5±1.2	28.2±4.3	32
5		宮崎県高岡町(民有林)		17	2,500	12.8±2.9	12.8±3.5	122
6		宮崎県延岡市		18	3,500	10.9±2.8	13.1±4.1	450
7		宮崎県高岡町(国有林)		22	2,800	10.2±2.9	13.3±6.1	162
8	H30 (2018)	熊本県人吉市	斜面下部	24	3,000	15±3.1	24.9±5	260
			斜面上部			14.3±3.2	14.9±0.6	280
9		宮崎県えびの市		30	3,000	ほとんど消失		676

⑦ 既存植栽地（若齢林）調査（実施年度：平成 29（2017）年度～令和元（2019）年度）

調査内容：全国各地のセンダン既存植栽地の若齢林において、植栽立地や保育作業と、生育状況や成林状況等の関係を調査した。

調査結果：水田跡地であっても滞水しない立地にあり、下刈りや芽かき等の管理が徹底的に行われている林分では生育良好であった。一方、滞水するような環境にある水田や、雑草木の繁茂が激しく下刈りが行われない林分では生育不良であった。

No.	調査年度	既存植栽地		植栽立地	植栽密度 (本/ha)	平均樹高[m]	
							調査時林齢
10	H29 (2017)	熊本県苓北町		水田跡地	299	3.8±0.8	2年生
					389	7.5±1.5	5年生
11	H30 (2018)	熊本県天草市		針葉樹伐採跡地	400	4.3±0.9	2年生
12		兵庫県宍粟市		水田跡地	400	5.3±1.2	3年生
13	R1 (2019)	熊本県 天草地域 (天草センダン プロジェクト植 栽地)	松島町	畑跡地	400	2.1±0.6	2年生
14			松島町	水田跡地	ほとんど消失		
15			倉岳町	雑木・ヒノキ伐採跡地	400	2.7±0.8	
16			亀場町	畑跡地	400	1.8±0.5	
17			五和町	苗畑跡地	400	1.6±0.6	
18			苓北町	ヒノキ林伐採跡地	400	3.6±0.7	
19			苓北町	ミカン園跡地	400	2.2±0.7	
20			天草町	水田跡地	400	1.2±0.5	
21			苓北町	ヒノキ林伐採跡地	400	0.9±0.3	

(2) コウヨウザン

①文献調査、②種苗生産に関する実態調査、③需要供給と収益性に関する実態調査、④実証的植栽及び生育状況等調査、ノウサギ被害の防除技術の検証、⑤実証植栽地におけるコスト分析、⑥既存植栽地調査を実施した。

① 文献調査（実施年度：平成 29（2017）年度～平成 30（2018）年度）

調査内容：文献 35 件を収集し、「造林（施業）」、「造林（生育）」、「材質」、「遺伝」、「現状」に分類し、要点をまとめた。

調査結果：全体的に材質に関する文献が多く（23 件中 11 件）、コウヨウザンの材が建築用材として十分に利用できる材質である可能性が示唆されていた。また、照葉樹林帯、年平均気温 12℃以上、暖かさの指数 90℃・月以上、寒さの指数－15℃・月以上の地域が植栽可能地域であると推測されていること等の情報が得られた。

② 種苗生産に関する実態調査（実施年度：平成 29（2017）年度、令和元（2019）年度）

調査内容：コウヨウザンの種苗生産に関して、生産地域や規格、価格をまとめた。

調査結果：主な生産地域は広島県であり、苗長 30～70cm で 90～248 円/本であった。

③ 需要供給と収益性に関する実態調査（実施年度：平成 30（2018）年度）

調査内容：コウヨウザンの需要供給と収益性について、コウヨウザンの利用に先進的な地域においてヒアリングを行い、生産目標や木材供給状況、特性とニーズ等についてとりまとめた。

調査結果：コウヨウザンは試験的に植栽されている段階で、現時点で生産目標を定めるには至っていない。コウヨウザンの用途として、机や椅子の試作が行われており、構造材や集成材も含めた合板や建材としての利用を視野に入れた試験・研究が現在進められているとの情報を得た。

④ 実証的植栽及び生育状況等調査、ノウサギ被害の防除技術の検証

(実施年度：平成 29 (2017) 年度～令和元 (2019) 年度)

調査内容：平成 29 (2017) 年度は富山県立山町、広島県北広島町、宮崎県宮崎市に、また、平成 30 (2018) 年度は静岡県小山町、和歌山県上富田町に、令和元 (2019) 年度は山口県周南市、徳島県三好市、熊本県水俣市に、計 8 箇所コウヨウザンを植栽し、植栽後の生育状況や、ノウサギ防除の効果及びコスト等を調査した。

調査結果：生存率は、苗齢に関係なく概ね 80%以上と良好であったが、実証植栽地各地で雪害、植栽直後の乾燥害、ノウサギ等被害等の被害が確認され、特に乾燥害を受けたと思われる No. 2 静岡県小山町や No. 3 和歌山県上富田町では、生存率が著しく低下した。また、ノウサギ被害については、苗のサイズにより特徴的な被害が見られ、苗木サイズの小さい 1 年生苗は食害により盆栽状になっており、2 年生苗では主軸切断の被害が発生していた。ただ、いずれも枯死には至っておらず、ノウサギによる食害が枯死に直結することは少なかった。

No.	植栽 年度	実証 植栽地	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	苗齢 (年生)	生育状況			ノウサギ防除(被害率:%)			
						検証 期間	生存率 (%)	ノウサギ 被害率(%)	検証 期間	無処理区	忌避剤区	単木 防護区
1	H29 (2017)	富山県 立山町	1,600	0.45	1	2年	64	0	—			
2					78		0					
2		広島県 北広島町	1,500	0.43	1	2年	97	100	3か月	97	83	0
2					92		100					
3		宮崎県 宮崎市	1,600	0.51	1	2年	84	100	3か月	42	31	0
4	H30 (2018)	静岡県 小山町	1,600	0.50	1	1年	16	100	2か月	47	20	0
					2		71	100				
5		和歌山県 上富田町	1,600	0.50	1	1年	32	0	—			
				2	11		0					
6	R1 (2019)	山口県 周南市	1,600	0.46	1	4か月	91	41	4か月	27	36	0
					2		100	14				
7		徳島県 三好市	1,600	0.50	1	4か月	94	0	—			
					2		100	0				
8		熊本県 水俣市	2,100	0.50	1	3か月	89	28	3か月	25	25	0
	2				100		22					

⑤ 実証植栽地におけるコスト分析（実施年度：平成 29 (2017) 年度～令和元 (2019) 年度)

調査内容：地拵えから植栽、下刈りまでにかかったコストを苗齢別にまとめた。また、ノウサギ防除にかかったコストを、防除手法別にまとめた。

調査結果：植栽から 2 年目までの保育作業までで約 100 万円/ha を要した。苗齢別にみると、特に 1 年生苗は誤伐防止のための印付け、2 年生苗は苗木代で多くのコストがかかっていた。

ノウサギ防除にかかったコストは忌避剤で約 11～15 万円/ha、単木防護ネットでは約 170～290 万円/ha のコストを要した。ノウサギが多い所では単木防護ネットの対策が有効だが、多くのコストを要することが分かった。

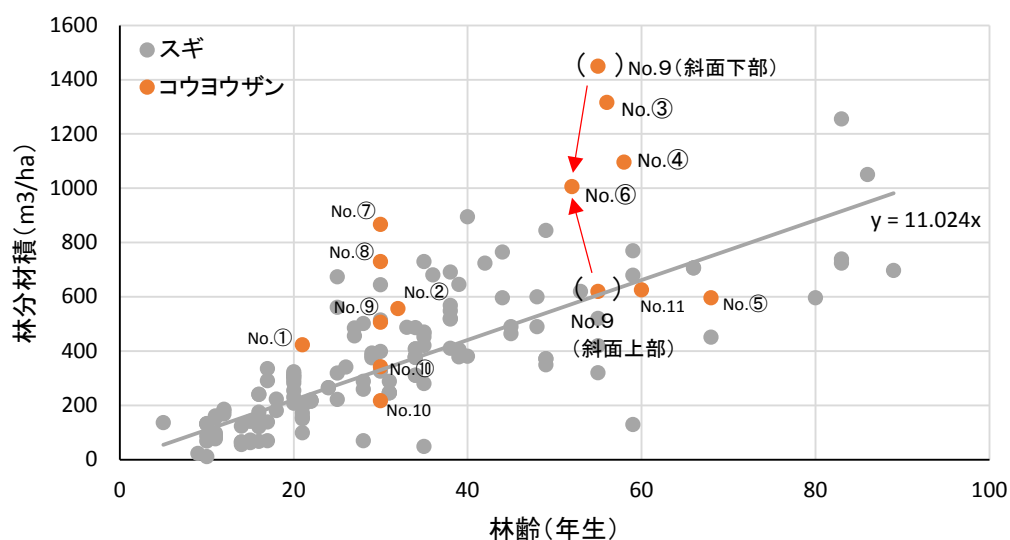
⑥ 既存植栽地調査（実施年度：平成 29（2017）年度～平成 30（2018）年度）

調査内容：全国各地のコウヨウザン既存植栽地の壮齢林において、胸高直径と樹高を測定し、林分材積を求め、文献調査から得られたデータと合わせてとりまとめ、スギの林分材積と比較した。

調査結果：コウヨウザン林分のほとんどが同一林齢のスギの平均以上の林分材積を示した。

No.	場所	林齢	材積(m3/ha)	備考
9	広島県庄原市（斜面下部）	55	1,449	現地調査結果（材積は、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」「熊本スギ」にて計算）
	〃（斜面上部）	55	620	
10	高知県土佐清水市（萌芽更新）	30	217	
11	熊本県菊池市	60	626	
①	茨城県日立市	21	423	文献より
②	千葉県鴨川市	32	557	
③	千葉県君津市	56	1,316	
④	千葉県君津市	58	1,096	
⑤	静岡県南伊豆町	68	597	
⑥	広島県庄原市	52	1,006	
⑦	熊本県菊池市	30	867	
⑧	地位：上	30	730*	
⑨	地位：中	30	506*	
⑩	地位：下	30	343*	

*予想値



コウヨウザンとスギの林分材積の比較

（スギのデータは、森林総合研究所 宇都木玄 研究ディレクター提供）

3. 今後の課題

本事業を通じて得られた留意事項や今後の課題の要点を以下にまとめる。

(1) センダン

○ 苗木について

センダンの苗木には、個体選抜をした母樹から採取した種子から生産された苗木と、山林等から拾い集められた種子に由来する苗木がある。家具材や内装材等として用いるセンダン材を得るためには、成長が速く樹幹が通直な形質を有する母樹から個体選抜した優良家系の苗木を植栽することが重要である。

○ 植栽場所について

従来から植栽の対象であった山地と、新たに加わった耕作放棄地を分けて適地を考える必要がある。センダンの植栽前までは森林下にあった山地と、耕作を終えてから長期に放置された農地の違いは、日照が十分な裸地環境の長短、耕耘や施肥・土地改良等の何らかの人為が土壌に加わっているか否かである。

山地では、熊本県の植栽適地に関する調査研究を通じて、平地や山地斜面の下部が植栽の適地であり、本事業での既存植栽地や実証植栽地での調査からも同様の結果が得られている。具体的には、斜面下部で崩積土壌が堆積するような場所、即ち土壌孔隙があり透水や排水が良い潤沢な土壌水分・養分環境の場所が植栽地として適地となる。一方、斜面上部や尾根部の残積土壌では植栽を控える方が良いと考える。

耕作放棄地への植栽では、愛知県豊田市の場合、畑跡地（桑畑）での生存率は100%、水田跡地では、排水路を作設した跡地で31%、排水路なしで全て枯死の0%であった。水田は、引水可能な立地環境にあり、湛水のために地下部に水を通しにくい盤層を有している。この結果は、水捌けが悪く停滞水が発生するような過湿な立地環境ではセンダンの植栽は難しいことを示唆している。

一方、兵庫県宍粟市や熊本県天草市の棚田跡地では、非常に良好な生育（宍粟市で3年で平均樹高5.3m）を示している。両者の生存・生育での大きな違いは、立地の土壌水分環境、特にセンダンの根腐れを誘発するような一時的な停滞水の発生の有無ではないかと推察されるが、これについては今後の調査研究の課題である。

○ 下刈りについて

山地での下刈りについては、通常のスギ造林地への下刈りと同じような実施形態で良いと思われる。主伐後の裸地を長い期間放置することなく、可能であれば一貫作業システム等による速やかな植栽を行うことが、植栽後の下刈り作業の低コスト化にも繋がるものと思われる。

耕作放棄地での下刈りは、その耕作放棄の前歴等によっては非常に大変な作業となる。特に、耕作が放棄されてから長年経過しているような耕作放棄地では、雑草木の根系や埋土種子が地下部に大量に蓄積されており、地上部を下刈りで刈り払ったとしても、強力な再生力で雑草木が速やかに再度繁茂し、センダンの成長を阻害することが分かった。セイタカアワダチソウやクズによる繁茂が激しいところでは被圧による成長阻害が甚大であった。このような植栽地では、年1回の下刈りでは不十分であり、最低でも年2回の下刈りが必須であることが分かった。また、地拵え時の耕耘や除草剤散布による事前の除草処理を検討することも必要である。

(2) コウヨウザン

○ ノウサギ被害について

コウヨウザンの植栽に当たっての課題は、ノウサギ食害対策である。本調査では、忌避剤の施用や単木防護ネットの設置を行ったが、忌避剤は施用後に展開した新たな針葉に対して効果がなく、また単木防護ネットについては被害率 0%と食害の回避効果は充分であったが、資材費及び設置の person 費が高額なものとなる問題が残った。

今回の調査結果でのノウサギ被害は、植栽後 1 年以上を経過した実証植栽地では被害率はいずれも 100%であったが、それが原因で枯死に至ったものは少なく、ほぼ萌芽再生し生存していた。

コウヨウザンのノウサギ食害に対する耐性については、今後、ノウサギによる食害後の萌芽再生枝の成長過程を追跡調査することが必要であると考ええる。

その上で、忌避剤や単木防護ネットに頼らない、被害回避方策を検討していくことが必要であると考えられる。

○ 植栽場所について

コウヨウザンの植栽は広島県等で始まったばかりで、その植栽適地については現時点で不明なところが多い。新規植栽地での着実な成長データの集積とその解析を行うことが今後の課題である。本事業で行った既存植栽地の調査では、立地的にみて斜面下部で成長が良く林分材積も大きいことが分かった。スギの適地と同じような場所が適地と考えて良いようである。

一方、風当たりが強いような斜面上部の立地では風害等による主幹上部の折れが発生する傾向にあった。このことから植栽に当たっては風害の可能性についても留意して場所を選ぶ必要がある。

○ 植栽後の枯死被害について

本事業で行った秋植えの実証植栽地において、静岡県と和歌山県で植栽後に多くの枯死被害が発生した。いずれも、裸苗植栽後に 1 ヶ月以上に渡って数 mm 程度の降雨しかなかったケースで、静岡県はそれに加えて、非常に軽い火山灰で乾燥しやすい特性を有した土壌であったこと、和歌山県は南向き斜面の乾燥地形にあったことが、大量の枯死発生に繋がったものと考ええる。これらのことから、植栽においては、乾燥が続くような季節は避けること、また、乾燥の影響を強く受けるような立地や土壌においては特に注意を払うことが重要である。

なお、今年度までに裸苗より乾燥耐性があるコンテナ苗の栽培技術が開発されてきたため、今後は上述のような状況下での植栽に当たってはコンテナ苗の活用を推奨する。

10. 植栽・保育に関するガイドラインの作成

平成 29（2017）年度から令和元（2019）年度までの調査結果を基にまとめた「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」を次ページ以降に示す。

なお、ガイドラインは別冊子で印刷製本し、林野庁に 200 部提出した。

早生樹利用による 森林整備手法ガイドライン



令和2(2020)年2月

林野庁

目次

1. 背景と目的	1
2. 対象樹種	1
3. 植栽・保育の留意点	2
(1) センダン	2
① 需要	5
② 成林状況	6
③ 植栽適地と植栽後の成長	9
④ 植栽密度	17
⑤ 苗木の手配	18
⑥ 芽かき	19
⑦ 下刈り	20
⑧ 初期コスト	23
(2) コウヨウザン	25
① 需要	27
② 成林状況	28
③ 植栽立地	30
④ 苗木と生存率	32
⑤ 植栽密度	37
⑥ 苗木の手配	38
⑦ ノウサギ被害防除	40
⑧ 初期コスト	43

注：本ガイドライン中のグラフで示したエラーバーは全て標準偏差を表している。

1. 背景と目的

国産材の利用が進み、木材自給率が上昇傾向で推移する中、森林資源の持続的な利用を確保していく観点から、伐採後の再造林が重要となっている。一方、造林においては初期作業である植栽と下刈りに多額の費用を要し、この費用の回収ができる主伐までの期間が非常に長いことが、所有者の関心を再造林に向きにくくしている。

そのような中、20～30年という比較的短い期間で木材としての利用が見込まれるセンダンやコウヨウザン等の早生樹が、造林樹種の選択肢として注目を集めつつあり、研究や実証調査も盛んになってきている。しかし、本格的な研究等の開始から日が浅いこともあり、育苗、植栽立地、施業体系等不明な点が多く、試験研究情報等も一元的には整理されていない。

このため、平成29（2017）年～令和元（2019）年にかけて、林野庁の早生樹利用による森林整備手法検討調査により、これまでの早生樹の植栽技術に関する情報の収集・分析及び既存の植栽地における生育状況の調査、実証的な植栽による試験等を実施した。本ガイドラインはこの結果に基づき、早生樹を植栽する際の参考となるよう作成したものである。

2. 対象樹種

本ガイドラインは**木材生産が可能な樹種のうち**、各地域で植栽が進んでおり、生産目標の参考となる既存植栽地がある**センダン**、**コウヨウザン**の2樹種について記載した。

センダンは、現在、天然木が加工され、家具材や住宅部材として流通しているが、製材業界や家具業界から材を求める声が徐々に大きくなってきている。

熊本県では、熊本県森林・林業・木材産業基本計画に基づきセンダンの植栽を推進しており、熊本県甲佐町に試験展示林を設けるなど、研究開発を進めている。

一方、センダンの植え方や植栽適地、保育管理等について明らかになっていない点も多いことから、本事業では、植栽密度や植栽立地、芽かきや下刈りに関する調査結果を基に、本ガイドラインをまとめた。

コウヨウザンは、中国から導入された早生樹であり、神社・仏閣等に単木的に植栽されているものが多いが、広島県庄原市には同一林齢のスギ以上の林分蓄積を有するコウヨウザン林分がある。コウヨウザンは材質試験でヒノキと同等の値を示すとの報告があるほか、萌芽再生力が強いなど、再造林の低コスト化にもつながる樹種として期待されている。現在は島根県、広島県、鹿児島県で造林補助事業の対象樹種として指定され、植林が進められている。

一方、コウヨウザンについては、苗木の選択やノウサギによる被害について不明な点も多い。本事業では、現在流通している1年生苗と2年生苗の成長の比較や、ノウサギ被害防除に関する調査結果を基に、本ガイドラインをまとめた。

3. 植栽・保育の留意点

(1) センダン

センダンにかかる本ガイドラインは、実証植栽地3箇所（表1）及びその他13箇所の既存植栽地（表2）の調査等に基づき作成した。各調査地の位置を図1に示す。

なお、センダンのガイドライン中に示す林分No.は表1、表2、図1に対応している。

表1 センダン実証植栽地の概要

林分 No.	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	年平均気温 (℃)*
1	愛知県豊田市	平成30(2018)年12月	400	0.42	12.9
2	熊本県天草市	平成30(2018)年1月	400	0.16	16.4
			200	0.29	
3	宮崎県宮崎市	平成29(2017)年12月	400	0.29	16.9
			200	0.25	

* 最寄りの気象観測所の年平均値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出

表2 センダン既存植栽地の概要

林分 No.	管 轄 機 関	調査時 林分	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	年平均気温 (℃)*
4	若 杉 林	2	熊本県天草市橋本町	平成29(2017)年4・5月	400	—	14.6
5		2	熊本県天草郡苓北町①	平成28(2016)年	299	0.05	15.4
6		3	兵庫県赤松市	平成28(2016)年4月	400	0.3	13.5
7		3	熊本県天草郡苓北町	平成30(2018)年3月	400	0.11	14.6
8		3	熊本県天草市天草町	平成30(2018)年3月	400	0.42	14.6
9		3	熊本県上天草市	平成30(2018)年3月	400	0.22	14.6
10		5	熊本県天草郡苓北町②	平成25(2013)年	389	0.09	15.4
11	仕 齡 林	17	熊本県甲佐町	平成13(2001)年4月	1,111	0.1	16.8
12		17	宮崎県高岡町(国有林)	平成13(2001)年3月	2,500	2.86	16.7
13		18	宮崎県延岡市	平成12(2000)年3月	3,500	0.14	14.0
14		21	宮崎県高岡町(国有林)	平成8(1996)年	2,800	0.16	16.5
15		24	熊本県人吉市	平成7(1995)年	3,000	0.8	14.8
16		30	宮崎県えびの市	平成元(1989)年3月	3,000	1.24	13.9

* 最寄りの気象観測所の年平均値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出

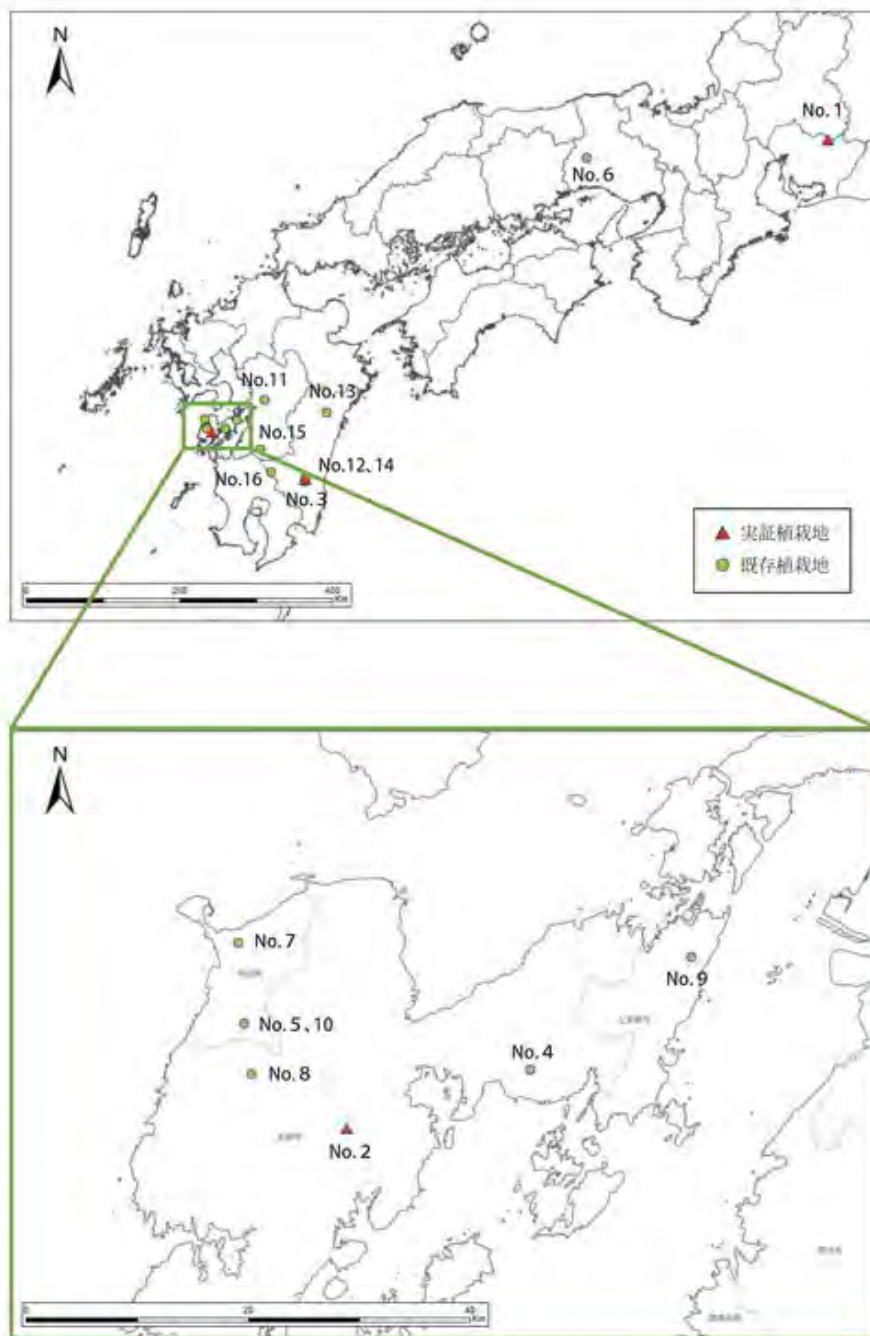


図1 センダンの実証植栽地及び既存植栽地
(図中のNo.は表1,2の林分No.に対応)

センダンを植栽する際の参考となるよう、ガイドラインとして以下の順に整理した。

Q 1. センダンの需要はあるの?いくらで売れるの?

A 1. 末口40cm、4mの直材は約4～5万円/m³で取引されている。
需要は高く、植栽面積も拡大している。 →詳しくは、① 需要(P5)

Q 2. 将来どのような林分になるの?

A 2. 林齢17年生で平均樹高16.5m、平均胸高直径28.2cmの林分がある。
→詳しくは、② 成林状況(P6)

Q 3. どこに植えれば良いの?

A 3. 山地では、乾いた斜面上部よりも下部での生育が良好である。
耕作放棄地では、水田跡地よりも畑跡地で生育が良好である。
ただし、水田跡地でも滞水しない立地で生育が良好な事例もある。
→詳しくは、③ 植栽適地と植栽後の成長(P9)

Q 4. どのくらい植えれば良いの?

A 4. 熊本県では植栽密度400本/haを推奨している。
肥大成長を促すため間伐を行い、最終的な立木密度は70本/haとされている。
→詳しくは、④ 植栽密度(P17)

Q 5. 苗木はどこで手に入るの?価格は?

A 5. 生産量は熊本県が一番、次いで宮崎県であり、熊本県では苗長50～100cm、90～290円/本である。
→詳しくは、⑤ 苗木の手配(P18)

Q 6. 「芽かき」とは?芽かきはどの程度やれば良いの?

A 6. 芽かきとは、枝の元となる芽を欠いて通直材を生産する最も有効な方法である。春芽かきと夏芽かきの最低年2回必要で、求める直材の長さ(高さ)まで実施する。
→詳しくは、⑥ 芽かき(P19)

Q 7. センダンは成長が早いので、下刈りをする必要がないのでは?

A 7. 下刈りは基本的に必要であり、特に耕作放棄地では雑草木の繁茂が激しく、徹底的に行う必要がある。
→詳しくは、⑦ 下刈り(P20)

Q 8. どれくらいの初期費用がかかるの?

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで、山地では約64万円/ha(植栽密度400本/ha)である。
また、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地では114～152万円/ha(植栽密度200～400本/ha)が必要である。 →詳しくは、⑧ 初期コスト(P23)

① 需要

Q 1. センダンの需要はあるの?いくらで売れるの?

**A 1. 末口40cm、4mの直材は約4～5万円/m³で取引されている。
需要は高く、植栽面積も拡大している。**

センダンは、ケヤキの代替材として、「硬すぎず軟らかすぎず、加工性やデザイン性にも優れている」と評価が高く、イスやテーブル等の家具材に加え、住宅部材等にも利用されている（写真1～4；協同組合 福岡・大川家具工業会）。現在供給されているセンダンはほぼ天然木で、末口40cm、4mの直材であれば約4～5万円/m³程度で取引されている。

近年の製材業界や家具業界からの需要の高まりに対し、熊本県ではセンダン人工林からの材供給を目指して植林を推進し、植栽面積は平成26（2014）年の1.21haから平成29（2017）年の9.18haに拡大している。また、全国的に見てもセンダンの植栽箇所は増加傾向にあり、平成25年度の熊本県等3県から、平成29年度には、兵庫県、島根県、大分県、宮崎県等9県に増加している。



写真1 無垢材を接ぎ合わせたテーブル



写真2 集成材



写真3 突板



写真4 スギ合板(12mm)の両面にセンダン挽板(4mm)を貼り合わせた国産早生広葉樹ハイブリットパネル(PLT)

② 成林状況

Q 2. 将来どのような林分になるの？

A 2. 林齢17年生で平均樹高16.5m、平均胸高直径28.2cmの林分がある。

本事業で調査したセンダン既存植栽地のうち、社齡の6林分（No.11～No.16）の平均樹高、平均胸高直径、林分材積の結果を図2に示す。

成長良好な林分から成長不良な林分まで様々な林分が見られた。各林分の特徴について次ページ以降に示す。

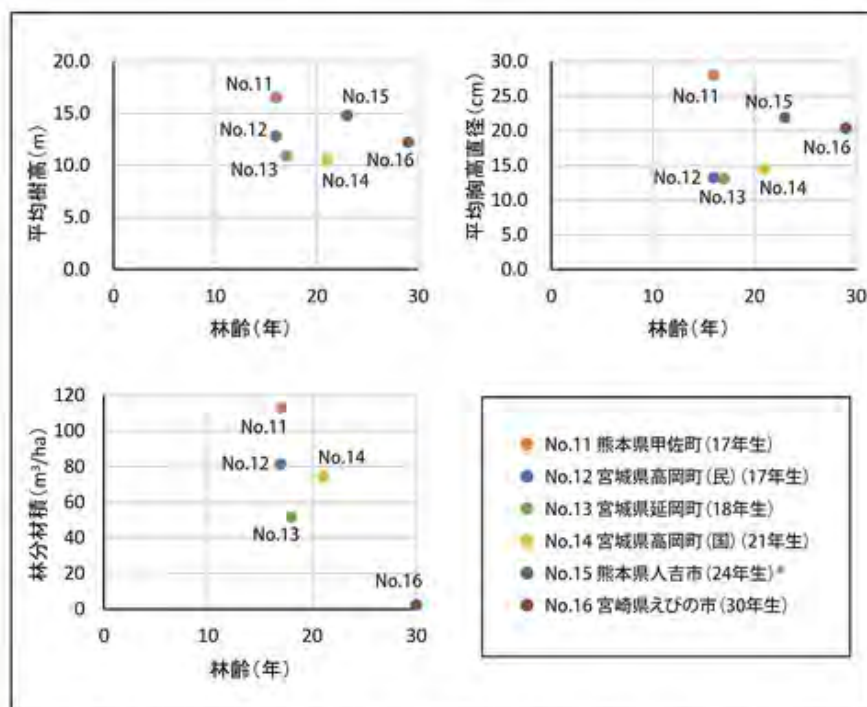


図2 センダン既存植栽地における林齢と平均樹高(左上)、平均胸高直径(右上)、林分材積(左下)

* No.15は調査プロットが狭く林分材積として適切に評価できないため、林分材積の記載は省略した。

◆ 成長良好な林分

No.11熊本県甲佐町のセンダン既存植栽地は、平成13（2001）年、密度1,111本/haで植栽された17年生の林分であり、調査を行ったセンダン既存植栽地の中で最も良好な林分として成林していた（写真5 熊本県林業研究・研修センター舞の原試験展示林）。本林分では、下刈りが年2回、2年間行われ、4年生時及び11年生時に間伐が実施されるなど徹底した管理が行われている。

本林分では、33m×40mのプロットを設定し、30本のセンダンを調査した。

これらのセンダンは、平均樹高16.5m・平均胸高直径28.2cmに達し、胸高直径が最も太いものは39.2cmに達していた（図3）。また、植栽から2年目の夏までに芽かきを高さ4.5mまで2週間ごとに実施したことで、多くの個体が4m以上の直材を得られる立木に成長していた（図4）。

このように、理想的なセンダン林分を仕立てるには、植栽後数年間の芽かきや下刈り、またその後の適切な時期における間伐等の徹底した保育管理が大切であることが分かった。



写真5 No.11熊本県甲佐町17年生林分

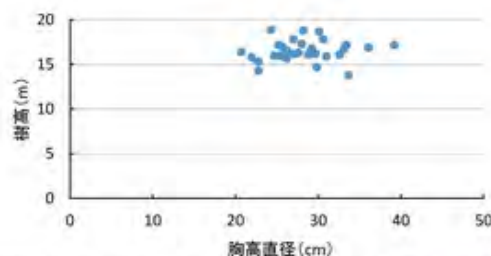


図3 No.11熊本県甲佐町17年生林分の胸高直径及び樹高の分布

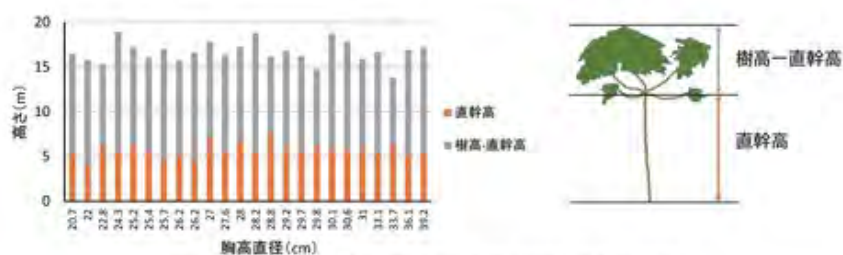


図4 No.11熊本県甲佐町17年生林分の直材が採れる高さの分布

◆ 成長が抑えられていた林分

No.13宮崎県延岡市のセンダン既存植栽地は、平成12（2000）年、密度3,500本/haで植栽された18年生の林分であり、成林していたものの成長が抑えられ、林分材積が51.7m³/haにとどまっていた（写真6）。本林分では、下刈りが年1回、平成14（2002）年～平成21（2009）年まで実施されているが、間伐の記録はない。

本林分では、13m×15mのプロットを設定し、15本のセンダンを調査した。

これらのセンダンは、平均樹高10.9m・平均胸高直径13.1cmと、成長が抑えられていた。

このように、センダンの成長を促進させるためには、間伐が不可欠であることが分かった。特にセンダンは成長が早く林冠閉鎖も早いと、適した時期に間伐を行うことが大切である（本数管理についてはP17に記載）。



写真6 No.13宮崎県延岡市18年生林分

◆ 成林しなかった林分

No.16宮崎県えびの市のセンダン既存植栽地は、平成元（1989）年、密度3,000本/haで植栽された30年生林分であるが、成林していなかった（写真7）。本林分では、植栽後、年1回、4年間下刈りが実施されたが、11年生時の除伐以降、19年間保育間伐等が行われていない。

本林分では、植栽地1.24haに生存するセンダンを調査した。

その結果、植栽されたセンダンのほとんどが消失し、生存していたセンダンは15本のみだった。調査地には、樹高10mを超えるタブノキやウラジロガシ等が生育しており、再生してきたこれらの常緑広葉樹等にセンダンが被圧されるようになったと考えられた。

このように、数年経過したセンダン林分でも、定期的に見回り、状況に応じて雑草木を除去する等の保育管理が大切であることが分かった。



写真7 No.16宮崎県えびの市の30年生林分（調査員が指差しているのはセンダンの枯死木）

③ 植栽適地と植栽後の成長

センダンは暖帯に自生し、谷筋や斜面下部、平地で成長が良いとされており¹⁾、養分、水分要求度が非常に高い樹種である²⁾。本事業で、山地の斜面中部～下部・平坦地、耕作放棄地にセンダンを植栽し、立地の違いによる成長を調査した。また、既存植栽地についても合わせて調査を行った。以下、植栽立地を山地と耕作放棄地の場合に分け、各立地における植栽後の成長をまとめた。

◆ 山地の場合

Q3-1.どこに植えれば良いの？

A3-1.山地では、乾いた斜面上部よりも下部での生育が良好である。

✓ 斜面別の比較その1（実証植栽地，No.3 宮崎県宮崎市3年生の若齢林）

宮崎県宮崎市のセンダン実証植栽地（写真8）は、平成29（2017）年12月に国有林の斜面に植栽した3年生の調査地である。前生林は66年生のスギ・ヒノキ・広葉樹で、平成28（2016）年～平成29（2017）年にかけて伐採されている。

本林分では、植栽地の斜面を中部（標高75m）と下部～平坦地（標高52m）の2つに分け、樹高及び平均胸高直径を植栽直後から3年間にわたって調査した。

その結果、植栽から2年後の平均樹高は、斜面中部で1.7mだったのに対し、斜面下部～平坦地では2.3mと、有意に高くなった（t検定：P<0.05）。また根元径についても斜面下部～平坦地で有意に太くなる結果となった（t検定：P<0.05）（図5）。

このように、センダンは斜面中部よりも下部で生育良好であることが分かった。



写真8 No.3 宮崎県宮崎市3年生林分

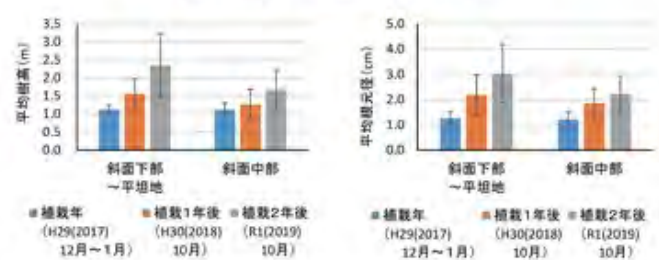


図5 斜面別の平均樹高及び平均根元径の経年変化 (No.3 宮崎県宮崎市3年生林分)

✓ 斜面別の比較その2（既存植栽地、No.15熊本県人吉市24年生の壮齢林）

熊本県人吉市のセンダン既存植栽地（写真9,10）は、平成7（1995）年に県有林の斜面に植栽された24年生の林分である。

本林分では、林分の斜面を上部（標高280m）と下部（標高260m）に分け、樹高及び平均胸高直径を調査した。

その結果、平均樹高は斜面上部で14.3m、斜面下部で15.0mと有意差はなかったものの、平均胸高直径は斜面上部の14.9cmに比べ、斜面下部は25.0cmと有意に大きかった（t検定： $P<0.05$ ）（図6）。

このように、センダンは斜面上部よりも下部で生育良好であることが分かった。

なお、熊本県が行った県内36林分（林齢6～20年生）のセンダン植栽地の調査によると、成林していた11林分は、土壌水分や養分が豊富な谷筋や平地に多く生育していたが、成林していない林分は斜面上部や尾根上に多く位置しているとしており^{30）}、本調査の結果と同様の傾向を示していた。



写真9 No.15熊本県人吉市24年生林分
斜面下部(標高260m)の様子



写真10 No.15熊本県人吉市24年生林分
斜面上部(標高280m)の様子

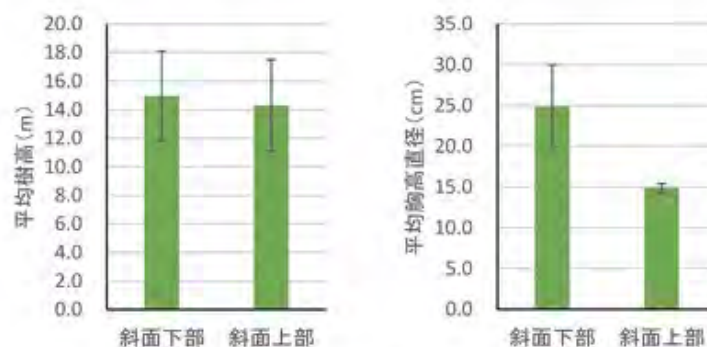


図6 斜面別の平均胸高直径及び樹高 (No.15熊本県人吉市24年生林分)
(平均胸高直径のみ有意差あり(t検定： $P<0.05$))

✓ その他生育良好な事例

植栽地の気候や土壌、斜面方位など様々な要因があるため、植栽適地を一律に判定することは容易ではないが、今回調査した既存植栽地には、山地に植栽され良好な成長を示す林分が見られたので、以下に紹介する。

No. 4 熊本県天草市栖本町

熊本県天草市栖本町のセンダン既存植栽地は、平成29（2017）年、ほぼ平坦地の針葉樹伐採跡地に植栽された林分である。平均樹高は2年生で4.3mに達していた（写真11）。芽かきや下刈り等、管理が適切に行われていることが、良好な成長につながっていると考えられる。



写真11 No. 4 熊本県天草市栖本町 2年生林分

No. 7 熊本県天草郡苓北町

熊本県天草郡苓北町のセンダン既存植栽地は、平成30（2018）年、ヒノキ林の伐採跡地に植栽された林分である。平均樹高は3年生で3.6mに達していた（写真12）。植栽木の周囲に雑草木がそれほど繁茂しておらず、下刈り等の管理も適切に行われていることが、良好な成長につながっていると考えられる。



写真12 No. 7 熊本県天草郡苓北町 3年生林分

◆ 耕作放棄地の場合

Q 3-2. どこに植えれば良いの？

A 3-2. 耕作放棄地では、水田跡地よりも畑跡地で生育が良好である。
ただし、水田跡地でも滞水しない立地で生育が良好な事例もある。

✓ 畑跡地と水田跡地の比較（実証植栽地、No.1 愛知県豊田市 2年生の若齢林）

愛知県豊田市のセンダン実証植栽地は、平成30（2018）年12月にクワ畑及び水田跡地に植栽した2年生の調査地である。センダンの植栽前は、耕作をやめてから約20年経過しており（写真13）、クワノキが残るなどしていたため、重機による地持ちを行った（写真14）。

本林分では、植栽地を、①畑跡地（写真15）と②水田跡地に大きく分けた上で、水田跡地は、排水路を設けた箇所（写真16）、設けない箇所に分け、さらに排水路を設けない箇所については、群上植栽（写真17）と田内植栽（写真18）に分類し、合計4プロットで調査を行った。

植栽立地別に生存率を比較したところ、畑跡地の100%に対し、水田跡地（排水路あり）で31%、水田跡地（排水路なし：群植え）で47%、水田跡地（排水路なし：田内植え）に至っては全て枯死する結果となった（図7）。また、樹高及び根元径についても、水田跡地に比べ、畑跡地で有意に成長が良い結果となった（畑跡地と水田跡地（排水路なし・畦）で有意差あり（t検定： $P<0.05$ ））（図8,9）。

このように、センダンは水田跡地よりも畑跡地で生育良好であることが分かった。また、水田跡地に植栽する場合、排水路作設による効果は多少あるが、それだけでは不十分であることが分かった。なお、滞水状況によっては水田の路盤を崩す等の工夫も必要である。



写真13 No.1 愛知県豊田市地持ち前の様子（左：畑跡地、右：水田跡地）



写真14 重機による地持ちの様子



写真15 No. 1-① 愛知県豊田市畑跡地



写真16 No. 1-② 愛知県豊田市水田跡地
(排水路あり)



写真17 No. 1-② 愛知県豊田市水田跡地
(排水路なし:畦植え)



写真18 No. 1-② 愛知県豊田市
水田跡地 (排水路なし:田内植え)

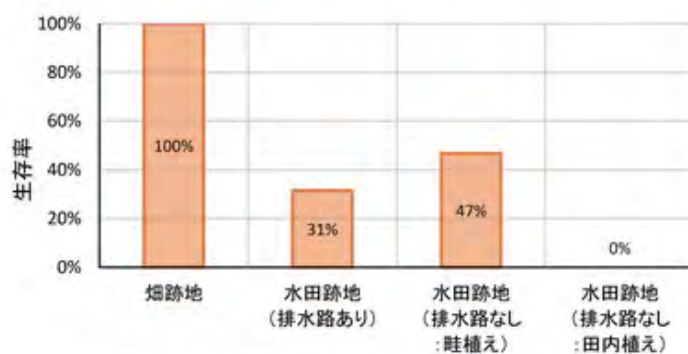


図7 植栽立地別の生存率 (No. 1 愛知県豊田市2年生林分)

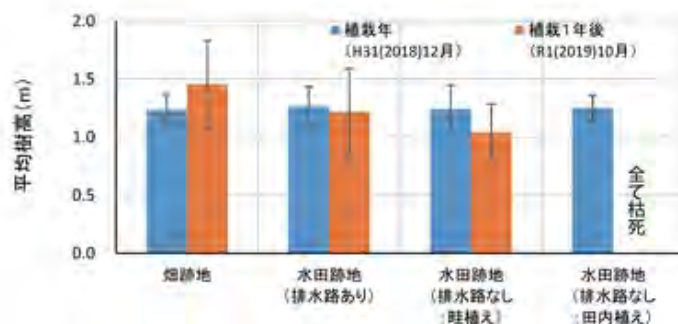


図8 植栽立地別の平均樹高 (No.1 愛知県豊田市2年生林分)
樹高が低くなっているのは、植栽後冬の寒害を受け幹の上部が枯死し、台切で再生させたことによるものである

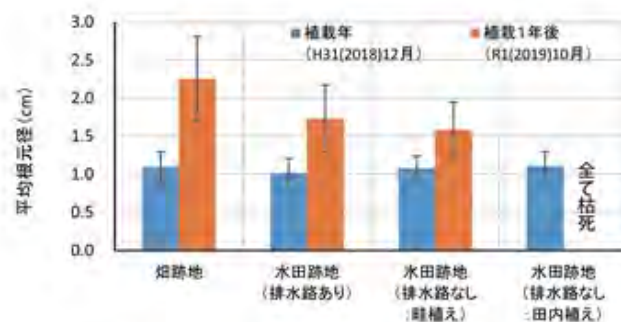


図9 植栽立地別の平均根元径 (No.1 愛知県豊田市2年生林分)

✓ 水田跡地間での比較 (既存植栽地, その他の地域)

今回調査したセンダン既存植栽地には、水田跡地であっても良好な生育を示す林分が見られた一方、前述のNo.1 愛知県豊田市の水田跡地と同様、成長不良な林分も見られたので、以下に紹介する。

～生育良好な事例～

No.6 兵庫県宍粟市

兵庫県宍粟市のセンダン既存植栽地は、稲作をやめてから30年以上経過していた棚田跡地 (写真19) であり、植栽前はススキや雑草が生い茂っていた。この植栽地は、宍粟市早生樹活用研究会により平成28 (2016) 年に密度400本/haで植栽され、植栽後は芽かきを適期に実施し、下刈りを年2回行っている。

これらのセンダンの平均樹高は3年生で5.3mに達していた。

水田跡地であるが滞水しない立地にあり、下刈りや芽かき等の管理が徹底的に行われていることが良好な成長につながっていると考えられる。



写真19 No.6兵庫県宍粟市3年生林分

No. 5,10熊本県苓北町①②

熊本県苓北町のセンダン既存植栽地は、平成25（2013）年及び平成28（2016）年に棚田跡地に密度約300～600本/haで植栽された調査地である（写真20,21）。テラス状に段々となっており、最上段である5段目（標高214m）に5年生、1段目（標高195m）に2年生のセンダンが植栽されていた。緩効性固形肥料を元肥として施肥し、芽かきを植栽後2年間実施し、下刈りも行っている。

これらのセンダンの平均樹高は2年生で3.8m、5年生で7.5mに達していた。

No. 6 兵庫県宍粟市と同様、水田跡地であるが滞水しない立地にあり、適切な保育管理が良好な成長につながっていると考えられる。



写真20 No. 5 熊本県苓北町① 2年生林分



写真21 No.10熊本県苓北町② 5年生林分

～生育不良な事例～

No. 8 熊本県天草市天草町

熊本県天草市天草町のセンダン既存植栽地は、近くに沢が流れている水田跡地で、平成30（2018）年3月に植栽されたセンダンである（写真22）。

これらのセンダンの平均樹高は3年生で1.2mにとどまっていた。

下刈りは実施されたと思われるが、近くに沢が流れるなど、一時的に滞水する時期があることが推察され、生育不良につながっていると考えられる。



写真22 No. 8 熊本県天草市天草町3年生林分

No. 9 熊本県上天草市

熊本県上天草市のセンダン既存植栽地は、近くに溜池がある水田跡地で、平成30（2018）年3月に植栽されたセンダンである（写真23）。

7月の下刈り前にはこれらのセンダンのほとんどが枯死しており、生存木も平均樹高0.7mとほとんど成長していなかった。

溜池のそばに立地し、地下水位が高いことが推察され、生育不良につながっていると考えられる。



写真23 No. 9 熊本県上天草市3年生林分

④ 植栽密度

Q 4. どのくらい植えれば良いの？

A 4. 熊本県では植栽密度400本/haを推奨している。

肥大成長を促すため間伐を行い、最終的な立木密度は70本/haとされている。

センダンの施業については、熊本県が平成8（1996）年頃から育林研究を行っており、当初は植栽密度3,000本/ha、5,000本/ha、7,000本/haで植栽木の成長や曲がり等の樹形を比較する試験が行われた。これらの林分では、初期成長は良好だったものの、数年で林分閉鎖し、肥大成長が明確に減速しただけでなく、幹曲がりの矯正効果も不十分であった。

その後、芽かきの技術が開発され、低密度植栽でも通直な材の生産が可能となったことから、現在では、少ない間伐回数で持続的な直径成長を促すのに適していると考えられる植栽密度400本/ha（植栽間隔5m）を推奨している。具体的には、20年後に収穫することを目指し、植栽後に複数回間伐し、収穫時には70本/ha（12m間隔）まで立木密度を下げ、末口径30cm以上、直幹4mの丸太生産を想定している。

なお、林分閉鎖後の林分葉量は、一般的に立木密度に関わらず面積当たり一定になることから、高密度で植栽した場合には、単木当たりの葉量が減り、肥大成長が抑制される。このため、肥大成長を促すためには、単木の葉量が最大化されるよう適したタイミングで間伐し、立木密度をコントロールすることが重要である。

「センダンの育成方法（熊本県）¹⁾」の施業体系の一例では、図10に示す立木密度であれば、肥大成長に影響がないとしている。なお、植栽後2年目までに樹高4.5mに達することが理想的である。

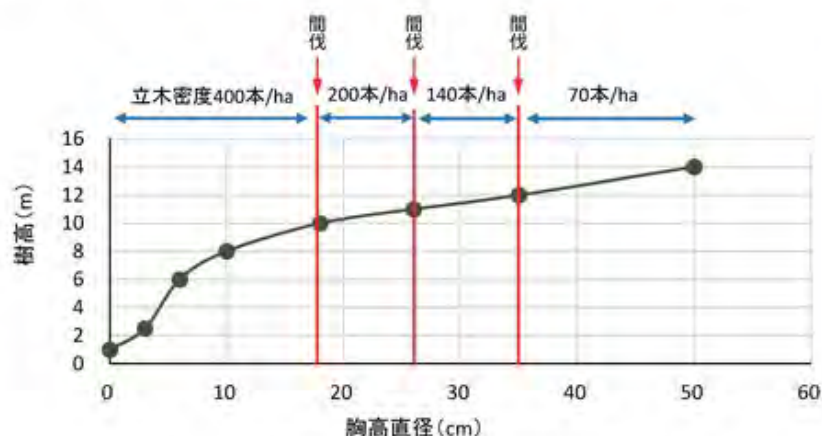


図10 肥大成長に影響がないと考えられる立木密度
(センダンの育成方法¹⁾の施業体系を基に作成)

⑤ 苗木の手配

Q 5. 苗木はどこで手に入るの？ 価格は？

A 5. 生産量は熊本県が一番、次いで宮崎県であり、熊本県では苗長50～100cm、90～290円/本である。

センダンの苗木生産は熊本県が一番多く（表3）、苗長は50～100cmで価格は90円～290円/本となっている（表4）。苗木には、個体選抜した母樹から採取した種子に由来するもののほか、山林等から採取した種子に由来するものもある。今後の用材生産に向けては、個体選抜した母樹から採取した種子で作った優良苗木を使うことが望まれる。なお、熊本県では、成長が良好で樹幹が通直な数家系を個体選抜している。

また、本事業におけるセンダンの苗木は「熊本県樹苗協同組合（電話：096-288-6722）」から購入した（写真24,25）。

表3 センダン苗木の生産地域と生産量※

地域	生産者数	生産量（本）：概算値					
		H24(2012)	H25(2013)	H26(2014)	H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)
島根県	1	試験栽培用のため、数量不明					
香川県	1						3,000
佐賀県	2	1,200	600	100	800	700	500
		1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
熊本県	2				500	5,000	20,000
		10,000	10,000	10,000	10,000	22,000	32,000
大分県	1	4,000	4,000	4,000	7,000	7,000	7,000
宮崎県	2	0	0	6,900	5,400	0	3,000
		2,500	0	500	3,700	9,700	16,000

※ 全国山林種苗協同組合連合会及び日本樹木協会へ平成29（2017）年度に照会した結果

表4 生産されているセンダンの規格と価格※

地域	規格（苗長）	金額	備考
熊本県	60 cm	90 円	裸苗
	100 cm	110 円	
	50cm	290 円	ポット苗
大分県	60 cm	100 円	裸苗
	100 cm	180 円	
	50 cm	240 円	ポット苗
	100 cm	420 円	
宮崎県	80 cm	65 円	裸苗

※ 全国山林種苗協同組合連合会及び日本樹木協会へ平成29（2017）年度に照会した結果



写真24 本事業で植栽に供された裸苗



写真25 センダンの苗畑

⑥ 芽かき

Q 6-1. 「芽かき」とは？

A 6-1. 芽かきとは、枝の元となる芽を欠いて通直材を生産する最も有効な方法である。

「芽かき」とは、樹幹を通直にする最も有効な方法であり、頂芽以外の側芽を取り除くことである（写真26）。センダンは、数多く発生する側芽により低い位置で枝分かれするため、天然に自生しているセンダンから太い通直材を採ることは難しい。このため、通直な材を得るには、求める材の高さまで芽かきを行うことが非常に重要な作業となる。芽かきの具体的な手法等については、「センダンの育成方法¹⁾（https://www.pref.kumamoto.jp/kiji_20150.html）」を参照されたい。



写真26 頂芽を残し、側芽を取り除く「芽かき」の様子

Q 6-2. 芽かきはどの程度やれば良いの？

A 6-2. 春芽かきと夏芽かきの最低年2回必要で、求める直材の長さ（高さ）まで実施する。

芽かきは、春（4～5月）及び夏（6～9月）の時期、最低年2回、枝下高が求める直材の長さになるまで行う必要がある。

芽の発生時期には個体差があるため、植栽地全ての個体の芽が出終わった時期にまとめて芽かきを行おうとすると、出芽の早かった個体からは既に枝が発生しており、立木の曲がりを生んでしまう（写真27,28）。特に、植栽後1年目に比べ2年目の方が、出芽量が比較的多く、出芽のタイミングも早いので、2年目の芽かきには特に注意が必要である。

価値の高い直材を多く収穫するには1～2週間に1回程度の頻度で見回り、側芽発生の際に芽かきを行うことが求められる。自宅近くなどアクセスの良い場所にセンダンを標準木として一本植えて、その標準木の芽吹きを観察して芽かきの時期を判断するのも一つの方法である。



写真27 根元から95cm高で三叉に分かれたセンダン



写真28 根元から130cm高で曲がったセンダン

⑦ 下刈り

Q 7. センダンは成長が早いので、下刈りをする必要がないのでは？**A 7. 下刈りは基本的に必要であり、特に耕作放棄地では雑草木の繁茂が激しく、徹底的に行う必要がある。**

センダンは成長が早く雑草木の背丈をすぐに追い越すため、下刈りが不要であるとの考えもあったが、実際には競争相手となる雑草木がセンダンより早く成長する事例も見られ、下刈りが必要であることが分かった。

◆ 耕作放棄地での雑草木の強力な再生力

No. 2 熊本県天草市のセンダン実証植栽地は、平成30（2018）年3月に耕作放棄地に植栽した3年生の調査地である。耕作放棄前はサツマイモが作られており、植栽前はクズとともに樹齢5～8年生程度のアカメガシワやクサギ等が一部に侵入し、樹高3～4m程度の藪状になっていた（写真29）。なお、植栽地の周囲にはミカン畑が広がっている。

本林分では、重機により地摺えを行った上で植栽したが、翌年8月下旬にはセイタカアワダチソウ等の雑草木がセンダンを追い抜くスピードで再生した。この雑草木によりセンダンの成長は大きく阻害され、成長阻害をそれほど受けなかったプロット①（写真30）の平均樹高2.8mに対し、雑草木による成長阻害を受けていたプロット②（写真31）の平均樹高は1.7mと、1m以上の違いが見られた。また、平均根元径についても約1.1cmの成長差が見られた（図11）。

このように、耕作が放棄されてから長年経過しているような耕作放棄地では、雑草木の根系や埋土種子が地下部に大量に蓄積されており、地上部を刈っても強力な再生力で再度繁茂し、センダンの成長を阻害することが分かった。特にセイタカアワダチソウやクズによる被圧が甚大であった（写真32,33）。このような林分では、年1回の下刈りでは不十分で、最低でも年2回が必須である。

労力軽減のためには、植栽前に除草剤を散布し、雑草木の生育を抑えてから植栽するなどの除草対策を考えていくことも必要である。



写真29 No. 2 熊本県天草市の植栽地においてセンダン植栽前に定着していたクサギ(左)やクズ(右)等



写真30 No. 2 熊本県天草市 3 年生林分調査プロット①
左:平成30(2018)年 1 月下旬(地擦え後)、右:平成30(2018)年 8 月下旬(下刈り前)



写真31 No. 2 熊本県天草市 3 年生林分調査プロット②
左:平成30(2018)年 1 月下旬(地擦え後)、右:平成30(2018)年 8 月下旬(下刈り前)

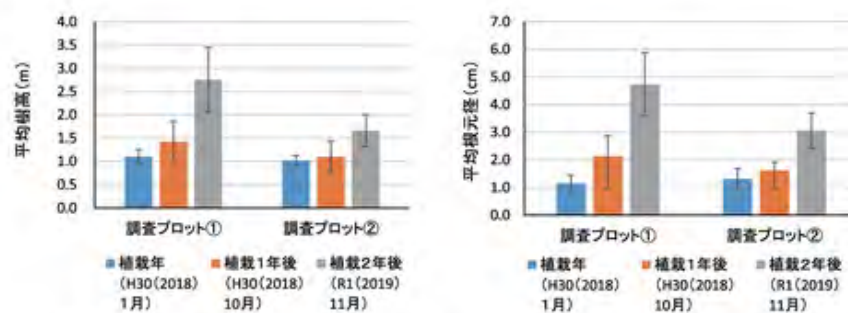


図11 植栽年から植栽 2 年後までの平均樹高と平均根元径の成長 (No. 2 熊本県天草市 3 年生林分)
調査プロット①: 植栽後、センダンの背丈を超える雑草木が周囲になく、成長阻害をそれほど受けなかった箇所
調査プロット②: 植栽後、センダンの背丈を超える雑草木に覆われ成長阻害を受けた箇所



写真32 センダンの樹高を上回るセイタカアワダチソウ



写真33 クズに巻きつかれるセンダン

◆ 雑草木が引き起こしたセンダンへの二次的被害

雑草木に覆われたセンダンは、被圧による直接的な被害だけでなく、その雑草木をすみかとする害虫（ゴマダラカミキリ、シャクトリムシ）による二次的被害を受けていた（写真34,35）。

センダンが雑草木の背丈を越えていたとしても、害虫による被害を避けるためには、雑草木の下刈りを一定程度継続することも必要である。



写真34 シャクトリムシにより葉の被害を受けたセンダン



写真35 ゴマダラカミキリにより幹の被害を受けたセンダン

⑧ 初期コスト

Q 8. どれくらいの初期費用がかかるの？

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで、山地では約64万円/ha(植栽密度400本/ha)である。

また、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地では114～152万円/ha(植栽密度200～400本/ha)が必要である。

No. 2 熊本県天草市(耕作放棄地)のセンダン実証植栽地及びNo. 3 宮崎県宮崎市(山地)のセンダン実証植栽地において(植栽履歴の詳細はそれぞれP20.9 参照)、2年目までにかかる保育作業等についてコスト分析を行った。コストは、植栽、下刈り及び芽かきにかかった人工数のデータを基に算出した。植栽密度は、熊本県が推奨する400本/haに加え、さらに手間(コスト)をかけずに早く収穫することを目指し、末口径30cm以上・直幹2.5mの丸太生産を想定し、200本/ha(植栽間隔7m)の植栽試験も設計した。なお、直幹2.5mは、テーブル板等に用いることが可能な長さで、手の届く範囲での芽かきが可能な高さである。

No. 2 熊本県天草市(耕作放棄地)では、植栽密度による影響以上に、雑草木の繁茂状況がコストに大きく影響した。このため、植栽後、センダンの背丈を超える雑草木が周囲になく、成長阻害をそれほど受けなかった200本/ha区をプロット①、センダンの背丈を超える雑草木に覆われ成長阻害を受けた400本/ha区をプロット②として区分した。なお、プロット①、②はP20.21と同じプロットである。

プロット①で、植栽から植栽後2年目までに約114万円/haのコストがかかり、プロット②では、152万円/haのコストがかかった(図12)。

このように、雑草木の繁茂が激しい耕作放棄地では、山地以上に地寄せ及び下刈りにかかるコストが多くなるケースがあるため、植栽前の除草対策等、コストをいかに下げていくかを考えていく必要がある。

No. 3 宮崎県宮崎市(山地)では、植栽密度400本/haで、植栽から植栽後2年目までに約64万円/haのコストがかかった。一方、植栽密度200本/haでは、植栽及び芽かきに必要な労力が抑えられ、約55万円/haのコストに抑えることができた(図12、表5)。

このため、植栽密度200本/haでは、400本/haに比べ、苗木代、植栽労力、間伐にかかる手間(コスト)を軽減できる利点がある。一方、400本/haでは本数が多い分、枯死のリスクが軽減されるとともに、間伐時に成長の良好な植栽木を選抜して残せる利点がある。これらを踏まえ、植栽密度を選択していく必要がある。

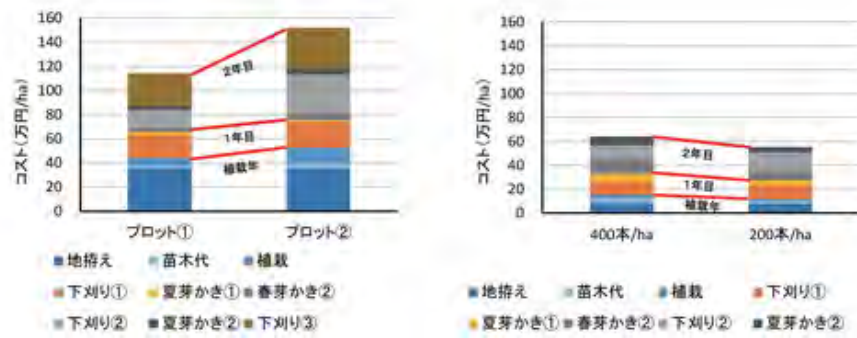


図12 地植え、植栽、芽かき及び下刈り(植栽後2年間)にかかったコスト
(左:No. 2 熊本県天草市 3年生林分、右:No. 3 宮崎県宮崎市 3年生林分)

表5 地植え、植栽、芽かき及び下刈り(植栽後2年間)にかかったコスト

(単位:万円/ha)

場所	区分	植栽年			1年目		2年目				合計
		地植え	苗木代	植栽	下刈り①	夏芽かき①	春芽かき②	下刈り②	夏芽かき②	下刈り③	
No. 2 熊本県 天草市*	プロット① (植栽密度 200本/ha)	35	2	0	20	2	3	15	3	27	114
	プロット② (植栽密度 400本/ha)	35	4	14	21	1	6	32	5	33	154
No. 3 宮崎県 宮崎市	植栽密度 400本/ha	8	4	3	11	7	13	12	7	—	64
	植栽密度 200本/ha	8	2	1	11	5	8	15	5	—	55

* センダンの背丈を超える雑草木が周囲に無く、成長阻害をそれほど受けなかった200本/ha区をプロット①、センダンの背丈を超える雑草木に覆われ成長阻害を受けた400本/ha区をプロット②として区分した。なお、プロット①、②はP20,21と同じプロットである。

3. 植栽・保育の留意点

(2) コウヨウザン

コウヨウザンにかかる本ガイドラインは、実証植栽地8箇所（表6）及びその他3箇所の既存植栽地（表7）の調査等に基づき作成した。各調査地の位置を図13に示す。

なお、コウヨウザンのガイドライン中に示す林分No.は表6、表7、図13に対応している。

表6 コウヨウザン実証植栽地の概要

林分 No.	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	年平均気温* (℃)
1	富山県立山町	平成 29(2017)年 11 月	1,600	0.45	9.8
2	静岡県小山町	平成 30(2018)年 10 月	1,600	0.50	11.0
3	和歌山県上富田町	平成 30(2018)年 11 月	1,600	0.50	14.3
4	広島県北広島町	平成 29(2017)年 12 月	1,500	0.43	11.4
5	山口県周南市	令和元(2019)年 6 月	1,600	0.46	12.5
6	徳島県三好市	令和元(2019)年 6 月	1,600	0.50	9.6
7	熊本県水俣市	令和元(2019)年 7 月	2,100	0.50	13.0
8	宮崎県宮崎市	平成 29(2017)年 12 月	1,600	0.51	16.9

* 最寄りの気象観測所の年平均値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出

表7 コウヨウザン既存植栽地の概要

林分 No.	調査時 林齢	場所	植栽年	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	年平均 気温* (℃)
9	55	広島県庄原市	昭和 38(1963)年	3,000	0.637	12.1
10	30	高知県 土佐清水市	昭和 7(1932)年植栽 昭和 63(1988)年伐採後、 萌芽再生	2,700	0.3	15.1
11	60	熊本県菊池市	昭和 34(1959)年	3,846	0.13	12.4

* 最寄りの気象観測所の年平均値を基に、100mで0.6℃下がるとして算出



図13 コウヨウザンの実証植栽地及び既存植栽地(図中のNo.は表6, 7の林分No.に対応)

コウヨウザンを植栽する際の参考となるよう、ガイドラインとして以下の順に整理した。

Q 1. コウヨウザンの材質は良い?どのような用途があるの?

A 1. 材質は基本的に良好で、構造物や集成材も含めた合板や建材としての利用を視野に入れた試験・研究が現在進められている。

→詳しくは、① 需要 (P27)

Q 2. 将来どのような林分になるの?

A 2. コウヨウザン林分のほとんどが同一林齢のスギの平均以上の林分材積を示した。

→詳しくは、② 成林状況 (P28)

Q 3. どこに植えれば良いの?

A 3. 生育適地は基本的にスギの植栽が可能な地域と考えられる。斜面別にみると、斜面上部よりも斜面中部、下部で生育良好であり、尾根部では風害に注意が必要である。

→詳しくは、③ 植栽立地 (P30)

Q 4. どんな苗木を何に注意して植えれば良いの?

A 4. 苗齢による生存率の差は基本的に認められない。被害としては雪害、乾燥害、ノウサギ被害が確認され、特に乾燥害は枯死に至るケースがあるため注意が必要である。

→詳しくは、④ 苗木と生存率 (P32)

Q 5. ヘクタール当たり何本植えれば良いの?

A 5. 広島県では現在、造林補助事業により植栽密度1,500本/haで植栽されている。

→詳しくは、⑤ 植栽密度 (P37)

Q 6. 苗木はどこで手に入るの?価格は?

A 6. 主に広島県で生産されており、苗長30~70cmで90~248円/本となっている。

→詳しくは、⑥ 苗木の手配 (P38)

Q 7. ノウサギ被害の対策は?

A 7. ノウサギが多い所では単木防護の対策が有効だが、多くのコストが必要となる。

→詳しくは、⑦ ノウサギ被害防除 (P40)

Q 8. どれくらいの初期費用がかかるの?

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで約100万円/haとなっており、特に1年生苗は誤伐防止のための印付け、2年生苗は苗木代で多くのコストがかかっている。

→詳しくは、⑧ 初期コスト (P43)

① 需要

Q 1. コウヨウザンの材質は良い?どのような用途があるの?

A 1. 材質は基本的に良好で、構造材や集成材も含めた合板や建材としての利用を視野に入れた試験・研究が現在進められている。

広島県庄原市（52年生）の林分から採材したコウヨウザンの材質試験によると、曲げ、縦圧縮、せん断強度については、スギ、ヒノキの無等級材の基準強度を上回り、めり込み強度はスギを下回った。これらの結果から、コウヨウザンの材が建築用材として十分に利用できる材質である可能性が示唆されている⁴⁾。

一方、茨城県日立市（22年生）の林分から採材したコウヨウザンの材質試験によると、曲げ強度についてはスギにやや劣り、曲げヤング係数はスギとヒノキの中間程度であった⁵⁾。

コウヨウザンの材質は基本的に良好で、構造材や集成材も含めた合板や建材としての利用を視野に入れた試験・研究が現在進められている（写真36）。

また、コウヨウザン材を用いた机や椅子の試作も行われている（写真37）。



写真36 コウヨウザンの材質試験の様子 (広島県提供)



写真37 高知県土佐清水市で萌芽更新したコウヨウザン林分から得られた材を用いた机、椅子

② 成林状況

Q 2. 将来どのような林分になるの？

A 2. コウヨウザン林分のほとんどが同一林齢のスギの平均以上の林分材積を示した。

No. 9 広島県庄原市のコウヨウザン既存植栽地の斜面下部（写真38）では、55年生で林分材積1,449m³/haと、スギの平均の2倍以上の値を示した。また、斜面上部（写真39）でもスギの平均程度の値を示し、その他文献等による調査結果からもコウヨウザンは同一林齢のスギの平均以上の林分材積を示していた（図14、表8,9）。



写真38 No. 9 広島県庄原市55年生林分
斜面下部(標高310m)



写真39 No. 9 広島県庄原市55年生林分
斜面上部(標高373m)

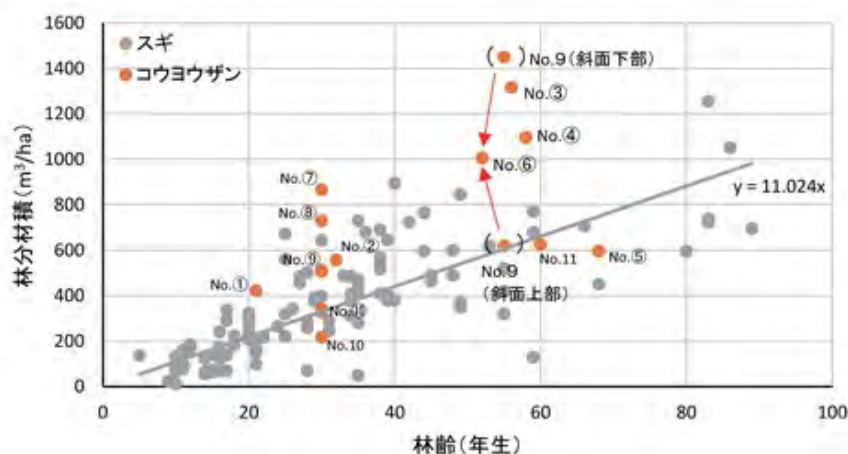


図14 コウヨウザン及びスギの林分材積の比較
（スギのデータは、森林総合研究所 宇都木玄 研究ディレクター提供）
（図中のNo.は表8,9の林分No.に対応）

表8 現地調査から得られたコウヨウザンの材積

林分 No.	場所	林 齢	材積 (m ³ /ha)	備考
9	広島県庄原市 (斜面下部)	55	1,449	材積は、森林総合研究所「幹材積計算プログラム」「熊本スギ」にて計算
	〃(斜面上部)	55	620	〃
10	高知県土佐清水市 (萌芽更新)	30	217	〃
11	熊本県菊池市	60	626	〃

表9 文献調査から得られたコウヨウザンの材積

林分 No.	場所	林 齢	材積 (m ³ /ha)	文献名等
①	茨城県日立市	21	423	茨城県における21年生コウヨウザンの成長 ⁹⁾
②	千葉県鴨川市	32	557	東京大学千葉演習林におけるコウヨウザンの成長 ²⁾
③	千葉県君津市	56	1,316	〃
④	千葉県君津市	58	1,096	〃
⑤	静岡県南伊豆町	68	597	わが国におけるコウヨウザンの成長 ⁸⁾
⑥	広島県庄原市	52	1,006	〃
⑦	熊本県菊池市	30	867	コウヨウザン30年生林分の成長及び材質特性 ⁹⁾
⑧	地位：上	30	730*	コウヨウザンの暫定的な収獲予想表の作成 ¹⁰⁾
⑨	地位：中	30	506*	〃
⑩	地位：下	30	343*	〃

* 予想値

No.10高知県土佐清水市のコウヨウザン既存植栽地(写真40)は、昭和7(1932)年に最初のコウヨウザンが植栽された後、昭和63(1988)年に伐採され、萌芽再生した林分である。林分材積217 m³/haとスギの平均より劣るものの、萌芽更新による再造林の低コスト化の可能性を示している。No.11熊本県菊池市のコウヨウザン既存植栽地(写真41)は、林分材積626 m³/haとスギの平均程度の値を示した。



写真40 No.10高知県土佐清水市30年生
(萌芽更新)林分



写真41 No.11熊本県菊池市60年生林分

③ 植栽立地

Q 3. どこに植えれば良いの？

A 3. 生育適地は基本的にスギの植栽が可能な地域と考えられる。斜面別にみると、斜面上部よりも斜面中部、下部で生育良好であり、尾根部では風害に注意が必要である。

◆ 斜面について

✓ 斜面別の比較その1（実証植栽地、No.8 宮崎県宮崎市3年生の若齢林）

No.8 宮崎県宮崎市のコウヨウザン実証植栽地（写真42）は、平成29（2017）年12月に国有林の斜面に植栽した3年生の調査地である。前生林は66年生のスギ・ヒノキ・広葉樹で、平成28（2016）年～平成29（2017）年にかけて伐採されている。

本林分では、植栽地の斜面を上部（標高103m）と中部（標高70m）の2つに分け、生存率を調査した。その結果、植栽から2年後に斜面上部で70%だった生存率は、斜面中部で97%と、有意に高かった（カイニ乗検定： $P<0.05$ ）（図15）。

このように、コウヨウザンは斜面中部よりも斜面上部で生存率が低くなり、乾燥地形にある尾根がかった立地はコウヨウザンの植栽地として避けることが望ましいことが分かった。



写真42 No.8 宮崎県宮崎市3年生林分 (左:斜面中部, 右:斜面上部)

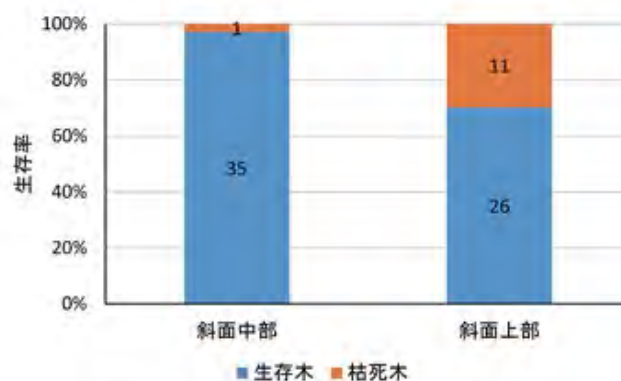


図15 斜面別の生存率 (No.8 宮崎県宮崎市3年生林分)

✓ 斜面別の比較その2（既存植栽地，No.9 広島県庄原市55年生の壮齢林）

No.9 広島県庄原市のコウヨウザン既存植栽地では、斜面上部よりも斜面下部で成長が良く、健全率、平均樹高及び平均胸高直径で斜面下部が斜面上部に比べ高い値を示した（図16）。

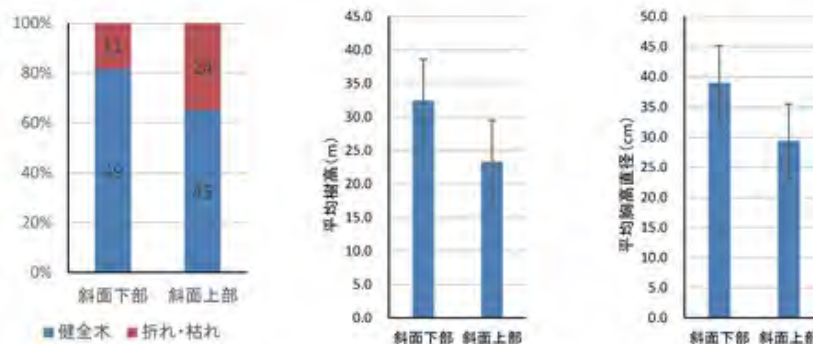


図16 斜面別の健全率、平均樹高及び平均胸高直径 (No.9 広島県庄原市55年生林分)
全て有意差あり(左)カイ二乗検定: $P < 0.05$, (中・右) t 検定: $P < 0.05$

◆ 風害等について

コウヨウザンに比較的多くみられる幹折れは風害や冠雪害に起因すると考えられる（写真43）。

No.9 広島県庄原市のコウヨウザン既存植栽地では、主幹の折れや枯れが、斜面下部で18%、斜面上部で35%と、斜面上部で有意に高かった（前述の図16左）。

また、No.11熊本県菊池市のコウヨウザン既存植栽地でも幹折れや風倒が発生している。

このようなことから、植栽に当たっては、風害の可能性についても留意して植栽地を選定する必要がある。



写真43 主幹上部の幹折れ
(左:No.9 広島県庄原市55年生林分, 右:No.11熊本県菊池市60年生林分)

④ 苗木と生存率

Q 4. どんな苗木を何に注意して植えれば良いの？

A 4. 苗圃による生存率の差は基本的に認められない。被害としては雪害、乾燥害、ノウサギ被害が確認され、特に乾燥害は枯死に至るケースがあるため注意が必要である。

植栽後のコウヨウゼンがどのような成長を示すのか、どのような被害が発生するのか等を明らかにするため、8箇所の実証植栽地において1年生苗及び2年生苗のコウヨウゼンを植栽し、調査を行った。

調査に当たっては、各植栽地において1年生苗及び2年生苗ごとに各30～40本程度の調査プロットを設け、植栽から数か月～2年後のコウヨウゼンの状態を記録した。

生存率は、苗齢に関係なく概ね80%以上と良好であった。ただ、No. 2 静岡県小山町やNo. 3 和歌山県上富田町等、乾燥害等により生存率が著しく低下しているケースも見られた（表10）。

主な被害として、雪害等（No. 1 富山県立山町）、乾燥害（No. 2 静岡県小山町、No. 3 和歌山県上富田町）、ノウサギ等被害（No. 2 静岡県小山町、No. 4 広島県北広島町、No. 5 山口県周南市、No. 7 熊本県水俣市、No. 8 宮崎県宮崎市）が確認された。

表10 実証植栽地8箇所における苗齢別の生存率及び被害状況

林分 No.	場所	植栽後の 経過年数	生存率		受けた被害
			1年生苗	2年生苗	
1	富山県立山町	2年	64 %	78 %	雪害等
2	静岡県小山町	1年	16 %	71 %	乾燥害、ノウサギ被害
3	和歌山県上富田町	1年	32 %	11 %	乾燥害
4	広島県北広島町	2年	97 %	92 %	ノウサギ被害
5	山口県周南市	4か月	91 %	100 %	ノウサギ被害
6	徳島県三好市	4か月	94 %	100 %	被害なし
7	熊本県水俣市	3か月	89 %	100 %	ノウサギ、シカ被害
8	宮崎県宮崎市	2年	84 %	—	ノウサギ被害

◆ 雪害等を受けたケース

No.1 富山県立山町のコウヨウザン実証植栽地は、傾斜17～26°で冬には積雪する山の斜面である（写真44）。

平成29（2017）年12月の植栽後、平成30（2018）年8月に植栽木を調査したところ、雪による主軸折れや寒さによる主軸枯れが確認された。1年生苗には主軸への被害は見られなかったが、2年生苗については、調査木36本中、12本が主軸枯れ、10本が主軸折れの被害を受けていた（写真45）。

苗齢による被害状況の違いが何に起因するのか現段階では明らかではないが、**積雪地域に植栽した場合、雪圧による主軸折れや寒害による主軸枯れに注意することが必要である。**



写真44 No.1富山県立山町3年生林分



写真45 雪により斜面の下に向かって苗木がめくれるように主軸折れしたコウヨウザン

～ 萌芽による再生力～

平成30（2018）年8月に主軸枯れや主軸折れが発生した2年生苗22本のうち、その後、枯死したのは2本のみで、20本は萌芽により再生し枯死には至っていなかった（写真46）。



写真46 主軸被害を受けた後、萌芽再生するコウヨウザン

◆乾燥害と思われるケース

No.2 静岡県小山町及びNo.3 和歌山県上富田町のコウヨウザン実証植栽地では、植栽後の降水が少なく、乾燥枯死したと思われるコウヨウザンが多く見られた。

No.2 静岡県小山町

No.2 静岡県小山町のコウヨウザン実証植栽地（写真47）では、全体的に生存率が低かった。

この原因としては、平成30（2018）年10月下旬の植栽後、12月25日から1月30日の37日間での総降雨量が3mm（最寄りの気象観測所の降雨データによる）と、ほとんど雨が降らない日が続いたことに加え、植栽地の火山灰土壌が非常に軽く、サラサラしており、土壌表面が乾燥しやすい性質を持っていたことが考えられる。

また、植栽から1年経過後の生存率は2年生苗で71%、1年生苗で16%と、苗齢による生存率の違いが有意に認められた（カイニ乗検定： $P<0.05$ ）（写真48）。

1年生苗は2年生苗に対して相対的に根の量が少なく（写真49）、より厳しい状況下に置かれたのではないかと考えられる。

このように、乾燥しやすい土質におけるコウヨウザンの植栽に当たっては、乾燥が続く時期を避けるとともに、サイズの大きい苗木を用いる等の配慮が必要である。



写真47 No.2 静岡県小山町 2年生林分



写真48 枯死した1年生苗



写真49 No.2 静岡県小山町で植栽したコウヨウザン(左:1年生苗、右:2年生苗)

No.3 和歌山県上富田町

No.3 和歌山県上富田町のコウヨウザン実証植栽地（写真50）では、植栽から1年経過後の生存率が2年生苗で11%、1年生苗で32%と、両苗齢とも生存率が低い結果となった（写真51）。

この原因としては、平成30（2018）年11月下旬の植栽後、12月23日から1月30日の39日間での総降雨量が9.5mm（最寄りの気象観測所の降雨データによる）と、ほとんど雨が降らない日が続いたこと、また本植栽地が南向き斜面で日当たりが良いこと等から深刻な乾燥害を受けたのではないかと推察される。

このように、乾燥害を受けやすい季節、立地での植栽については注意が必要である。



写真50 No.3 和歌山県上富田町 2年生林分



写真51 枯死した2年生苗

◆ノウサギ被害を受けたケース

実証植栽地8箇所のうち、ノウサギによる被害が確認されたのは、No.2 静岡県小山町、No.4 広島県北広島町、No.5 山口県周南市、No.7 熊本県水俣市、No.8 宮崎県宮崎市の5箇所であった（表11）。そのうち1年以上経過した実証植栽地では、その被害率はいずれも100%だった。

苗齢によってノウサギ被害率に違いが認められたのは山口県のみで、2年生苗よりも1年生苗が被害を多く受けていた。その他の地域では苗齢によるノウサギの被害率に違いは見られなかった。

ただし、苗のサイズにより特徴的な被害が見られ、苗木サイズの小さい1年生苗は食害により盆栽状になっていた（写真52）。また、2年生苗では主軸切断の被害が発生していた（写真53）。

表11 実証植栽地8箇所における苗齢別ノウサギ被害の状況

林分 No.	場所	植栽後の経過年数	ノウサギ被害率	
			1年生苗	2年生苗
1	富山県立山町	2年	被害なし	
2	静岡県小山町	1年	100 %	100 %
3	和歌山県上富田町	1年	被害なし	
4	広島県北広島町	2年	100 %	100 %
5	山口県周南市	4か月	41 %	14 %
6	徳島県三好市	4か月	被害なし	
7	熊本県水俣市	3か月	28 %	22 %
8	宮崎県宮崎市	2年	100 %	—



写真52 盆栽状になった1年生苗
(左: No.4 広島県北広島町 3年生林分、右: No.8 宮崎県宮崎市 3年生林分)



写真53 ノウサギによって主軸切断の被害を受けた2年生苗
(No.4 広島県北広島町 3年生林分)

～萌芽による再生力～

No.2 静岡県小山町、No.4 広島県北広島町、No.8 宮崎県宮崎市では、調査した全ての植栽木でノウサギ被害が確認された。乾燥害を受けたと思われるNo.2 静岡県小山町を除くと、枯死したのはNo.4 広島県北広島町で76本中4本（枯死率5%）、No.8 宮崎県宮崎市で73本中12本（枯死率16%）と、その多くが枯死せず、萌芽により再生していた（写真54）。

このように、コウヨウザンではノウサギによる食害が枯死に直結することは少ないことが分かった。



写真54 主軸切断の被害を受けたが（左）、萌芽再生枝が伸び回復したコウヨウザン（右）
(左: 令和元(2019)年7月、右: 令和元(2019)年10月)

⑤ 植栽密度

Q 5. ヘクタール当たり何本植えれば良いの？

A 5. 広島県では現在、造林補助事業により植栽密度1,500本/haで植栽されている。

広島県では、中国湖南省のコウヨウザン人工林の樹高成長モデルパラメータを使用した樹高成長曲線をもとに、現在、造林補助事業により植栽密度1,500本/haで植栽されている。これらの林分は、30年後に400m³/haを収穫し、梱包材、バイオマスに加え、合板、LVL等の活用を想定している。

本調査の7箇所のコウヨウザン実証植栽地においても、広島県の植栽密度を基に、1,500本/ha～1,600本/ha（植栽間隔2.5～2.6m）で植栽した（写真55）。ただし、No.7 熊本県水俣市においては、保安林の指定施業要件に基づき、2,100本/haで植栽した。

適切な植栽密度については現在明らかとなっていない。このため、現在、「成長に優れた苗木を活用した施業モデル（体系）の開発」（戦略的プロジェクト研究推進事業、平成30（2018）年～令和4（2022）年）では、1,100、1,600、2,500本/haの植栽試験地において、植栽後の成長が調査されている。



写真55 植栽密度1,500本/ha(植栽間隔2.6m)で植栽されたコウヨウザン

⑥ 苗木の手配

Q 6. 苗木はどこで手に入るの？価格は？

A 6. 主に広島県で生産されており、苗長30～70cmで90～248円/本となっている。

コウヨウザンの苗木は主に広島県で生産されている（表12）。

従来は種苗生産者が裸苗を生産していたが、平成29（2017）年から（一財）広島県森林整備・農業振興財団の「農林水産業みらいプロジェクト」によりコンテナ苗の生産が始まった。このプロジェクトにより、コウヨウザンのコンテナ苗の生産技術が開発され、平成29（2017）年に22,337本、平成30（2018）年に52,782本のコンテナ苗が生産されている（写真56）。なお、生産技術の詳細については、「コウヨウザンコンテナ苗生産マニュアル^{※1}」（<https://hsnz.jp/>）を参照されたい。

苗木の規格は苗長30～70cm、価格は90～248円/本である（表13）。また、本事業におけるコウヨウザンの苗木は「広島県樹苗農業協同組合（電話：082-228-5437）」を通じて購入した（写真57～59）。

表12 コウヨウザン苗木の生産地域と生産量※1

地域	生産者数	生産量（本）：概算値					
		H25(2013)	H26(2014)	H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)
広島県	9					1,245	930
						1,625	
					400	12,498	8,480
					500	2,170	1,510
		200	500	11,000	1,500	3,800	2,795
						1,015	410
						475	
							450
	合計	200	500	11,000	2,400	22,337※2	52,782※2
大分県	1	300	300	500	2,000	45,165	67,357
						3,000	

※1 全国山林種苗協同組合連合会、日本植木協会へ平成29（2017）年度、広島県樹苗農業協同組合、（一財）広島県森林整備・農業振興財団へ令和元（2019）年度に照会した結果

※2 （一財）広島県森林整備・農業振興財団が「農林水産業みらいプロジェクト」で生産するコンテナ苗



写真56 （一財）広島県森林整備・農業振興財団が生産するコンテナ苗

表13 生産されているコウヨウザンの規格と価格※

地域	規格（苗長）	金額	備考
広島県	30・cm	99 円	裸苗（1年生苗）
	30・45 cm	111 円	裸苗（2年生苗）
	45・70 cm	166 円	
	20・30 cm	195 円	コンテナ苗
	30・50 cm	222 円	
	50・cm	248 円	
大分県	30 cm	90 円	裸苗
	50 cm	120 円	
	30 cm	220 円	ポット苗
	50 cm	300 円	
	30 cm	220 円	コンテナ苗

※ 全国山林種苗協同組合連合会、日本植木協会へ平成29(2017)年度、広島県樹苗農業協同組合、(一財)広島県森林整備・農業振興財団へ令和元(2019)年度に照会した結果



写真57 本事業で植栽に供された裸苗（ポールより左1年生、右2年生）



写真58 本事業で植栽に供されたコンテナ苗
（苗長約25-30cm）



写真59 本事業で植栽に供されたコンテナ苗
（苗長50cm以上）

⑦ ノウサギ被害防除

Q 7. ノウサギ被害の対策は？

A 7. ノウサギが多い所では単木防護の対策が有効だが、多くのコストが必要となる。

P35のとおり、コウヨウザン実証植栽地8箇所のうち、5箇所でノウサギによる被害が確認され、そのうち、植栽から1年以上経過した実証植栽地では、被害率はいずれも100%だった。また、ノウサギはコウヨウザンに対して嗜好性が高く、餌量が豊富であってもコウヨウザンを選好的に摂食することが確認されている¹²⁾。

そこで、実証植栽地においてノウサギ防除試験を実施し、ノウサギに対する防除の効果やコストを調査した。

◆ 防除の方法

現在、ノウサギに対して考えられる防除方法として忌避剤及び単木防護ネットを用いたノウサギ防除試験を実施した。なお、忌避剤としてコニファー水和剤（写真60）、単木防護ネットとしてジュウガードS（写真61）を使用した。



写真60 本実証植栽地で使用した忌避剤

コニファー水和剤

- ・原液1Lが入っている4Lのコンテナに水を加え希釈し、噴霧器にて植栽木に散布。
- ・希釈倍数：3～5倍
- ・使用液量：10～50ml/本
- ・価格：2,440円（税抜）/袋



写真61 本実証植栽地で使用した単木防護ネット

ジュウガードS

- ・植栽木のサイドに支柱を挿し、ネットをかぶせて結束バンドで支柱に固定し、地際をブラアンカーで打ち付ける。
- ・価格：620円（税抜）/1セット
- ・内訳：ネット（0.85m）、支柱（1.2m）、結束バンド、ブラアンカー

◆防除の効果

単木防護ネットは、ノウサギ被害を受けていた実証植栽地全5箇所で、ノウサギによる被害を0%に抑えることができた。

一方、忌避剤区では、忌避剤を散布した枝葉に食害は見られなかったが、散布後に新しく伸びた枝葉については被害が認められた（写真62,63）。No.2 静岡県小山町では、無処理区の被害率47%に比べ忌避剤区20%と被害軽減が確認されたものの、その他4地域では被害軽減された調査地はなかった（表14）。

表14 ノウサギ被害を受けた実証植栽地5箇所における防除手法別の被害率

林分 No.	場所	防除検証 期間	被害率			忌避剤の効果 (無処理区との 比較) (カイ二乗 検定)
			単木防護区	無処理区	忌避剤区	
2	静岡県小山町	2 か月	0%	47%	20%	被害軽減あり ($P<0.05$)
4	広島県北広島町	3 か月	0%	97%	83%	被害軽減なし
5	山口県周南市	4 か月	0%	27%	36%	被害軽減なし
7	熊本県水俣市	3 か月	0%	25%*	25%*	被害軽減なし *シカ被害も含む
8	宮崎県宮崎市	3 か月	0%	42%	31%	被害軽減なし



写真62 忌避剤散布後ノウサギによって主軸切断の被害を受けたコウヨウザン
(No.4 広島県北広島町 3年生林分)



写真63 忌避剤散布後ノウサギによって主軸切断の被害を受けたコウヨウザン
(No.8 宮崎県宮崎市 3年生林分)

✓忌避剤散布時の注意点

No.6 徳島県三好市では、ノウサギ被害は確認されなかったが、ノウサギが生息する地域のためノウサギ防除を実施した。防除後、1年生苗では、無処理区の生存率94%に対し、忌避剤区の生存率58%であった。枯死した原因としては、忌避剤の施用量過多による呼吸障害と考えられる（写真64）。このように、忌避剤は施用量以上を散布すると呼吸障害を起こし成長に悪影響を及ぼすこともあるため、注意が必要である。



写真64 忌避剤散布後に枯死した1年生苗（左：6月、右：10月）
（No.6 徳島県三好市 1年生林分）

◆防除のコスト

人工数は忌避剤の0.5～2.4人/haに比べ、単木防護ネットでは15～23人/haかかった。コストでみると単木防護ネットは忌避剤に比べ約160～270万円/ha多くかかる結果となった（図17,18）。

単木防護ネットはノウサギによる被害を確実に防除できるが、より多くのコストがかかるため、状況に応じて植栽本数を減らすことも選択肢の一つとして考えられる。また、単木防護ネットを自作するなど工夫すれば費用を削減できる可能性はある。

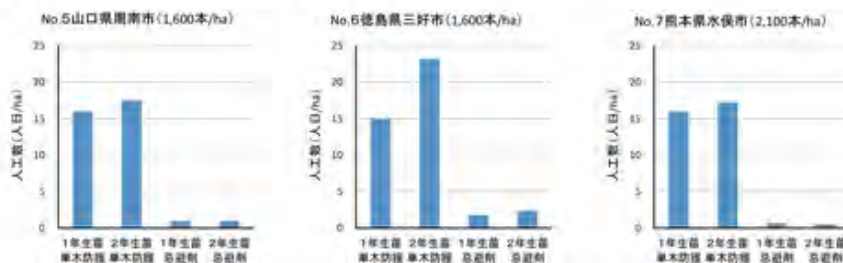


図17 植栽時にノウサギ防除を実施した3地域における防除にかかった人工数

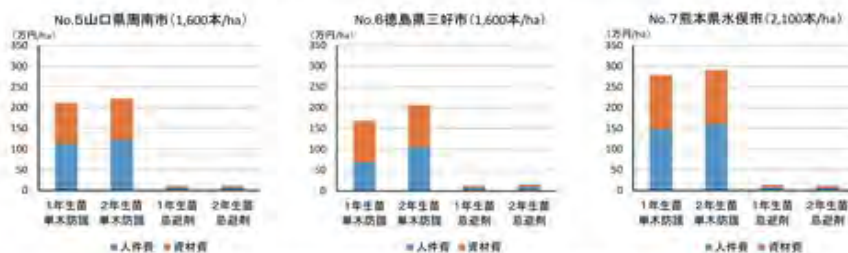


図18 植栽時にノウサギ防除を実施した3地域における防除にかかったコスト

⑧ 初期コスト

Q 8. どれくらいの初期費用がかかるの？

A 8. 植栽から2年目の保育作業までで約100万円/haとなっており、特に1年生苗は誤伐防止のための印付け、2年生苗は苗木代で多くのコストがかかっている。

苗齢別に植栽した実証植栽地7箇所において、2年目までにかかる保育作業等についてコスト分析を行った。その結果、苗齢によるコストの違いに影響を与える主要要素は、「苗木代」「印付け（写真65）」の2つであった（図19）。苗木代は、2年生苗166円/本に対し1年生苗は77円/本であり、植栽密度1,600本/haの場合、2年生苗のほうが142,400円/ha割高となった。

下刈りの際の誤伐防止のための印付けは、2年生苗の場合は3万円/haだったのに対し1年生苗の場合は9万円/haを要し、1年生苗のほうが6万円/ha割高となった（写真65）。

全体でみると、植栽密度1,600本/haの場合、1年生苗では100万円/ha、2年生苗では107万円/haと、1年生苗のほうが割安となった。一方、植栽及び下刈りにかかる人工数は、1年生苗の植栽と2年生苗の植栽とでほとんど差はなかった（表15,16、図19）。

このようなことから、苗木の価格、下刈り時の誤伐の可能性を踏まえ、1年生苗と2年生苗の選択をしていくことが望ましい。



写真65 誤伐防止のための印付けの作業（左）及び印を付けたコウヨウザン（右）

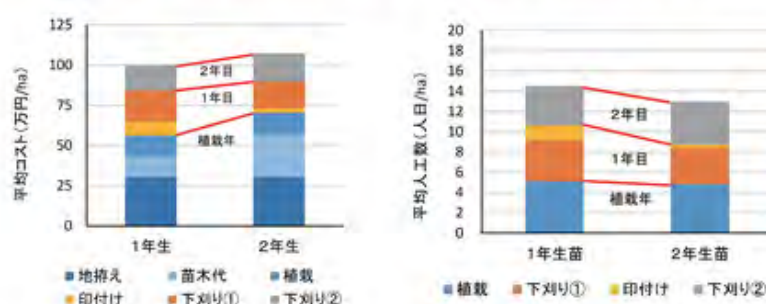


図19 実証植栽地の植栽から2年目の下刈りまでにかかった平均コスト及び平均人工数
※苗木代は1年生苗77円、2年生苗166円、諸経費等は除いて計算

表15 地植え、植栽及び下刈り(植栽後2年間)等にかかった平均コスト (単位:万円/ha)

苗齢	植栽年			1年目		2年目	合計
	地植え	苗木代	植栽	印付け	下刈り①	下刈り②	
1年生苗	31	12	13	9	19	15	100
2年生苗	31	27	13	3	16	18	107

表16 植栽及び下刈り(植栽後2年間)等にかかった人工数 (単位:人日/ha)

苗齢	植栽年	1年目		2年目	合計
	植栽*	印付け	下刈り①	下刈り②	
1年生苗	5.1	1.4	4.1	3.9	14.5
2年生苗	4.8	0.3	3.6	4.2	13.0

* 地植えは含まない

引用・参考文献

- 1) 熊本県 (2015) センダンの育成方法 (P.4.12) (https://www.pref.kumamoto.jp/kiji_20150.html)
- 2) 福山宣高 (1996) センダン幼齢人工林の成長について (日林九支論No.49,P83~84)
- 3) 横尾謙一郎 (2017) センダンの育成技術の開発・普及と材の利用について (山林2019・6,29)
- 4) 浦嶋智 (2017) 早生樹コウヨウザンの特徴と材質 (木材情報2017年10月号)
- 5) 浦嶋智 (2017) 52年生コウヨウザンの材質と製材品の強度について (現代林業2017.6)
- 6) 近藤禎二ら (2016) 茨城県における21年生コウヨウザンの成長 (関東森林研究67:113-116)
- 7) 近藤禎二ら (2017) 東京大学千葉演習林におけるコウヨウザンの成長 (関東森林学会68-2)
- 8) 近藤禎二ら (2017) わが国におけるコウヨウザンの成長 (日本森林学会第128回ポスター)
- 9) 森田正彦ら (1990) コウヨウザン30年生林分の成長及び材質特性 (日林九支研論集No.43)
- 10) 山田浩雄ら (2018) コウヨウザンの暫定的な収穫予想表の作成
(森林総合研究所林木育種センター平成30年版・126-128)
- 11) (一財) 広島県森林整備・農業振興財団・広島県樹苗農業協同組合 (2019)
コウヨウザンコンテナ苗生産マニュアル (農林水産業みらい基金)
- 12) 岡山大志ら (2018) コウヨウザンに対するノウサギの嗜好性と被害
(第129回日本森林学会大会 (抄録))

早生樹利用による森林整備手法ガイドライン

（発行）

令和2（2020）年2月 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（代表）／FAX (03) 3261-5393
<http://www.jafta.or.jp>

平成 31 年度
早生樹利用による森林整備手法検討調査委託事業
報告書

令和 2（2020）年 2 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（代表）／FAX（03）3261-5393
<http://www.jafta.or.jp>