平成 30 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

平成 31 年 2 月

林野庁

目次

1. 事業の概要

1.1. 事業名

平成 30 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

現在、多様で健全な森林への誘導や林業の成長産業化に向けて、早く大きく成長する早生樹への期待が高まっており、主伐後の再造林の実施のほか、農地として再生利用が困難な荒廃農地の森林としての利用に当たっても、多面的機能を発揮させる観点から、早生樹の本格的な利用に向けた取組を進めることが重要となっている。

近年、センダンやコウヨウザンのような、初期成長が速い樹種が早生樹として着目され、それらの研究事業や実証調査が展開され始めている。

既往の研究において、地域・樹種が限定的ではあるが、初期保育や材質強度、遺伝的形質など、いくつかの分野において早生樹の研究が実施されている。しかし、育苗・育種や施業体系等、未だ明らかになっておらず、また、情報も一元的に集約化されていないのが現状である。

これからの早生樹利用を考えた場合、それが再造林低コスト化の新たな選択肢の一つであることを念頭に、樹種の選定、育苗、植栽から初期保育等と、新たな知見を加えた森林整備手法が求められている。「短期間で大きく成長する」という早生樹の特質は、ややもするとそれが絶対的な利点として捉えられがちになるが、逆の視点からその特質を検証する必要もあると思われる。過去の地域・樹種が限定的な研究成果をベースに、また、成長の速い樹種に着目した「合理的短期育成林業技術の確立に関する試験（旧林業試験場等)」の調査結果も含めて、今後の早生樹に関わる新たな技術成果情報等を積み上げ、より広範に活用可能な森林整備手法の指針を作成しなければならない。

(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 年度に作成された 3 年間の全体計画（図 1-1）の 2 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の策定に向けた検討を行うために、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。

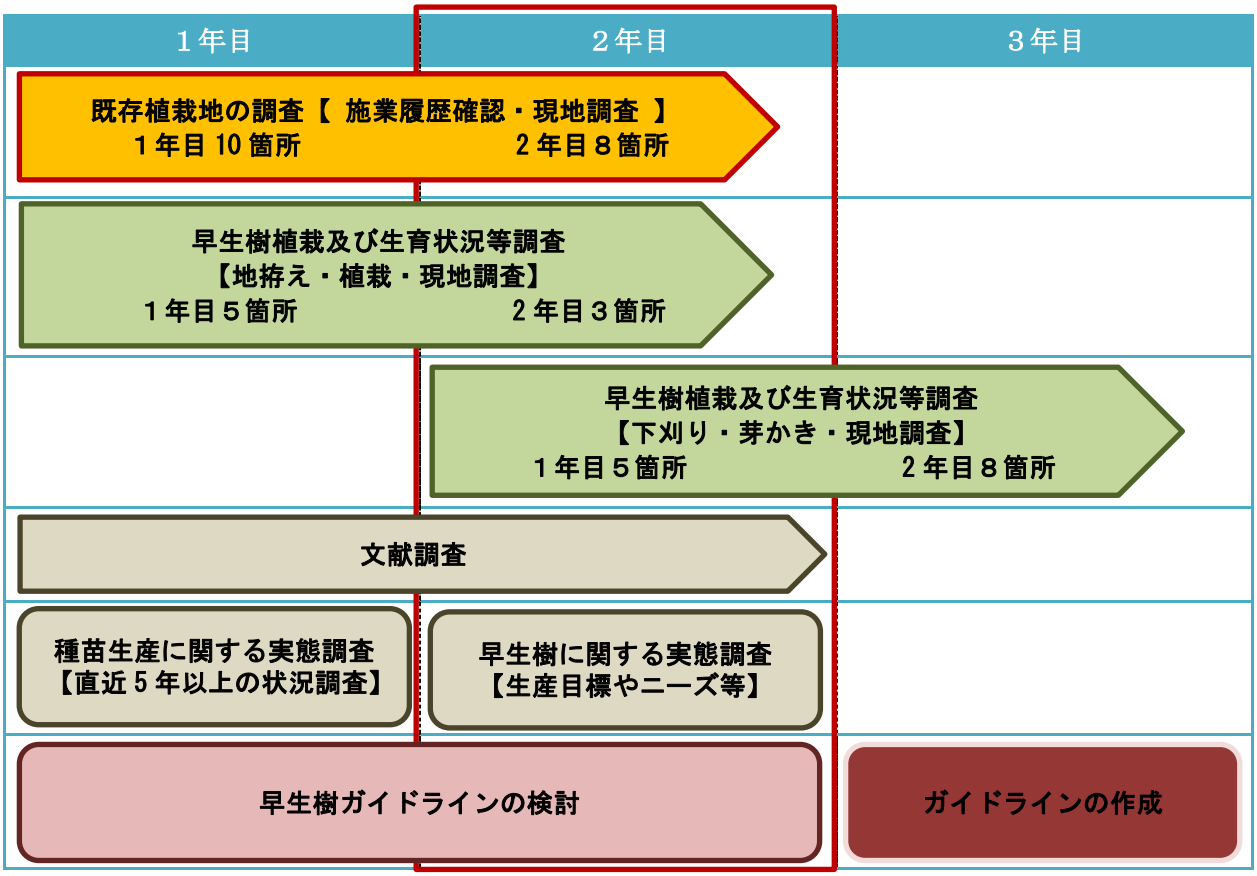


図 1-1　全体計画

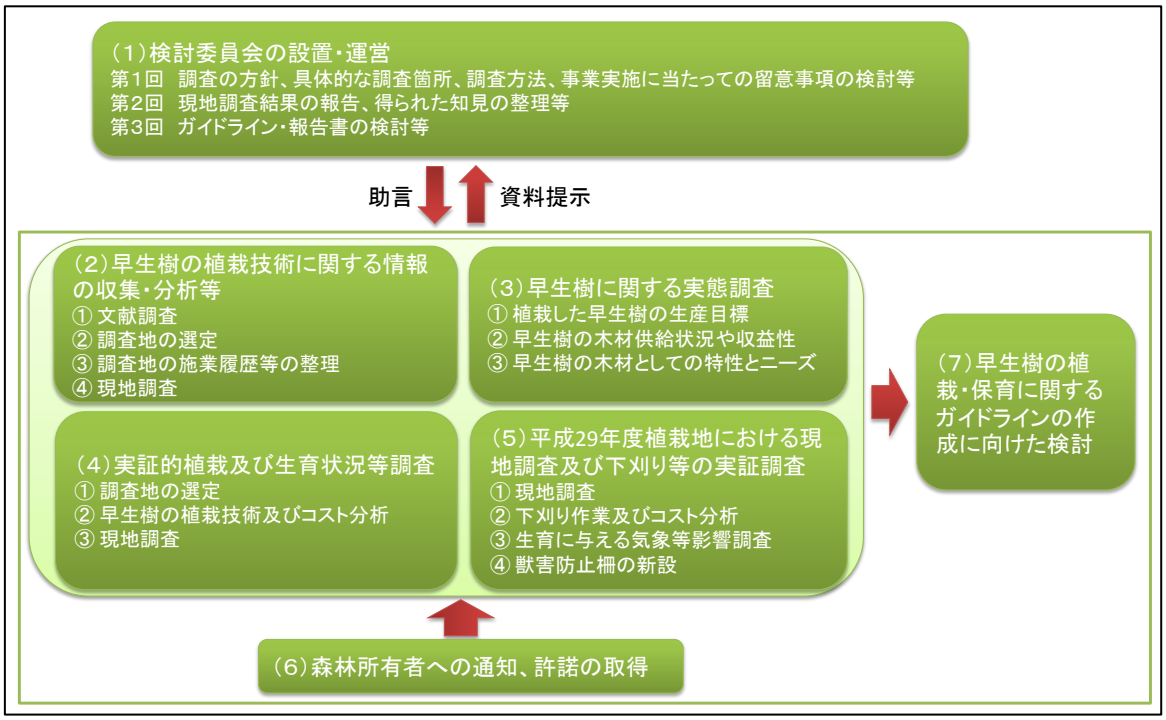


図 1-2 平成 30 年度事業内容の関係図

1.3. 事業内容

本事業は、前述の目標を達成するため、早生樹による森林整備手法について、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、分析を実施することにより、早生樹利用による森林整備のためのガイドラインの策定に向けた検討を行うものである。本事業は 3 カ年で実施し、２年目である今年度は、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）早生樹の植栽技術に関する情報の収集・分析等

① 文献調査

早生樹の資源としての利用可能性や利用実態、利用価値を向上させるための効果的・効率的な植栽方法及び自然災害、病虫獣害に対する適応性について、平成 29 年度の実績とともに学術論文等から情報を収集し、現状における技術体系、課題等について、全国各地で早生樹植栽を導入する際に参考となる内容を整理した。調査対象樹種は、センダン、コウヨウザン、チャンチンモドキ、ヤナギ類とした。

② 調査地の設定

既存の早生樹植栽箇所の中から、植栽本数や植栽方法、植栽後の施業履歴が確認できる箇所を全国で 10 箇所以上調査候補地とした。調査候補地 1 箇所当たりの面積は概ね 0.1 ha 以上とし、実際の調査地は、選定した候補地から、林野庁担当職員との協議を経て、決定した。なお、調査地を変更しなければならない場合に備え、調査候補地とは別に代替地を２箇所選定した。

③ 調査地の施業履歴等の整理

各調査地について、所有者・関係機関等へ照会を行い、施業履歴及び施業経費等、早生樹植栽技術の分析・評価を行うための情報を収集し整理した。

④ 現地調査の実施

ア　プロット設定：各調査地について、1 箇所当たり１００㎡以上のプロット（方形）を 1 箇所以上設定した。

イ　プロット調査:プロット内の植栽木を含む全ての立木(樹高 50cm 以上)について、樹種、樹高、本数（植栽木についてはその形状）等、早生樹植栽技術の評価を行うための項目について調査した。

ウ　調査地概況把握：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、気象条件等を記録するとともに、プロットごとに林況写真を整理した。

⑤ まとめ

早生樹植栽の現状と課題等を把握するとともに、早生樹利用を可能にする施業技術の確立に向けて参考になる内容を整理した。

（3）早生樹に関する実態調査

先進的に早生樹利用を進めている地域等において、早生樹の需給と収益性に関する以下の項目について調査を行い、その結果を取りまとめた。

① 植栽した早生樹の生産目標（用途、生産量等）

② 早生樹の木材供給状況や収益性

③ 早生樹の木材としての特性とニーズ

（4）実証的植栽及び生育状況等調査

平成 29 年度の調査結果を踏まえ、早生樹の利用が期待される地域で実証的植栽を行い、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よう整理した。

① 調査地の選定

関東地方、中部地方（日本海側を除く）、近畿地方において、計 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 早生樹の植栽技術及びコスト分析

前述した 4 樹種（センダン、コウヨウザン、チャンチンモドキ、ヤナギ類）のうちセンダン、コウヨウザンを植栽木とし、その中から調査地ごとの気象条件等を踏まえて植栽木を選定し植栽を実施した。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た。植栽作業等の際、植栽の所要人工数等を記録しコストや生産性を整理した。

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

③ 現地調査の実施

各調査地において、植栽直後の時点で実施した。

ア　プロット設定：各調査地について、100 ㎡以上のプロットを 0.5 ha 当たり 2 箇所以上設定し、次年度以降も調査が出来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配慮した。

イ　プロット調査：プロット内の植栽木について、樹高、根元径、形状及び状態等を調査した。

ウ　調査地概況把握：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、気象条件等を記録するとともに、プロットごとに林況写真を整理した。なお、撮影位置を木杭等により明らかにした。

（5）平成 29 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 年度の調査事業で実施した 5 箇所の植栽地（表 1-1、図 1-3）において、次の調査を行った。ただし、富山県新中川郡立山町の調査地においては、現地調査の実施前に（4）の③の現地調査を行った。

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、昨年度事業の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、昨年度調査結果とあわせて整理した。

表 1-1 平成 29 年度 早生樹植栽地一覧

No.	苗木種	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	コウヨウザン	富山県中新川郡立山町	立山山麓森林組合	1	1,600	0.23	0.45	360	720	広島県より苗木を入手
	裸苗			2		0.23		360		
2	コウヨウザン	広島県山県郡北広島町	安芸北森林組合	1	1,500	0.22	0.43	323	645	〃
	裸苗			2		0.22		323		
3	コウヨウザン	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	0.51	400	787	〃
	裸苗					0.26		387		
4	センダン	熊本県天草市新和町	祐翔開発	1	400	0.16	0.45	56	105	熊本県より苗木を入手
	裸苗				200	0.29		49		
5	センダン	宮崎県宮崎市高岡町	宮崎地区国有林事業協同組合	1	400	0.29	0.54	100	160	〃
	裸苗				200	0.25		60		

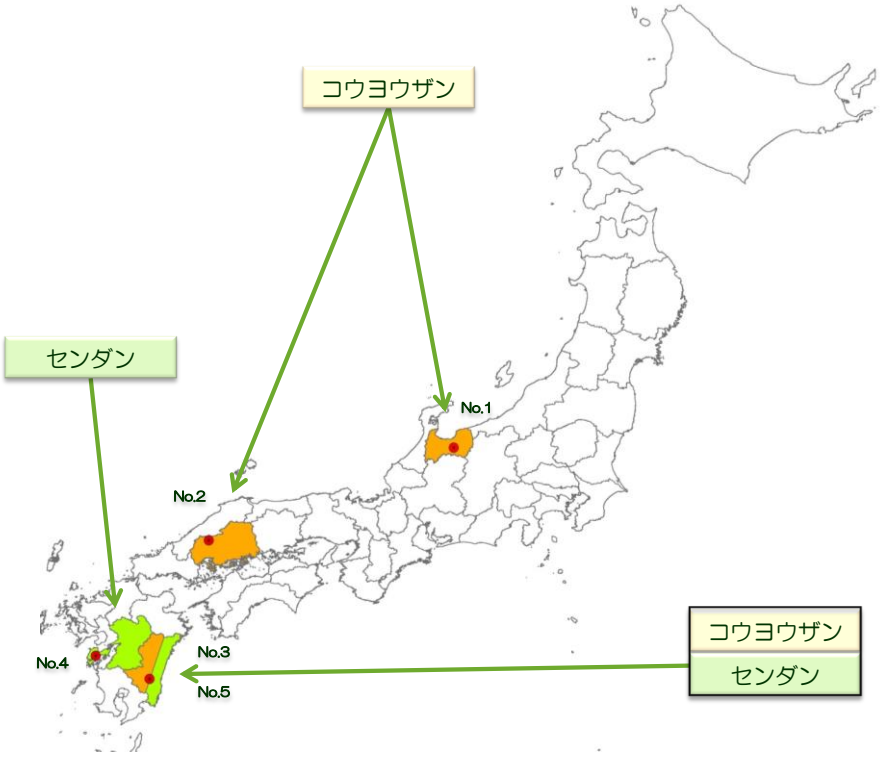


図 1-3 平成 29 年度早生樹植栽地位置図

② 下刈り作業及びコスト分析

平成 29 年度事業で実施した 5 箇所の植栽地において、下刈り（センダン植栽地においては、下刈り及び芽かき）作業を実施した。作業の実施に当たっては、必要人工数等を記録しコスト分析を行った。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、本調査報告書に記載した。なお、下刈り作業の実施に当たっては、全刈りを基本とするが、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。

④ 獣害防止柵の新設

平成 29 年度の調査事業で宮崎県宮崎市高岡町の植栽地（図 1-3 の No.3 及び No.5）に設置した獣害防止柵について、平成 30 年度台風 24 号の影響により損壊した箇所において概ね 220m の新設を実施した。

（6）森林所有者への通知、許諾の取得

（2）から（5）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

本調査は、３カ年にわたり実施する予定であり、その調査成果により早生樹の植栽・保育に関するガイドラインを作成することとしている。今年度の調査では、上記調査内容等の成果により、ガイドラインの作成につながる内容を調査報告書に記載した。

（8）成果品の提出

成果品は、平成 31 年 2 月 15 日に、調査報告書を 80 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全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
酒井 将秀	広島県 農林水産局 林業課 参事
田中 和博	京都府立大学 大学院 生命環境科学研究科 教授
横尾 謙一郎	熊本県 林業研究指導所 育林環境部 部長

2.2. 検討委員会の運営

検討委員会は、8 月、11 月、1 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 （平成 30 年 8 月 6 日）	（1）3 年間計画について （2）平成 29 年度事業結果について （3）平成 30 年度事業計画について （4）その他
第 2 回検討委員会 （平成 30 年 11 月 27 日）	（1）今年度の調査について （2）早生樹に関する実態調査について （3）センダンに関する調査について （4）コウヨウザンに関する調査について （5）その他の樹種について （6）その他
第 3 回検討委員会 （平成 31 年 1 月 28 日）	（1）実態調査について （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


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. 早生樹の植栽技術に関する情報の収集・分析等

3.1. 文献調査

前述のとおり調査対象樹種はセンダン、コウヨウザン、チャンチンモドキ、ヤナギ類とした。これら 4 樹種を設定した理由は表 3-1 のとおりである。

表 3-1　樹種選定理由

樹種	選定理由
センダン	・成長が速い ・材が家具材等で有用 ・熊本県によるセンダン研究の先駆的な技術成果あり ・収穫期に近い試験展示林あり ・試験による育林技術マニュアルあり ・生産目標設定の参考となるような林分あり ・熊本県では熊本県森林・林業・木材産業基本計画でセンダン植栽を推進 ・福岡県大川市の家具工業会等の関係者がケヤキ等の代替材として成長が速いセンダンに着目
コウヨウザン	・成長が速い ・スギ・ヒノキに匹敵するヤング率を有する調査結果あり ・生産目標設定の参考となるような林分あり ・広島県がコウヨウザン植栽を推進
チャンチンモドキ	・成長が速い ・直幹性を有する ・全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会や大分県農林水産研究センター林業試験場での研究実績あり
ヤナギ類	・成長が速い ・未利用樹種がバイオマス資源として評価 ・（国研）森林研究・整備機構森林総合研究所北海道支所や北海道立総合研究機構森林研究本部林産試験場等での研究成果あり

3.1.1.　文献整理

早生樹について、学術論文等から情報を収集し、現状における技術体系、課題、利用等、全国各地で早生樹植栽を導入する際に参考となるよう内容を整理した。

昨年度収集した 63 文献に、本年度収集した 26 文献を追加した。単一樹種ではなく複数樹種を扱った文献については、集計の関係上、複数樹種の文献として整理した。

まず、4 樹種の基礎情報を表 3-2 に整理した。

表 3-2　基礎情報一覧

樹種名		科	形態的特徴	用途
センダン		[センダン科]	落葉高木。暖地の海岸近くに自生する。街路樹や公園などにもよく植えられている。高さ 5～15m、大きいものは 30m になる。	庭木 公園 街路樹 建築 家具 器具 楽器材 下駄 等
別名：	オオチ			
コウヨウザン		[ヒノキ科]	常緑高木。中国原産。江戸時代末期に渡来し、暖地によく植えられている。大きいものは高さ 35m、直径 1m になり、樹冠は広円錐形になる。	庭木 建築 器具 船舶材 等
別名：	ー			
チャンチンモドキ		[ウルシ科]	落葉高木。暖地の山地にまれに生え、高さ 15～25m になる。 葉の形がチャンチン（センダン科）に似ている。	装飾品 等
別名：	カナメノキ			
オノエヤナギ		[ヤナギ科]	落葉低木～高木。湿地や川岸に多く生え、高さ 5～10m になる。枝は細く、通直性を有する。	護岸樹 細工物 パルプ バイオマス 等
別名：	カラフトヤナギ ヤブヤナギ、 ナガバヤナギ			
エゾキヌヤナギ		[ヤナギ科]	落葉高木。北地の水辺に生え、高さ 6～15mになる。	庭木 花材 細工物 バイオマス 等
別名：	ギンヤナギ ウラジロヤナギ			

出典：（財）林業科学技術振興所（1985 年），有用広葉樹の知識ー育てかたと使いかたー.
川崎吉光（1985 年），日本の樹木.
牧野富太郎（1989 年），牧野新日本植物図鑑
全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会（2015 年），
未利用広葉樹の新規需要開拓に関する調査委託事業

センダンやコウヨウザン、ヤナギ類については、熊本県、広島県、北海道において先駆的に研究がなされており、製品としての用途も含めた情報が整理可能であったが、チャンチンモドキについては、3 樹種と比較すると情報が非常に少なかった。

次に収集した文献を分類ごとに分けて整理するために、昨年度の区分と同様、以下の 7 つの観点で区分した。

①造林：施業（密度効果、芽かき、育種など）、生育（成長特性、保育など）に関する文献
②材質：材の基本的性質や特性、ヤング率などに関する文献
③遺伝：遺伝的多様性に関する文献
④生理：病害や施肥による成長促進に関する文献
⑤利用：用材としての利用に関する文献
⑥バイオマス：バイオマス利用（生産や利用の可能性等）に関する文献
⑦現状：当該樹種の現在までの樹種の取り扱いや位置づけ等一般的な記述に関する文献

上記の区分を活用し、今年度はセンダン 7 件、コウヨウザン 19 件を整理した（表 3-3～3-5）。また、昨年度の文献調査の結果を表 3-6～3-10 に示す。

表 3-3　文献情報集計結果

件数

	基礎情報								合計
	4								4
樹種名	造林		材質	遺伝	生理	現状	利用	バイオマス	合計
	施業	生育							
センダン	6	6+7	1	0	2	1	0	0	16+7
コウヨウザン	2+3	3+6	5+6	2+3	0	4+1	0	0	16+19
チャンチンモドキ	0	1	0	0	0	0	0	0	1
ヤナギ類	0	4	0	0	1	0	0	13	18
コウヨウザン・チャンチンモドキ	4	0	0	0	0	0	0	0	4
センダン・チャンチンモドキ	0	0	0	0	0	0	1	0	1
センダン・コウヨウザン	1	0	0	0	0	0	0	0	1
総数									63+26

黒字：平成29年度文献調査件数
赤字：平成30年度文献調査件数

表 3-4 平成 30 年度 文献一覧（センダン）

No.	区分	造林_生育	年	2015	著者名	村田功二ら
1	出典	第 126 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	関西地区における国産早生樹センダンの試験植林				
	概要	関西地域で実際にセンダンを植栽しその成長量を確認すると同時に、自生するセンダンの材質を調査した。熊本県で優れた成長が確認されたクローンから採取した種子由来の 1 年生苗を関西地区で植栽した。対象地域は大阪市住之江区平林の海岸沿いの遊休地と、南丹市美山町の京都府立大学附属大野演習林である。センダン苗をそれぞれ 10 本ずつを植栽し、樹高と根元直径の成長量を測定した。両方の調査地で 1 年間の成長量は良好であり、最も成長の良いものは樹高 3m、根元直径 60mm に達した。大野演習林に自生していたセンダンの地上 50cm から約1m を供試材として年輪解析や材質評価を行った。降雪があり比較的冷涼な京都府立大学附属大野演習林（京都府南丹市美山町）でも、11 年目には直径 30cm、20 年目には直径 50cm に成長しており、優れた成長量が見込めることが分かった。				
No.	区分	造林_生育	年	2016	著者名	糟谷信彦ら
2	出典	第 127 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	京都府立大学大野演習林での早生樹センダンの植栽試験				
	概要	京都府南丹市にある京都府立大学生命環境学部附属大野演習林で、2014 年 5 月に 10 本、2015 年 5 月に 20 本植栽した。施肥区・無施肥区、シカ柵(単木ネット)の有無を設け、土壌 pH、土壌硬度、土壌の三相組成を調べた。また、京都市にある京都府立大学構内の苗畑で 2015 年 5 月に 21 本植栽した。2015 年終了時の DBH と樹高はそれぞれ 2014 年植栽で 4.7 cm、4.2 m、2015 年植栽で 1.4 cm、1.6 m であった。施肥区では直径・樹高成長とも無施肥区の約 2 倍であった。この他、近畿中国森林管理局管内との共同試験において、5 府県 10 箇所の国有林で計 170 本のセンダンを 2015 年春に植栽しており、その結果生育良好木の割合は 33（8～60）%、枯死率は 9（7～13）%となり、シカなどによる獣害、シュートの先枯れ、先折れが顕著であった。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	糟谷信彦ら
3	出典	第 128 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	本州西部地域での早生樹センダンの植栽試験				
	概要	岡山～福井までの本州西部地域各地で植栽試験を行った。京都市の京都府立大学構内（植栽後 1 年間）及び京都府南丹市にある京都府立大学大野演習林（植栽後 3 年間）の直径、樹高成長量について施肥の効果が明らかであった。この他、近畿中国森林管理局管内との共同試験において、6 府県 11 箇所の国有林で 10～25 本のセンダンを 2015～2016 年春に植栽しており、その結果健全木（樹高 1.4m 以上）の割合は 59（20～90）%となり、シカなどによる獣害、枯損が多かった。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	池本省吾

4	出典	第 128 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	施肥がセンダン苗木の成長に及ぼす影響				
	概要	林業試験場構内に植栽された 35 年生母樹の落下した種子を採取し、発芽試験及び施肥試験を行った。発芽試験の結果、3 月に採取・播種したものに比べて、12 月に採取・播種した方が 2 週間程度発芽の開始が早く、最終発芽率は 12 月：57.7%、3 月：33.5%で、12 月の方が高かった。このことから、当年産種子は取りまきした方が実用上有利と考えられた。施肥試験の結果、施肥量別の苗高の平均は、1.5g：32.1cm、3.0g：60.1cm、6.0g：70.1cm で、施肥量が増加すると成長量が大きくなる傾向がみられた。ただし 6g と 3g では大きな差はみられなかったことから、実用的には 3g 程度が適量と考えられた。無施肥のものはほとんど成長しなかったことから、センダンは肥料要求度の高い樹種と考えられた。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	糟谷信彦ら
5	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	本州西部地域での早生樹センダンの造林成績				
	概要	岡山～福井までの 6 府県 11 箇所の国有林で植栽試験を行った。各地で 10～25 本のセンダンを 2015(一部は 2016 年)春に植栽し，芽かきをおこなったところ、2017 年秋時点で、健全木（樹高 3.0m 以上のものと定義）の割合は各地で 0～75%とばらつきが大きく、また全体平均で 25%であった。シカなどによる食害、樹皮剥ぎ、折損、霜害、枯損がそれぞれ 10～20%みられた（全体の平均）。今後シカ柵（単木）設置や芽かきの適切な実施により、健全木の割合を高める必要性が再確認された。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	池本省吾
6	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	センダン植栽木への施肥が成長に及ぼす影響				
	概要	鳥取県内 5 カ所に設けた植栽試験地において、1 年生コンテナ苗を 2016 年秋に 1 カ所：97 本、2017 年春に 4 カ所：252 本植栽し、一部の試験地で植栽後に施肥を行った。植栽後の苗高、根元径を定期的に計測するとともに、雪害、病虫害等の発生状況を調査した。2016 年秋試験地（標高 480m）では、積雪による幹折れが発生した（被害率 92.1%）。幹の折損部からは萌芽が発生したが成長は不良であり、積雪地での植栽は不適と考えられた。2017 年春試験地の 1 成長期経過後の成長量の平均は、伸長成長（施肥区 25.6cm＞無施肥区 11.4cm）、直径成長（施肥区 10.9mm＞無施肥区 6.9mm）で、施肥の効果が認められた。また全ての試験地でゴマダラカミキリによる幹の食害が発生していたが、病害は認められなかった。一部の試験地では、イノシシによる掘り返し、シカによる食害が認められた。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	髙山勉ら
7	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	センダン植栽木の初期成長と立地環境				
	概要	兵庫県宍粟市内の標高の異なる 3 箇所で調査を行った。結果、標高 180m の調査地が平均苗高 395cm と最も成長が良く、標高 370～400m で同 163cm、標高 680m で同 113cm となっ				

		た。全調査地計 235 本のデータから、苗高を応答変数とし、説明変数候補を標高、傾斜、苗高成長が最も良い時期である 8 月 16 日の直射光透過時間（min）、土壌含水率、植栽時苗高とした一般化線形混合モデルを構築し、赤池情報量規準（AIC）を指標に変数選択をしたところ、標高、傾斜、8 月 16 日の直射光透過時間が選択されたため、良好な初期成長には、標高が低いこと、傾斜が緩いこと、光環境が良いことが必要であることがわかった。このことから、気温が高く、表層土壌が厚い場所、北斜面よりも南斜面が適していると考えられた。

表 3-5 平成 30 年度 文献一覧（コウヨウザン）

No.	区分	造林_施業	年	1998-08-13	著者名	俞新妥
1	出典	世 界 林 业 研 究				
	文献名	论杉木人工林的回归──从杉木林地力衰退的因果谈杉木林的可持续经营				
	概要	【中国の文献を和訳】1950 年代からコウヨウザン林は発展をし続け、早く生産できるようにするため、密植、純林、短輪伐期等を提唱してきた。しかし、コウヨウザン林の拡大は、地力衰退、害虫蔓延の問題を生んだ。地力衰退の原因として、コウヨウザンは針葉樹で落ちてくるものが少なく、養分が低く、またその落下物の分解速度も遅く、林地養分帰還率が低いことや、小枝とともに落下した葉の寿命が長く(4～5 年)、分解が難しいことがあげられる。持続利用できるコウヨウザン林を実現するためには、森林の生態系の営林概念を樹立すること、混交林をつくること、林農複合経営を推奨すること、輪伐期を適宜延長すること、経営強度など人為的干渉を減らすこと、などがあげられる。				
No.	区分	造林_施業	年	2016	著者名	近藤禎二ら
2	出典	第 127 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	広島県におけるコウヨウザンの成長				
	概要	広島県に植栽された約 50 年生のコウヨウザン林分を毎木調査したところ、1285 本/ha の本数密度で約 720 ㎥/ha の蓄積を示した。また、樹幹解析によって 20～30 年以降も旺盛な成長を示すことが明らかになり、50 年程度までは利用目的に応じた伐期が選択できると考えられた。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	大塚次郎ら
3	出典	第 128 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	コウヨウザンの実生およびさし木コンテナ苗生産技術について				
	概要	広島県内民有林の4個体および茨城県内に生育する1個体から採取した種子を4月に苗畑とコンテナ(JFA300cc)に播種した。また、茨城県内の7個体から採取した萌芽を長さ8cm程度に調整したさし穂を4月にコンテナに挿し付けた。コンテナはココピート、鹿沼土、固形肥料が入った市販のコンテナ用培養土を用いた。苗畑に播種した対照のスギ精英樹の実生苗3家系と合わせ、7月から苗高、9月から根元径を 12 月まで毎月計測した。苗畑での苗高はスギ実生苗が、根元径ではコウヨウザン実生苗が優っていた。コンテナに播種したコウヨウザン実生苗は、もっとも成長が良かった家系で 12 月時点の平均苗高が約 23 cm、平均根元径が約5mm であった。コンテナのさし木の発根率は全体で 87%と非常に高く、もっとも成長が良かったクローンの平均苗高は 12 月時点で 30 cm以上、根元径は約6mm でコウヨウザンさし木の際に課題となる枝性の発現は見られなかった。				
No.	区分	造林_生育	年	2014	著者名	鍾振德
4	文献名	福州杉與香杉曾為淺山造林主要樹種				
	概要	【中国の文献を和訳】コウヨウザンの取引価格はかつて非常に高かったが、香杉*など他の樹種のほうが同面積あたり、より多くの収穫量がある。そのため、収穫量の少なさ(香杉はコ				

		ウヨウザンの1．5倍の収穫量）という欠点と、香杉に比べ老化も早いことから、一昔前に比べると私有林で栽培する人は減少した。 *台湾では大陸系のコウヨウザンとコウヨウザンの変種である香杉（ランダイスギ）を分けて扱っている。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所林木育種センター
5	出典	第 4 期中長期計画成果 15（育種・生物機能-2）				
	文献名	コウヨウザンの特性と増殖の手引き				
	概要	コウヨウザンの成長や育苗、保育等の考え方、産地・系統等について、手引き書としてとりまとめている。コウヨウザンは地形的にはスギに適した斜面下部の林分での成長が最も良く、ヒノキに適した斜面中部の林分でも良い成長を示している一方、斜面上部や尾根筋及び照葉樹林帯から外れる寒冷な林分での成長は良くない。コウヨウザンの成長と立地環境条件との関係については、今後さらにデータの蓄積及び分析が必要である。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	陶山大志ら
6	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	コウヨウザンに対するノウサギの嗜好性と被害				
	概要	2017 年 3 月下旬～4 月中旬、島根県内 3 か所に植栽したコウヨウザンの1年生苗木について、10 月中旬にはニホンノウサギによる被害率は0%、23%、96%だった。また、同年 4 月上旬から 10 月上旬、島根県内 1 か所において、スギ、ヒノキ、コウヨウザン、センダンの 1～2 年生では被害率は 0～35%であったが、コウヨウザンでは被害率は 83%に達し、他の樹種より有意に高かった。同試験地において、被害が顕著に増加した時期にはノウサギの餌となるススキ等の林床植生が繁茂していたことから、餌量が豊富であってもノウサギはコウヨウザンを選好的に摂食すると考えられた。ノウサギはコウヨザンに対して嗜好性が高く、その造林地を壊滅させる場合もあるため、同樹種を植栽する場合はノウサギ対策が必須であると考えられた。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	山田浩雄ら
7	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	コウヨウザンの簡易収穫予想表の試作				
	概要	樹齢が 21 年生から 68 年生のコウヨウザン 12 林分の毎木調査データから、暫定的な収穫予想表の試作を行った。広島県庄原市の 52 年生林分での樹幹解析により樹高成長曲線を求め、これをガイドラインとして、地位指数曲線群を推定した。この地位指数曲線群に 12 林分の毎木調査データをプロットし、地位「上、中、下」の樹高成長曲線をそれぞれ決定した。また、12 林分の毎木調査データから樹高と胸高直径および胸高直径と林分密度の関係式を推定し、この関係式を地位「上、中、下」の樹高成長曲線にそれぞれ当てはめて林分材積を求めた。その結果、地位「上、中、下」の 30 年次の林分材積は、それぞれ約 700、500、				

		350m^3/ha と推定された。				
No.	区分	造林_生育	年	2018	著者名	近藤禎二ら
8	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	コウヨウザン林分における幹折れ				
	概要	国内のコウヨウザン（*Cunninghamia lanceolata*）13 林分について幹折れの状況を調査したところ、いずれの林分も成林しており、10 林分では幹折れの発生が 1 割程度だった。幹折れを、幹の先端、中部、下部の 3 つの部位別にみると、採材への影響が最も少ない先折れの比率が高い林分が多く、特に林齢を重ねた林分でその傾向がみられた。				
No.	区分	造林_生育	年	2019	著者名	磯田圭哉ら
9	出典	林木育種情報 No.29：6-7				
	文献名	海外林木育種事情調査　中国コウヨウザン事情				
	概要	コウヨウザンについて、萌芽は最初の 2 年ほどは勢いよく成長するものの、年数が経つと成長が著しく低下するため、中国では萌芽更新は行われていない。洋口林場という国有林施設では、第三世代播種園産種子を使用し実生苗を生産しており、播種後 1 年で苗木は約 50cm の苗高になる。また、龍山林場の育苗施設の播種母樹は 200 以上の精英樹から選抜されたクローンで構成され、播種園産種子の発芽率は 50～60%とのことである。中国では住宅建築に木材を用いないため、土木資材として小径材の利用が多いとのことだったが、高付加価値のための大径木育林試験も行っていた。				
No.	区分	材質	年	2002	著者名	林仁政、洪國榮
10	出典	林業研究季刊刊 24（1）：29~44				
	文献名	彰化員林興賢書院木材利用及劣化調査				
	概要	【中国の文献を和訳】柱の木材としてコウヨウザンは最適であるが、シロアリ被害がとても多い。中国産のコウヨウザンは台湾の伝統的な建築物によく使用されていたが、日本植民地時代に、中国大陸との貿易が途絶えたため、台湾産の木材で自給自足するようになり、中国産のコウヨウザンは次第に使われなくなった。				
No.	区分	材質	年	2007	著者名	―
11	出典	内政部建築研究所委託研究報告				
	文献名	木購造古蹟與歴史建築修復用新木料擇用基準之建立				
	概要	【中国の文献を和訳】人工造林のコウヨウザンは成長が早い。そのため、樹幹の中の未成熟材の比率が高く、材質の変異性も大きく、不均質性も高い。よって耐腐性と力学強度が低く、木材加工使用時に欠点が出やすい。例えば、切った後に曲がりやすい、乾燥時に裂けやすいことが問題点として挙げられる。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	藤澤義武ら
12	出典	第 128 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	スギと対比したコウヨウザンの材質特性				

	概要	スギとの対比による材質特性の評価を行った。供試材料は比較的まとまった個体数があり、隣接して同齢のスギ林分のある 4 年生林分（宮崎県えびの市）、21 年生林分（茨城県日立市）、56 年生林分（熊本県菊池市）、99 年生林分（鹿児島県垂水市）において樹高、胸高直径を測定するとともに、構造材利用における材質の指標であるヤング率と関係の深い応力波伝搬速度を測定した。その結果、コウヨウザンの成長の優位性は林齢の経過とともに低下する傾向にあるが、応力波伝搬速度はいずれの林齢においても常に大きく上回っていた。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	山田浩雄ら
13	出典	第 128 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	成長曲線を用いたコウヨウザンの材積成長過程の解析				
	概要	広島県庄原市のさし木苗を植栽したと推定される約 52 年生コウヨウザンの造林地において、斜面の上部、中部、下部からそれぞれ優勢木、劣勢木、平均木の計 18 個体を伐採して樹幹解析を行った。SSR 遺伝子型によるクローン分析の結果、優勢木、劣勢木、平均木のそれぞれに共通のクローンが存在し、また、成長曲線のパラメータにはクローン間差が認められた。これは成長や成長パターンがクローンによって異なっていることを示し、成長形質の改良が期待できることを示唆している。連年成長が最大となる成長曲線の変曲点の樹齢は約 30 年～75 年の範囲にあり、成長の早晩性のクローン間差の存在も示唆された。				
No.	区分	材質	年	2018	著者名	涌嶋智ら
14	出典	第 129 回日本森林学会大会（抄録）				
	文献名	日本産コウヨウザンの原木丸太の特性				
	概要	林齢の異なる4箇所の林分で立木を伐採し、得られた原木丸太について元口・末口径、長さ、重量、縦振動法による動的ヤング係数等を測定した。林分の所在と伐採時の林齢・伐採本数は、広島県庄原市（HS）52 年生・10 本、京都府京都市（KK）47 年生・11 本、千葉県鴨川市（CK）34 年生・10 本、茨城県日立市（IH）22 年生・25 本で、それぞれ約4mの丸太を2～4本ずつ採材した。丸太の平均材積は HS が最も大きく 0.44m^3 で、以下、KK が 0.34m^3、CK が 0.25m^3、IH が 0.20m^3 であった。みかけの密度は逆に HS が最も小さく平均 676 kg/m^3 で、KK が 733 kg/m^3、CK が 752 kg/m^3、IH が 825 kg/m^3 であった。また丸太の採材位置が上になるほど密度が高くなる傾向があった。ヤング係数の平均値は、HK が 9.37kN/mm^2、KK が 9.97 kN/mm^2、CK が 8.99 kN/mm^2、IH が 7.43 kN/mm^2 で、いずれの林分でも1番玉より2番玉のヤング係数が高くなる傾向を示した。				
No.	区分	材質	年	2018	著者名	（四国森林管理局）
15	出典	プレスリリース（四国森林管理局 HP）				
	文献名	“夢の早生樹コウヨウザン三世代プロジェクト”の推進について～早期投資回収と造林コストの大幅削減に向けて～				
	概要	第二世代の間伐木の強度は日本の他の地域のコウヨウザンと同程度、燃焼性はヒノキとほぼ同等。土佐清水市コウヨウザンの動的ヤング係数は 8.62kN/mm2+−1.22（参考：庄原市				

		9.37KN/mm2±0.84、日立市 7.43kN/mm2±1.10)、高位発熱量は 4600kcal/kg(参考:ヒノキ 4600kcal/kg)、低位発熱量は 4200kcal/kg(参考:ヒノキ 4200kcal/kg)。※高知県立森林技術センターが測定。また、材質・加工性・歩留まりはスギとほぼ同程度。節周辺に休眠芽の跡がみられる。				
No.	区分	遺伝	年	2016	著者名	磯田圭哉ら
16	出典	第 127 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	国内コウヨウザン人工林における遺伝的多様性の解明				
	概要	日本国内のコウヨウザン林分を対象に、SSR マーカーによる遺伝資源評価を行った。SSR マーカーは Wen et al. (2013)により報告されているもののうち 27 マーカーを用いた。報告にある湖南省および広東省の精英樹の平均ヘテロ接合体率(He=0.616)と比較すると、広島県の民有林(He=0.518)は多様性が低く、林木育種センターの試験林(He=0.670)は同等であった。また、広島県の林分と林木育種センターの林分では、遺伝的組成に差異があることが示唆された。				
No.	区分	遺伝	年	2017	著者名	磯田圭哉ら
17	出典	第 128 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	広島県庄原市のコウヨウザン林におけるクローン構成の解明と成長形質のクローン間変異の解析				
	概要	広島県庄原市の民有林において、林内のほぼ全ての個体の DNA 分析を行い、クローン構成の全貌を明らかにした。その結果、分析した 762 個体から 93 の遺伝子型が検出された。このうち 62 遺伝型が複数の個体で検出され、クローン関係のある個体が生育していることが明らかとなった。最も多く検出されたクローンは 97 個体で、全体の約 13%となった。				
No.	区分	遺伝	年	2018	著者名	磯田圭哉ら
18	出典	第 129 回日本森林学会大会(抄録)				
	文献名	国内コウヨウザン林分の遺伝的組成の解明と由来の推定				
	概要	27 座の SSR マーカーを用いて、国内 15 ヶ所のコウヨウザン林について遺伝的解析を行った。Structure2.0 で解析を行ったところ、3 つの遺伝クラスターに分けられた。1 つ目のクラスターには台湾由来個体が含まれ(クラスターT)、2 つ目のクラスターには中国中央部に位置する湖南省、広東省、貴州省由来個体が含まれ(クラスターC)、3 つ目のクラスターには中国東部に位置する浙江省由来個体が含まれていた(クラスターE)。このことから、国内に導入造林されたコウヨウザンは、台湾由来、中国中央部由来、中国東部由来の 3 タイプに分けられることが示された。				
No.	区分	現状	年	2018	著者名	渡辺靖崇ら
19	出典	日林誌(2018)100:178-181				
	文献名	コウヨウザン人工林における表土移動量				
	概要	コウヨウザン林分に簡易土砂受け箱を設置して表土移動量を観測した。土砂受け箱の設置要因として傾斜条件(急・緩)を設定した。また、物質移動レート(g m^{-1} mm^{-1})を指標として				

		他の樹種の林分を調べた既往の研究事例と比較検討した。傾斜条件を比較すると、急傾斜が緩傾斜より物質移動レートが高かった。しかし、急傾斜でも物質移動レートの絶対量は低く、その原因は急傾斜でも落葉落枝の被覆率が高いためと考えられた。既往研究による他樹種林分と比べると、コウヨウザン林分は表土保全の効果が高いとされるアカマツと広葉樹の混交林と同程度の物質移動レートとなった。

表 3-6 平成 29 年度 文献一覧（センダン）

No.	区分	造林_施業	年	2000	著者名	横尾謙一郎
1	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダン幼齢林における施業試験-初期の植栽密度効果-				
	概要	植栽密度の違いが初期の成長・樹幹形にどのような影響を与えるか、植栽密度 3,000 本、5,000 本、7,000 本/ha の 3 段階で 5 年間の実証を行った。樹高は、植栽密度に差がなく、植栽から 5 年間で 10m を超えた。胸高直径は、植栽密度が高いほど小さかったが、4 年経過後は 5,000 本区と 7,000 本区の差はほとんど認められなかった。				
No.	区分	造林_施業	年	2001	著者名	牟田信次ら
2	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの組織培養による人工林造成試験				
	概要	九州各地の河川域から選抜された優良センダンを組織培養により増殖し、その苗木を用いて人工林を造成した。組織培養による増殖結果と植栽 1 年目の成長状況について述べられている。1998 年と 1999 年の 2 年間の増殖の結果、89 本のシュートから 15,320 本のシュートを得た。最も増殖倍率が高かったのは大淀川で 396 倍、低かったのは川内川で 107 倍であった。				
No.	区分	造林_施業	年	2003	著者名	横尾謙一郎
3	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダン幼齢木における施業試験（Ⅱ）-芽かきの時期・回数と樹幹形の関係-				
	概要	芽かきの回数を減らしても、樹幹形を通直にできるかを検討した。5 月の芽かきが、その後の樹幹形の通直性に大きく貢献すると考えられ、年 1 回（5 月）に芽かきを行なうと樹幹形が通直になることが示唆された。しかし、幹の細りの影響を考慮すると年 2 回の芽かきが望ましい。				
No.	区分	造林_施業	年	2004	著者名	上脇憲治ら
4	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの組織培養苗による人工林造成試験				
	概要	センダンを対象樹種として、人工林の炭酸ガス固定機能の評価を行なった。評価は、九州各地の河川域から選抜された優良センダンの組織培養を使用し、成長状況より実施した。植栽地は①宮崎県東臼杵郡清水峠と②同県北諸県郡高岡町の 2 箇所で実施した。その結果、①では緑川、川内川、②では川内川のセンダンの成長が良好であった。				
No.	区分	造林_施業	年	2010	著者名	横尾謙一郎
5	出典	森林立地学会				
		植栽密度が異なるセンダン幼齢林の成長と幹材の形状				
	概要	センダン人工林の植栽密度が異なる 3 地区の幼齢林（3,000 本：A 地区、5,000 本：B 地区、7,000 本：C 地区）において植栽後 5 年間の成長経過と幹材の形状を調査した。その結果、5				

		年間で 3 地区全てが平均樹高 10m 以上であり、密度効果は認められなかった。胸高直径においては、5 年間で平均直径が A 地区で 9.8 ㎝、B 地区で 8.7 ㎝、C 地区で 8.5 ㎝であり、植栽密度が低い方の成長量が有意に大きかった。センダンの 5 年間の樹高及び平均直径は、ケヤキ、クヌギ、キハダの 5 年生時のものよりも大きく、成長が極めて早いことが確認された。植栽密度を 5,000 本/ha 以上で材の通直性を高め、枝下高 4m を確保した後に幹曲りが小さい個体の直径成長量を維持するため、間伐による本数管理を行うことが重要である。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	横尾謙一郎
6	出典	山林				
	文献名	センダンの育成技術の開発・普及と材の利用について				
	概要	センダンの分布、植栽適地、生産目標に伴う等級区分、幹の通直性を高めるための施業試験、施肥による成長促進、優良系統木の選抜、病虫害、材の利用、バイオマスでの利用、造成、施業技術の普及等について記載されている。植栽適地については、平成 24 年 9 月～12 月の熊本県ないのセンダン 36 林分（林齢 6～20 年生）について成林状況を把握した。成林していた 11 林分では、土壌水分、養分が豊富な谷筋や平地に多い一方で、成林していない林分は斜面上部や尾根上に多く、成長不良、草本類の被圧による枯死が原因であると考えられた。幹の通直性を高めるための施業試験については、芽かきによって最大矢高が 3 ㎝以下である一等の割合が大幅に増え、幹が通直になっただけでなく、枝打ち後のような変色が発生しないことが分かった。現在、保育間伐の回数を軽減し、幹の直径成長を持続できる植栽密度として 400 本/ha を提案している。				
No.	区分	造林_生育	年	2001	著者名	落合年史
7	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの選抜育種効果-検定 5 年次-				
	概要	センダンの遺伝的に優れた母樹を検討するため、次代検定林の生育状況を調査し、母樹の検定を行なった。その結果、優良な系統には萌芽後の主軸のゆがみが少なく樹高成長量が大きい性質が備わっていることが判明した。				
No.	区分	造林_生育	年	2002	著者名	横尾謙一郎
8	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	センダンの枝の成長特性について				
	概要	センダンの樹幹・枝解析を行い、枝の成長特性を検討した。自生の 35 年生のセンダンの伐採を行い、樹幹及び枝の解析を行なった。枝は、4 年生時に発生した枝 3、4 と、枝 4 が 17 年生時に折損し発生したと考えられる枝 1、2 について解析を行っている。サンプル数が少なく枝の成長特性の一般化まではできなかったが、枝の伸長量や折損時期が明らかとなった。本研究の枝 4 は 17 年生時及び 27 年生時に折損しており、上方に位置する枝 3,4 より、下方に位置する枝 1,2 の方が、経過年数が大きくなるにつれて伸長量が大きい結果となった。そのため、老齢林では、枝が横に張り傘型樹形になることが判明した。				
No.	区分	造林_生育	年	2002	著者名	横尾謙一郎

9	出典	九州森林学会 No.55				
	文献名	センダンの枝性が樹形に与える影響				
	概要	熊本県内に自生する 3 個体を用いて調査した結果、若齢期に低い位置で発生する枝が、その後の樹形に大きな影響を与えることが分かった。その理由が、樹形が傘型になるのは若齢期から成木になる経過で、枝の分岐能力が高まり、下向きの枝が優勢伸長するためだということも分かった。				
No.	区分	造林_生育	年	2003	著者名	横尾謙一郎
10	出典	熊本県林業研究指導所				
	文献名	センダンの育成方法				
	概要	センダンの育成方法について、普及版としてとりまとめている。20 年の短伐期施業を目指し、収穫期の成立密度が 200～300 本/ha と推定すると、当初の植栽密度は 1,000 本/ha あれば十分と考えられる。また、芽かきは 4-5 月に頂芽以外の芽除去と 6-9 月に側芽除去の 2 回実施すればよい。				
No.	区分	造林_生育	年	2004	著者名	横尾謙一郎
11	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	芽かきの時期・回数の違いがセンダンの樹幹形に及ぼす影響				
	概要	芽かきの時期・回数の違いがセンダンの樹幹形に及ぼす影響について検討した。本研究では、春期の芽かき時期が遅くなると曲がりが発生しやすいという仮定のもと、芽かき時期 1 回区（10 月下旬：A 区）と 2 回区（4 月下旬・10 月下旬：B 区、5 月下旬・10 月下旬：C 区）に区分して調査した結果である。その結果、幹曲がりは 4 月下旬から 5 月下旬と 10 月下旬以降の 2 回芽かきを行なえば小さいが、10 月下旬以降の 1 回だけでは大きくなることが確認された。				
No.	区分	造林_生育	年	ー	著者名	広葉樹展示林図鑑
12	出典	九州森林管理局　森林技術・支援センター				
	文献名	（センダンの概要）				
	概要	平成 8 年にポット苗を 451 本/0.17ha（2600 本/ha）植栽したところ、病虫獣害の被害は特に見られなかったが、平成 26 年時点で現存率は 19%と低かった。枯死原因は不明である。				
No.	区分	材質	年	2004	著者名	井上真由美ら
13	出典	九州森林学会				
	文献名	センダン（Melia azedarach）材の基本的性質				
	概要	供試木は熊本県に植栽された 17 年生の通直なセンダン 3 個体。年輪幅は、髄付近では地上高が低い部位で大きく、4 年輪目あたりから樹皮に向かい良好な成長を保ちながら安定する傾向が認められた。成長が良好であった年には、形成層齢に関係なく広い年輪幅になる傾向を示した。気乾比重は地上高に関わらず、髄から樹皮に向かって緩やかな増加傾向を示した。また、地上高が高くなるにつれて全体的に気乾比重が増加する傾向が認められ				

		た。樹形が通直であれば、4m 以上の部位もそれ以下の部位と同様に利用可能であることを示唆された。				
No.	区分	生理	年	1983	著者名	永森通雄ら
14	出典	日本森林学会				
	文献名	京都、三重、高知、沖縄産広葉樹のそれぞれ相互の各地域における生育反応（Ⅰ）―センダンについて―				
	概要	稚苗の伸長量はどの地域においても沖縄産が最も伸長し、ついで高知産が大きく、三重及び京都産はほぼ同じくらいで小さかった。成長に対する限界日長の違いによるものと推察される。また、各地域の中では、どの産地のセンダンも京都で大となり、ついで三重、高知、沖縄の順に小となった。はっきりした理由は今後の検討課題となっている。				
No.	区分	生理	年	2013	著者名	廣石和昭
15	出典	熊本県林業研究指導所				
	文献名	材質劣化病害の防除に関する研究（センダンこぶ病）　平成 19 年度～平成 23 年度（単県）				
	概要	熊本県では、平野部を中心にセンダンこぶ病が広く見られたが、人吉盆地では罹病木は確認されなかった。また、つる性植物や周辺の樹木等により直接風が当たらないような環境にあるセンダンでは、センダンこぶ病が見られないか、比較的軽症であった。センダンこぶ病は、造林地にあらかじめ風雨をさえぎる防風林等を設けておき、風当たりの程度をコントロールすることにより被害を軽減できる可能性があることが示唆された。また、薬剤防除の予備的な試験では、その効果を確認できなかった。				
No.	区分	利用	年	2017	著者名	全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会
16	出典	林野庁補助事業報告書				
	文献名	インテリアに適した国産早生広葉樹の発掘				
	概要	国産早生樹インテリア（複合フローリング、壁材、家具）を試作して、国際見本市に出展し、日本の「広葉樹インテリア」の可能性を広く周知したという報告書である。国際見本市では国産早生広葉樹製品の印象を評価し商品化の可否を評価した。また、インテリア製品として基本性能を有しているかを明らかにした。 熊本県産センダン、大分県産ユリノキ、長野県産チャンチン、岩手県産コナラ、北海道産ハンノキを用いて調査されており、それぞれの樹種を分布や特徴について、苗木の写真と共に紹介している。さらに実際に試作された製品についても写真と共に紹介している。 国際見本市で実施したアンケートの回答結果では、約 80%が早生広葉樹という言葉を知らなかった。樹種別の魅力ではセンダンが最も魅力的という結果となった。センダンの魅力的部分は、木目、色、表情の順で多く回答を得られた。回答者の中には、製品の価格が気になる方もおり、注目度は高いと考えられる。				

表 3-7 平成 29 年度 文献一覧（コウヨウザン）

No.	区分	造林_施業	年	1989	著者名	佐々木隼人
17	出典	林業技術誌 No.568				
	文献名	四国におけるコウヨウザンの人工林の一事例				
	概要	高知県土佐清水市にある清水営林署が管理する「辛川山国有林 71 林班い小班」へ、昭和 7 年度にコウヨウザンが造林され、昭和 63 年秋（57 年生）で伐採された。その調査結果が取りまとめられている。昭和 7 年にスギ、ヒノキ、ケヤキとともに 800 本分のコウヨウザンが造林された。それぞれの密度はスギが 2,100 本/ha、ヒノキが 1,600 本/ha、ケヤキが 1,000 本/ha、コウヨウザンが 2,700 本/ha となっている。なお、植栽密度の設定理由に関する記録は残されていない。下刈り作業は、植栽翌年から毎年 1 回 5 年間実施されている。6 年目は下刈り未実施で、7 年目に最後の下刈作業が実施された。また、つる切り作業についても昭和 15 年度に 15ha、25 年度に 20ha 実施したという記録のみである。なお、この下刈り作業及びつる切り作業は、4 樹種を造林した地域全体の話であり、コウヨウザン植栽区域で実際に何回の下刈やつる切りの作業行われたのかは明らかとなっていない。収穫されたコウヨウザンは全部で、76 本で、41.25m^3 であった、平均樹高は 19m で平均胸高直径は 26 ㎝であった。主伐された本数は植栽本数の 10%に満たない結果となっている。また、沢に近いところに生立していたものについては、心腐れが多数あったとにことであり、環境条件が主因と考えられるが、原因が明らかとなっていない。コウヨウザンとスギ、ヒノキを一緒に収穫した際、立木一本あたりの大きさは、スギ 0.790m^3、ヒノキ 0.374m^3 で、コウヨウザン 0.543m^3 は両者の中間であった。なお、主伐 4 か月後の伐根から 5m の萌芽枝が確認されている。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	近藤禎二ら
18	出典	日本森林学会 第 128 回ポスター				
	文献名	わが国におけるコウヨウザンの成長				
	概要	広島県庄原市の 52 年生コウヨウザンでは、個体密度 1,164 本/ha、平均樹高 20.2m、平均胸高直径 26.5cm、林分材積 1006m^3/ha で、この地域のスギ 1 等地と比べて倍以上の成長静岡県南伊豆町の 68 年生コウヨウザンでは、個体密度 751 本/ha、平均樹高 21.3m、平均胸高直径 30.7cm、林分材積 597m^3/ha で、この地域のスギ 1 等地と比べて半分以下の成長。全て（6 地域）の地域で折れが 10%程度発生しているが、林分の存在にかかわる折れではない。				
No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	黒田幸喜
19	出典	森林遺伝育種学会誌 第 6 巻 第 4 号				
	文献名	コウヨウザン造林における広島県の取組み				
	概要	コウヨウザンの生育適地と造林特性、苗木の育成と造林、造林事業と地域森林計画での位置づけ等について記載されている。生育適地と造林特性では、既往の文献を取りまとめており、標高 1,000m までは育成が可能、照葉樹林帯が生育適地、切削などの加工が容易、2～3 回萌芽更新が可能など、低コストな更新技術として検証価値のあるものとしてまとめて				

		いる。苗木育成と造林についてでは、挿し木苗と実生苗の芯立ちについて検証されており挿し木苗の方で 1 年芯立ちが遅れると報告しており、併せてウサギやシカ食害対策の必要性についても言及している。また、関係する団体の動きとして、広島県森林整備・農業振興財団による、10 万本規模のコウヨウザン専門のコンテナ苗施設の新設、耕作放棄地を含む 15ha 程度のコウヨウザン造林地の造成、国内選抜による優良品種を集めた採種園・採穂園の整備事業が農林水産業みらい基金へ採択されたことが報告されている。				
No.	区分	造林_生育	年	1980	著者名	加藤咲夫ら
20	出典	中部森林学会講演集				
	文献名	コウヨウザンの生長				
	概要	静岡県賀茂郡南伊豆町にあるコウヨウザン造林地(0.33ha)で、昭和 20 年頃植栽、昭和 26 年頃補植、昭和 34 年までに下刈りを 1～4 回/年実施しており、その後は保育作業を実施していない。本試験地は 0.33ha あり、そのうち 0.24ha について昭和 53 年 10 月に調査を実施した。287 本分の胸高直径と 34 本の外傷の少ない立木で樹高を計測した結果、平均直径が 22.1±7.77 ㎝、平均樹高が 16.8±2.85mとなった。15 年生前後に最初の間伐を行えば、単木の直径生長はよくなり、胸高直径のばらつきの小さい林になったと考えられる。日本では、他国よりは若干成長が勝るものの、スギと比べると中ぐらいで材積的には有利とは考えられず、利用価値からみても台湾における棺材という特殊需要でもない限り有利かは不明である。				
No.	区分	造林_生育	年	2016	著者名	山田浩雄ら
21	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	コウヨウザンの所在地データベースの作成				
	概要	コウヨウザンの生育範囲を明らかにするため、コウヨウザンが植栽されている所在地を探索してデータベースを作成し、データベースにリンクさせた国土数値情報から所在地の気候要因を抽出した。 これまでに 226 件のコウヨウザンの所在地が確認され、宮城県および新潟県以西から九州までの照葉樹林帯と考えられる地域に広く植栽されていた。特に、関東地方と近畿・東海地方から北陸地方にかけての地域に多く植栽されている傾向にあった。226 件のうち、約 50%が神社・仏閣の社叢林に、約 25%が都道府県・市町村の公園や植物園に、それぞれ単木的に植栽されている個体が多く、巨樹巨木や天然記念物として登録されている個体もあった。所在地の気候要因から、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と考えられた。年降水量は約 1,000～3,000mm の範囲に植栽されており、日本の気候では制限要因にはなっていないようであった。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	大塚次郎ら
22	出典	関東森林学会 68-2				
	文献名	コウヨウザンの球果と種子の形質および精選手法について				
	概要	球果の平均体積は平均種子数および平均種子総重量との間に正の相関があり、スギと同				

		様の傾向を示した。未成選種子を 0.02%濃度に薄めた洗剤液に4時間浸漬することでシイナとシブタネを一定程度除去することができ、沈んだ種の発芽率は平均 71%、最大 33%となり、最も効果的な精選手法であった。しかし、シブダネの割合が高い場合には発芽率の向上の効果が小さい。				
No.	区分	造林_生育	年	2017	著者名	近藤禎二ら
23	出典	関東森林学会 68-2				
	文献名	東京大学千葉演習林におけるコウヨウザンの成長				
	概要	東京大学千葉演習林のコウヨウザンについて、同地域のスギの収穫予想表の地位上に比べ、コウヨウザンは3林分全てで上回った。コウヨウザン 32 年生 557m^3/ha に対しスギ 35 年生は 431.9m^3/ha、コウヨウザン 56 年生 1,316m^3/ha、58 年生 1,096m^3/ha に対しスギ 55 年生は 679.0m^3/ha、60 年生は 731.4m^3/ha という結果である。幹折れは 12～18%の発生率で、林齢の進んだ2林分(56 年生、58 年生)では先折れがほとんどで、採材に大きな影響はないと考えられた。				
No.	区分	材質	年	1990	著者名	森田正彦ら
24	出典	日林九支研論集 No. 43				
	文献名	コウヨウザン30年生林分の成長及び材質特性				
	概要	30 年生コウヨウザンの平均樹高は 17.2m、平均胸高直径は 18.9 ㎝、蓄積は 867m^3/ha であり、スギに比べてそれぞれ、108%、103%、142%といずれも上回る結果となったが、ばらつきが非常に大きい。材質については、コウヨウザンはスギに比べて根元曲り、幹曲りが少なく、枝の枯れ上がりも良く、通直完満な林分となっていた。				
No.	区分	材質	年	1999	著者名	劉 元
25	出典	高知大学農学部紀要 第 68 号				
	文献名	コウヨウザン植栽木の材質に及ぼす地位および成長率の影響(劉)				
	概要	コウヨウザンの未成熟材範囲は、年輪幅で示せば約 17～20 年である。成長が速いものほど、髄からの年輪数で示す未成熟材の範囲はほぼ変わらないが、髄からの距離で示すとその範囲は増加し、短伐期林業で生産される樹幹丸太を構造用材として利用する場合には、未成熟材の材積は大きな割合を占める。そのため、コウヨウザン育成には、初期成長を促進することによって未成熟材が量的に増加する特徴を考慮する必要がある。地位にあわせ、適当な植栽密度、灌・排水などで初期成長を調整し、間伐、施肥などで後期成長を促進すれば、より高い成長を持続させられると同時に、未成熟材部の量的減少、材質の低下防止およびその均一性の向上をある程度コントロールすることが可能であるという結論を得た。				
No.	区分	材質	年	2012	著者名	藤澤義武ら
26	出典	関東森林学会 63-1				
	文献名	12 年生コウヨウザンにおける樹幹ヤング率の産地間変異				
	概要	12 年生のコウヨウザン産地試験地において樹幹ヤング率を測定した結果、平均ヤング率は				

		8.5GPa と構造材として利用可能な値を示し、構造材生産を目的とした短伐期経営の可能性を示唆。また、ヤング率は産地間に有意差が認められ、育種による改良が可能であることが示唆された。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	涌嶋智ら
27	出典	森林遺伝育種学会誌　第 6 巻 第 4 号				
	文献名	コウヨウザンの材質				
	概要	庄原市産（52 年生）と日立市産（22 年生）のコウヨウザンについて材質を調べた結果である。庄原市産は 3,000 本/ha から伐採時は 1,164 本/ha となっており、初期に下刈りと枝打ちを行った後は保育作業を実施していない。日立市産は 1,852 本/ha から伐採時は 1,346 本/ha となっており、下刈りや枝打ちは実施していない。曲げ強度や曲げヤング係数について、庄原市産はヒノキを上回り、日立市産はスギと同程度と数値に幅が認められた。理由はいくつもの要素が関連していると推察されるが、詳細について明らかにするには更なる調査が必要である。				
No.	区分	材質	年	2017	著者名	涌嶋智ら
28	出典	公立林業試験研究機関 研究成果選集　No.14				
	文献名	広島県におけるコウヨウザンの生育と材質				
	概要	50～60 年生のコウヨウザン伐採木の年輪解析では良好かつ継続的な生育状況が確認できた。材の強度はスギより高く、ヒノキよりも低いと考えられた。				
No.	区分	遺伝	年	2000	著者名	井出雄二ら
29	出典	日本森林学会講演集				
	文献名	我国に導入されたコウヨウザンの遺伝的多様性				
	概要	導入集団であっても比較的高い遺伝的多様性を維持しており、それが繁殖等を通じて将来とも維持できることが明らかになった。				
No.	区分	遺伝	年	2017	著者名	磯田圭哉ら
30	出典	関東森林学会　68-2				
	文献名	東京大学千葉演習林内のコウヨウザン林分における自殖家系の検出				
	概要	千葉演習林に植栽されているコウヨウザンの中に、単一の孤立木（清澄孤立木）由来の自殖家系が含まれることが示唆された。遺伝子型の分離比の解析からは、種子の成熟段階や苗木の育苗段階において劣性致死遺伝子による淘汰が起きていることが示唆された。				
No.	区分	現状	年	2009	著者名	菊地賢
31	出典	森林技術　No.809				
	文献名	台湾の森林と林業に触れる旅(上)				
	概要	北回帰線の直下に位置する台湾では、亜熱帯気候に属す。標高 1,000m 付近からは竹林が目立ち、コウヨウザンやスギ、台湾肖楠の造林地が見られるようになる。造林樹種は日本のスギが最も多く、他にヒノキ・ベニヒ・コウヨウザンなどが見られる。				

No.	区分	現状	年	2017	著者名	藤澤義武
32	出典	森林遺伝育種学会誌　第 6 巻　第 4 号				
	文献名	特集「これからの林業とコウヨウザン」について				
	概要	コウヨウザンは、照葉樹林帯までが分布範囲で、年平均気温 12℃以上暖かさ指数 90 以上、寒さ指数　15　以下の地域までが限界と考えられていたが、調査の結果、鹿児島県から宮城県に至るまで造林地があり、冷涼な地域でも適応できる可能性があると考えられ、耐寒性の評価も進んでいる。価格は、中国福建省の例で、4m 材（末口 24 ㎝）で 1,100 元/m3 となっている。構造材としての利用を前提にする場合には成熟材部がある程度蓄積される樹齢で収穫する必要がある。この特集は、スギ・ヒノキをコウヨウザンに置き換えようとするものではなく、喫緊の課題として急増したバイオマスのエネルギー利用による再造林への対応や耕作放棄地等への植林を促進する一つの選択肢として考えようとするものである。				
No.	区分	現状	年	2017	著者名	大貫肇
33	出典	森林遺伝育種学会誌　第 6 巻　第 4 号				
	文献名	これからの林業を考える				
	概要	コウヨウザンは日本で造林が可能であり、カラマツに近い強度で、スギやヒノキよりも成長が旺盛で 30 年生程度の伐期が期待できる。				
No.	区分	現状	年	2017	著者名	近藤禎二
34	出典	森林遺伝育種学会誌　第 6 巻　第 4 号				
	文献名	コウヨウザン研究の現状				
	概要	コウヨウザンの生育適地は、九州から関東までの照葉樹林帯であり、あまり手入れされていない林分が多いにも関わらず、すべて成林していた。さらに、通直、完満、枝が少ない傾向にあった。萌芽更新が容易でさし木による増殖が容易。幹折れの頻度は高くないが二又がスギ、ヒノキに比べると目立つ。				

表 3-8 平成 29 年度 文献一覧（チャンチンモドキ）

No.	区分	造林_生育	年	2006	著者名	松村順司ら
35	出典	九州森林学会 No.59				
	文献名	チャンチンモドキ（Choerospondias axillaris）の肥大成長と比重				
	概要	チャンチンモドキの肥大成長は良好で、成長が良い個体の気乾比重は高いことから、育種を進めていく上で成長が良い個体の選抜が有効である。樹幹の通直性は非常に高く、樹幹上部の比重低下が少ないことから、地上高 10m までの材は利用可能である。樹幹外側の比重が高い部分では素材として付加価値の高い利用が有効であり、樹幹中心の比重が低い部分では木質ボードの原材料または紙パルプの原料としての利用が有効である。				

表 3-9 平成 29 年度 文献一覧（ヤナギ類）

No.	区分	造林_生育	年	2002	著者名	岡村行治ら
36	出典	日本森林学会北海道支部論文集 第 50 号				
	文献名	オオバヤナギとヤナギ属 9 種の実生植栽苗の活着と成長				
	概要	オオバヤナギは直根が長く細根の形成が少ないため活着率がわずかに低かった。ヤナギ属9種は播種後1年で、オオバヤナギは播種後2年で現地への定植が十分可能といえる。				
No.	区分	造林_生育	年	2012	著者名	伊藤江利子ら
37	出典	北方森林研究 第 60 号				
	文献名	GIS 環境情報を用いた北海道内におけるヤナギ栽培可能性の評価				
	概要	GIS 情報を用いてヤナギの栽培可能面積を試算した。耕作放棄地・雑草群落や伐跡群落は土地活用の点でヤナギ植栽に非常に好適という結果となった。土壌分類群ごとのヤナギ優占率及び分布率については、砂礫地及び低地土壌で高い値を示した。				
No.	区分	造林_生育	年	2014	著者名	伊藤江利子ら
38	出典	北方森林研究 第 62 号				
	文献名	GIS 環境情報を用いた下川町内におけるヤナギ栽培適地の抽				
	概要	下川町では、将来的なバイオマス燃料需要量は 7-8 万トン/年であるが、現状では約 6 万トン/年が不足すると試算された。そこで、不足分の一部をヤナギで補うことを想定して、農機導入のための傾斜条件（15° 以下と設定）、土地利用形態に基づくヤナギ栽培転換可能性、土壌分類群に基づくヤナギ生育可能性、を調査した。耕作放棄地・雑草群落（植生自然度 4）は緩傾斜でのうち有効利用の観点から適地であり、水分条件と土壌栄養条件が適切であれば良好な成長が期待できると推測された。土壌分類では Class2 が分布確率と優占率の双方で高い値を示しヤナギ適地と判断された。なお、下川町には Class1 は存在しない。				
No.	区分	生理	年	2014	著者名	石原誠ら
39	出典	北方森林研究 第 62 号				
	文献名	下川町ヤナギ植栽地における獣害の発生実態－ヤナギ生育期の自動撮影装置によるエゾシカの撮影頻度と食害の傾向について－				
	概要	ヤナギ類の新植や定期的に行う萌芽更新においては、低高さに軟らかい芽が大量発生することから、獣害の発生が懸念され、下川町の試験地を視察したところ、エゾジカによる食害痕が見いだされた。そこで、2008 年に植栽され、一部を除き 2009 年秋と 2010 年秋に収穫され萌芽更新した既存植栽地に部分的に電柵を設置（2011 年）した。その結果、無除草区でシカの電柵を解放した区画では食害が 12%発生し、除草区でシカの電柵を解放した区画では食害が 39%発生し、死亡した。除草しないことで被害が低減できる可能性が示唆された。				
No.	区分	生理	年	2014	著者名	矢野慶介ら
40	出典	北方森林研究 第 62 号				

	文献名	オノエヤナギとエゾノキヌヤナギの開花フェノロジーの種間差				
	概要	オノエヤナギとエゾノキヌヤナギの平均開花日は2週間以上異なっており、自然の状態で異種間の交配できる組み合わせは限られる。また、種内での開花日は雌雄で有意な差は見られなかったが、クローン間で最大で 2 週間程度異なっていたことから、同種内でも交配できない組み合わせが存在する可能性がある。一方、種間の交雑による雑種の種子はオノエヤナギ同士と変わらない高い発芽率で、開花時期が合えば容易に雑種ができることがわかった。				
No.	区分	バイオマス	年	1995	著者名	永田義明ら
41	出典	日本森林学会北海道支部論文集　第 43 号				
	文献名	ヤナギ類木質バイオマスの短期生産				
	概要	①ミニローテーション（超短伐期林：1～4 年生収穫）で 20,000 本/ha、40,000 本/ha、60,000 本/ha、80,000 本/ha の植栽密度、②ショートローテーション（短伐期林：5～10 年生収穫）で 2,500 本/ha、5,000 本/ha、10,000 本/ha、20,000 本/ha の植栽密度を設定して検討した。その結果、①では、4 年生のエゾノキヌヤナギの生産量が高く、地上木質絶乾量は約 70t/ha（MAI：17.5t/ha・year）であった。②では、3 年生において密植区ほど生産量が高く最多生産量の 20,000 本/ha の立木幹材積は 56m^3/ha（MAI：18.5m^3/ha・year）であった。エゾノキヌヤナギの成長、密度効果にクローン差が大きく、クローン選抜の有効性が示唆された。				
No.	区分	バイオマス	年	2001	著者名	永田義明ら
42	出典	北方林業　Vol.53　No.8				
	文献名	ヤナギ類木質バイオマスの短期生産				
	概要	小径木生産を目的とした 10 年伐期の試験区では、密植の 20,000 本/ha の生産量が高く、年平均生産量は 20m^{3}を上回った。樹齢間の成長相関は 9 年生と 3 年生では R=0.789 で、この時点での選抜が有効である。容積密度数の樹齢間相関も 10 年生と 2 年生で R=0.864 と、早期選抜の可能性は高い。木質バイオマス生産を目的とした 2～3 年生伐期の試験区では、萌芽 1 年目でほぼ最多密度に達することが推測される。また、萌芽 1 年生・2 年生ともに年平均生産量は 20m^3 が見込まれる。両試験区で最大生産量を示すクローンは、同一クローンであり、年平均生産量は 30m^{3}を上回る。				
No.	区分	バイオマス	年	2002	著者名	永田義明ら
43	出典	日本森林学会北海道支部論文集　第 50 号				
	文献名	エゾノキヌヤナギ木質バイオマスの短期生産				
	概要	クローン間の成長及び容積密度数に統計的な有意差が認められ、選抜の有効性が確かめられた。				
No.	区分	バイオマス	年	2009	著者名	丸山温
44	出典	北方林業 Vol.61　No.9				
	文献名	ヤナギバイオマス林育成の試み				
	概要	下川町における超短伐期栽培システムの開発や、低コストバイオエタノール製造技術及び				

		安価な樹皮タンニン抽出技術の開発に取り組んでいることを紹介している。				
No.	区分	バイオマス	年	2011	著者名	宇都木玄ら
45	出典	北海道森林管理局　北の国・森林づくり技術交流発表集				
	文献名	エネルギー資源作物としての樹木の利用―ヤナギの利用―				
	概要	ヤナギの成長試験や栽培、コストに関する現状等について記載。コストを下げるためには造林、施肥、収穫・運搬について考える必要があり、ヤナギ栽培に対する障害としてはヤナギ類葉さび病、ハムシ類、ガ類による食葉被害、アブラムシ類による吸汁被害、ウサギやシカ等による動物食害が考えられる。				
No.	区分	バイオマス	年	2011	著者名	上村章ら
46	出典	日本森林学会北海道支部論文集　第 59 号				
	文献名	ヤナギの種特性とバイオマス生産を睨んだその栽培				
	概要	マイクロカット苗は通常穂（長さ 21 ㎝）と比べて死亡率が高く、高施肥区で 5%以上、低施肥区で 20%以上、マイクロカット苗が高い結果となった。また、マイクロカット苗、通常穂とも高施肥区と比べて低施肥区で死亡率が高かった。マイクロカット苗の死亡原因として、ポットから取り出す時の根崩れが最も大きかった。通常穂より短い穂を使った場合、樹高成長も低下した。死亡率は 2/3 穂（長さ 14 ㎝）で 10%で 1/3 穂（長さ 7 ㎝）で 48%であった。ヤナギバイオマスを低コストで生産するには施肥と除草コストの削減が重要である。				
No.	区分	バイオマス	年	2012	著者名	宇都木玄ら
47	出典	北方林業 Vol.64　No.10				
	文献名	北海道における木質バイオマス資源作物の生産促進技術の開発				
	概要	挿し穂で簡単に造林可能、萌芽成長により伐採後も繰り返し生産可能、成長量が大きいことがヤナギの優れている点である。北海道でのヤナギ栽培可能地域を、植生分布と群落内のヤナギ優占率から試算したところ、立地として大変有望かつ耕作放棄地及び雑草である場所では、41km^2 程度となった。				
No.	区分	バイオマス	年	2012	著者名	上村章ら
48	出典	北方森林研究　第 60 号				
	文献名	バイオマス造林樹種ヤナギの低コスト高収穫のための施策				
	概要	前年の秋に地がきをした試験区では雑草の量は 1ton/ha 以下で、地がき後 2 シーズン目の試験区では、雑草の量は 4～6ton/ha だった。草丈は 75～122cm で、除草を行わなければヤナギの成長は望めない状況であった。1サイクル 21 年間の現状の生産コスト割合を算出したところ、全生産コストに占める施肥と除草の割合が約 5 割だった。				
No.	区分	バイオマス	年	2013	著者名	折橋健
49	出典	林産試だより				
	文献名	資源作物「ヤナギ」の栽培収穫技術に関する道内の動向				
	概要	作業の機械化、優良クローン品種の育種、栽培コスト資産等について記載。ヤナギの栽培				

		収穫技術の研究に携わってきた機関として、王子製紙（株）林木育種研究所（のちに森林博物館へ名称変更）、森林総合研究所北海道支所、森林総合研究所林木育種センター北海道育種場、北見工業大学を紹介している。				
No.	区分	バイオマス	年	2014	著者名	上村章ら
50	出典	森林総合研究所　第3期中期計画成果 18				
	文献名	北海道における エネルギー作物「ヤナギ」 の生産の可能性				
	概要	土壌耕耘・マルチ・穂植栽・施肥の植栽前作業を前提として、3 年伐期・株施肥、これを 7 回繰り返しの 21 年で施業終了、新規植栽の繰り返しの短伐期栽培となる。クローン選抜の重要性や利用、栽培適地、生物害、海外の事例等を記載。マルチの設置により除草作業が不要になり雑草による施肥成分の収奪もなくなることから大幅なコスト削減が可能になった一方、エゾシカ防除に対する膨大なコストを問題点として挙げている。				
No.	区分	バイオマス	年	2014	著者名	上村章ら
51	出典	北方森林研究　第 62 号				
	文献名	ヤナギ挿しつけ 1 年目の台切りの有無が萌芽 2 年目のバイオマス量に与える影響				
	概要	ヤナギの栽培で通常挿しつけ当年に出た枝に対して行われる台切りは、萌芽枝数を増加させ、株個体当たりのバイオマス収量を増加させる目的で行われているが、台切りは地上 20～30 ㎝ほどの高さで枝を切るため、雑草が盛んに繁茂する立地では、再度雑草による被圧によって成長が抑制されることになる。そこで、雑草との競争対策として台切りしないことも一つの方策と考えたが、台切りをした株の萌芽の発達が悪く、台切りのメリットを出せなかった結果となった。適切な雑草の処理方法と植栽間隔を見出し、台切りをし、萌芽数を増やし、それぞれの萌芽枝を健全に成長させることが目標終了達成に重要であることが示唆された。				
No.	区分	バイオマス	年	2015	著者名	宇都木玄ら
52	出典	北方森林研究　第 63 号				
	文献名	木質資源作物としてのヤナギの利用可能性				
	概要	エゾノキヌヤナギ・オノエヤナギは、1 年間で地際直径が 2.4 ㎝以上になる場合、バイオマス収穫量は約 10t/ha/year。しかし植栽環境に適さない個体では直径が小さくバイオマス収穫量は 8t/ha/year 以下であった。北海道において、エゾノキヌヤナギ・オノエヤナギを用い、適切な個体を選ぶことで 10ton/年の生産が可能で、雑草対策として土壌改良が有効であることが分かった。土壌改良に関わるインフラ整備、及び動物害に対し何らかの補助が可能であれば、ヤナギ栽培はエネルギー資源作物として採算が合う可能性がある。非土壌改良区画では、雑草の繁茂が著しく、各ヤナギ種は被陰及び手刈り除草時の誤伐による 39%の枯死し、エゾジカ食害による 12%の枯死が認められた。				
No.	区分	バイオマス	年	2016	著者名	森本栄治
53	出典	農村計画学会誌　第 35 巻 1 号				
	文献名	小規模遊休農地の活用に向けたエネルギー作物としてのヤナギ生産の基礎的研究				

		−経済的視点からの考察−
	概要	ヤナギ生産費について報告されている。ヤナギは萌芽再生能力が高く、1～2 年周期で約 20 年間にわたって収穫が可能であり、2 年間の平均生産量（2 回収穫）は 26.8dry−t/ha となっている。ヤナギをバイオマス燃料チップとして販売価格 12,000 円/t と仮定した場合、販売収益は 12,000 円/10a となる。現段階の生産方法では自作と作業委託の場合で 27,000～55,000 円/10a の欠損が生じ経済的な優位性は確認できなかった。

表 3-10 平成 29 年度 文献一覧（複数樹種）

コウヨウザン・チャンチンモドキ	No.	区分	造林_施業	年	2013	著者名	大島日出一ら
	54	出典	大分県農林水産研究指導センター 林業研究部年報 No.55				
		文献名	早生有用広葉樹等を活用した短伐期林業に関する研究				
		概要	チャンチンモドキの発芽率は苗畑で 68.8%、ガラス室で 87.5%と一般的な造林樹種と比べて高い値を示したことから、種子による育苗が適していると考えられた。一方、コウヨウザンの発根率は 47.4%と、スギの挿し木よりも低い値を示した。成長特性については、チャンチンモドキは 30 年生まで、コウヨウザンは 20 年生まで連年成長量が大きく、両樹種とも初期成長の良い樹種と考えられる。				
	No.	区分	造林_施業	年	2014	著者名	井上千種ら
	55	出典	大分県農林水産研究指導センター 林業研究部年報 No.56				
		文献名	早生有用広葉樹等を活用した短伐期林業に関する研究				
		概要	コウヨウザン、チャンチンモドキの材質調査、育苗調査、初期成長量、病害虫獣調査について記載。コウヨウザンについてはスギと比べ樹高成長量の有意差は無く、同様の成長傾向が認められたことから、コウヨウザンの適地はスギの適地と同様であると推測。チャンチンモドキでは、スギに比べ樹高成長は早いが先枯れ個体が多く発生した。このことから育苗方法や環境条件を明らかにすることで、優れた初期成長が期待できる。また、2 種共にノウサギによる食害が確認された。				
	No.	区分	造林_施業	年	2015	著者名	ー
	56	出典	大分県農林水産研究指導センター 林業研究部				
		文献名	早生樹を用いた短伐期林業の手引き （コウヨウザン、チャンチンモドキ編）				
		概要	コウヨウザン、チャンチンモドキの分布や特性、材質、成長特性、病虫獣害、育苗方法等について記載。今後の課題について、コウヨウザンは下刈り回数や林分成長、チャンチンモドキは林分成長について明らかにする必要があるとされている。				
	No.	区分	造林_施業	年	2017	著者名	松本純
	57	出典	公立林業試験研究機関 研究成果選集 No.14				
		文献名	早生樹を活用した短伐期林業に関する研究				
		概要	コウヨウザン、チャンチンモドキ共にスギよりも成長が早いことが確認され、萌芽更新後も 2 世代目以降は初代と比べ成長が旺盛である。このことより下刈り回数の削減が可能であり、伐期の短縮が見込める。木粉を用いた燃料性能では、樹皮及び木質の高位発熱量はスギ・ヒノキと同程度だったことからバイオマス燃料としても有用である。 チャンチンモドキは、伐採時の玉切り作業時、製材時、天然乾燥時に材の割れや反りが観察されたことから、建築材として利用する場合に著しい欠点となる可能性があるため、優良個体の選抜などを検討する必要がある。				

<table>
<tr><td rowspan="4">センダン・チャンチンモドキ</td><td>No.</td><td>区分</td><td>利用</td><td>年</td><td>2015</td><td>著者名</td><td>全国天然木化粧合単板工業協同組合連合会</td></tr>
<tr><td rowspan="3">58</td><td>出典</td><td colspan="5">林野庁補助事業報告書</td></tr>
<tr><td>文献名</td><td colspan="5">未利用広葉樹の新規需要開拓に関する調査委託事業</td></tr>
<tr><td>概要</td><td colspan="5">センダンの材はケヤキ、キリ材の代替材として市場で売買され、建築材、内部造作などの装飾材や家具材に使用されている。チャンチンモドキのツキ板を試作したが、材に激しい割れが確認された。大分県の試験においても、伐採後に木口割れが生じることが報告されている。なお、乾燥中に落ち込みが確認される個体があるものの、伐採後の割れには言及していないため、材質の優良なものを選抜する必要がある。センダンクローンを使用した芽かき試験では、芽かきにより初期成長は抑制されるが芽かき無し個体と同じ成長速度で材が形成されており、樹幹内での比重の差が小さい結果となった。また、各地方自治体へ早生広葉樹造林の可能性についてアンケートを実施し、この中では、耕作放棄地の農地転換にも触れられており、安易な林地転用を認めることの危険性が挙げられている。他方、早生広葉樹を活用して耕作放棄地を有効活用する可能性を探りたいという意見も挙げられている。</td></tr>
<tr><td rowspan="4">センダン・コウヨウザン</td><td>No.</td><td>区分</td><td>造林_施業</td><td>年</td><td>2017</td><td>著者名</td><td>－</td></tr>
<tr><td rowspan="3">59</td><td>出典</td><td colspan="5">近畿中国森林管理局</td></tr>
<tr><td>文献名</td><td colspan="5">早生樹造林のための技術開発について</td></tr>
<tr><td>概要</td><td colspan="5">センダン植栽試験により分かったことは、シカの嗜好性があり、晩霜に弱いこと、被害木の適切な対応（折損・先端枯死木は切り戻し作業により萌芽させ、樹皮はぎ・カミキリムシ食害はボンド塗布にて食害防止）により、全１２２本の被害木のうち、完全枯死した個体は２７本のみだったこと、施肥の有無が初期成長（特に根元径）の成長に影響すること（根元径：1 年目で平均 5.7 ㎝差、2 年目で平均 3.7 ㎝差）、林地の状況によっては施肥の省略も可能と思慮されること。コウヨウザンは、成長はスギ・ヒノキより早く、材質はスギよりやや強く、耐久性・耐腐朽性に優れ、主伐後は萌芽更新が期待できる。</td></tr>
</table>

3.1.2. 既往文献から得られたまとめと考察

既往の事例では、2000 年以前より研究がなされているが、今回収集した文献の多くが 2000 年以降（2000 年より前のものは 6 件）であることから、比較的最近になってから注目されており、早生樹について未だ明らかになっていない部分が存在し実証研究段階のものと考えられる。しかし、2000 年以降の調査研究を収集した結果、センダンでは造林関連、コウヨウザンでは造林及び材質関連、ヤナギ類ではバイオマス関連の文献が多く見られた。チャンチンモドキについては、複数樹種を対象とした文献でも、合計で 6 件のみであり材利用を目的とした文献であった。

樹種毎に得られた知見は以下のとおりである。なお、これらの知見については、それぞれの試験結果で得られたものであるが、すべてを一般化できるかは検討を要することに留意する必要がある。

- センダン（平成 30 年度　文献調査）（表 3-4）
  - ✓ 京都府立大学附属大野演習林（京都府南丹市美山町）でも、11 年目には直径 30cm、20 年目には直径 50cm に成長しており、**降雪があり比較的冷涼な地域（平均気温 12.9℃：気象庁「美山」）でも優れた成長量が見込める**（文献 1）
  - ✓ 植栽後 1～2 年の植栽木について、直径・樹高成長とも施肥区では無施肥区の約 2 倍（文献 2）
  - ✓ 無施肥のものはほとんど成長しなかったことから、センダンは**肥料要求度の高い樹種**と推察（文献 4）
  - ✓ 岡山～福井までの 6 府県 11 箇所の国有林で行った植栽試験では、全体の平均でシカなどによる食害、樹皮剥ぎ、折損、霜害、枯損がそれぞれ 10～20%みられた。今後**シカ柵（単木）設置や芽かきの適切な実施**により、健全木の割合を高めることが必要（文献 5）
  - ✓ 標高 480m の試験地（鳥取県）では、積雪による幹折れが発生（被害率 92.1%）。幹の折損部からは萌芽が発生したが成長は不良であり、**積雪地での植栽は不適**と推察（文献 6）
  - ✓ ゴマダラカミキリによる幹の食害が発生していたが、病害は認められなかった（文献 6）
  - ✓ センダンの良好な初期成長には、**標高が低い**こと、**傾斜が緩い**こと、**光環境が良い**ことが必要。**気温が高く**、**表層土壌が厚い場所**、**北斜面よりも南斜面**が適していると推察（文献 7）

- センダン（平成 29 年度　文献調査）（表 3-6）
  - ✓ 植栽密度の違いが初期の成長・樹幹形にどのような影響を与えるかを 3000・5000・7000 本/ha で調査した結果、植栽後 5 年間では樹高成長に差はないが、胸

高直径は植栽密度が小さいほど高く、植栽密度を高くして通直性を高め、枝下高4m を確保した後に、間伐で本数管理を行うことが重要（文献.1，5）

- ✓ 熊本県内のセンダン 36 林分（6～20 年生）を調査。土壌水分や養分が豊富な谷筋や平地で成林。斜面上部や尾根上で成長不良（文献 6）
- ✓ 芽かきで最大矢高が 3cm 以下で、通直となり一等の割合が増え、枝打ち後のような変色が発生しない。また、芽かきにより低密度での植栽でも通直性を高めることが可能となり、幹の直径成長を持続できるとともに、保育間伐の回数を軽減することができる。その際の植栽密度として 400 本/ha を提案（文献 6）
- ✓ 年間 2 回（4 月下旬～5 月と 10 月）の芽かきを行うことにより、幹曲がりを小さく出来ることを示唆（文献 11）。
- ✓ センダンこぶ病は、造林地にあらかじめ風雨をさえぎる防風林等を設けておき、、センダンに直接風が当たらないように風当たりの程度をコントロールすることで被害を軽減できる可能性を示唆（文献 15）

- ➢ コウヨウザン（平成 30 年度　文献調査）（表 3-5）
  - ✓ 広島県の約 50 年生のコウヨウザンでは、樹幹解析で 20～30 年以降も旺盛な成長を示し、50 年程度までは利用目的に応じた伐期が選択できると推察（文献 2）
  - ✓ コウヨウザンは地形的にはスギに適した斜面下部の林分での成長が最も良く、ヒノキに適した斜面中部の林分でも良い成長を示している一方、斜面上部や尾根筋及び照葉樹林帯から外れる寒冷な林分での成長は良くない（文献 5）
  - ✓ 島根県内のコウヨウザン 1 年生苗の事例では、ニホンノウサギは餌が豊富な時期であっても、コウヨウザンを選好的に摂食するため、植栽する場合はノウサギ対策が必須であると提言（文献 6）
  - ✓ 国内 12 林分の毎木調査データから、コウヨウザンの 30 年次の林分材積は、地位「上、中、下」でそれぞれ約 700,500,350 m^3/ha と推定（文献 7）
  - ✓ 国内 13 林分について、10 林分では幹折れの発生が 1 割程度。幹の先端、中部、下部の 3 つの部位別にみると、採材への影響が最も少ない先折れの比率が高い林分が多く、特に林齢を重ねた林分でその傾向を確認（文献 8）
  - ✓ コウヨウザンについて、萌芽は最初の 2 年ほどは勢いよく成長するものの、年数が経つと成長が著しく低下するため、中国では萌芽更新は行われていない（文献 9）
  - ✓ コウヨウザンは成長が早いため、未成熟材の比率が高く、切った後に曲がりやすい、乾燥時に裂けやすいなど木材加工使用時に欠点が存在（文献 11）
  - ✓ スギとの対比による材質特性の評価を行った結果、コウヨウザンの成長の優位性は林齢の経過とともに低下する傾向にあるが、応力波伝搬速度はいずれの林齢においても常に大きく上回っていた（文献 12）
  - ✓ 広島県庄原市（HS）52 年生、京都府京都市（KK）47 年生、千葉県鴨川市（CK）

34 年生、茨城県日立市（IH）22 年生で、それぞれ約４ｍの丸太を２～４本ずつ採材し、動的ヤング係数等を測定。丸太の平均材積は HS>KK>CK>IH、みかけの密度は IH>CK>KK>HS、ヤング係数の平均値は KK>HK>CK>IH であった（文献 14）

- ✓ 四国における第二世代の間伐木の強度は日本の他の地域のコウヨウザンと同程度、燃焼性はヒノキとほぼ同等で、材質・加工性・歩留まりはスギとほぼ同程度（文献 15）
- ✓ 国内 15 ヶ所のコウヨウザン林について遺伝的解析を行った結果、国内に導入造林されたコウヨウザンは、台湾由来、中国中央部由来、中国東部由来の 3 タイプに分けられることを示唆（文献 18）

- ➢ コウヨウザン（平成 29 年度　文献調査）（表 3-7）
  - ✓ 高知県土佐清水市の事例では、植栽時には 800 本（2,700 本/ha）であったが、伐採時（57 年生）には<u>主伐された材積は 41m³</u>（76 本）であり、<u>心腐れが多数発生</u>したとの事例あり（原因は不明）。なお、主伐 4 か月後は伐根から最大 5m の萌芽枝を確認（文献 17）
  - ✓ 広島県庄原市における 52 年生コウヨウザン林分では、個体密度 1,164 本/ha、平均樹高 20.2m、平均胸高直径 26.5cm、林分材積 1,006m³/ha で、<u>当該地域のスギ一等地の倍以上の成長</u>。他方、静岡県南伊豆町における 68 年生コウヨウザン林分では、個体密度 751 本/ha、平均樹高 21.3m、平均胸高直径 30.7cm、林分材積 597m³/ha で、<u>当該地域のスギ一等地の半分以下の成長</u>。（文献 18）
  - ✓ 国内 226 の生育地の解析から、<u>適地は照葉樹林帯、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</u>で植栽可能と推測（文献 21）
  - ✓ <u>樹幹丸太には材質の低い未成熟材部分が存在</u>。未成熟材の範囲は年輪数で約 17～20 年。短伐期林業で生産される樹幹丸太を構造用材として利用する場合、未成熟材が材積的に見ると大きな割合を占める可能性がある。初期成長を促進することにより未成熟材が量的に増加する特徴を考慮するとともに後期成長を促進することにより材質の低下を防止できる可能性についても指摘（文献 25）
  - ✓ <u>50～60年生のコウヨウザン伐採木の年輪解析では良好かつ継続的な生育状況を確認。材の強度はスギより高く、ヒノキよりも低いと推測（文献 28）</u>

- ➢ チャンチンモドキ（平成 29 年度　文献調査）（表 3-8）
  - ✓ 樹幹の通直性は非常に高く、樹幹上部の比重低下がないことから、地上高 10m までの<u>材の利用</u>は可能（文献 35）
  - ✓ 樹幹外側の<u>比重が高い部分では素材として付加価値の高い利用が有効</u>であり、樹

幹中心の比重が低い部分では木質ボードの原材料または紙パルプの原料としての利用が有効（文献 35）

- ✓ 54 年生のチャンチンモドキ 3 個体を樹冠解析した結果、30 年生まで連年成長量が大きい（文献 54）
- ✓ チャンチンモドキでは、スギに比べ樹高成長は早いが先枯れ個体が多く発生した。なお、樹高成長の傾向が異なることが原因として先枯れの発生時期は異なる（文献 55）
- ✓ 伐採時の玉切り作業時、製材時、天然乾燥時に材の割れや反りが観察されたことから、建築材として利用する場合に著しい欠点となる可能性があるため、優良個体の選抜などを検討する必要あり（文献 57）

➢ ヤナギ類（平成 29 年度　文献調査）（表 3-9）

- ✓ 北海道において、河川の周辺の低地土壌や砂礫地が適地、好適な水分環境・緩斜地の褐色森林土壌も適地（文献 37，38）
- ✓ 2,500 本/ha 、5,000 本/ha、 10,000 本/ha 、20,000 本/ha の植栽密度では、植栽 3 年後においては密植区ほど生産量が高く、20,000 本/ha で立木幹材積が 56m³/ha（文献 41）
- ✓ ヤナギ類の植栽密度 20,000 本/ha の生産量（10 年伐期）が高く、年平均生産量は 20m³ を上回る（文献 42）
- ✓ ヤナギ栽培に対する障害としては、ヤナギ類葉さび病、ハムシ類、ガ類による食葉被害、アブラムシ類による吸汁被害、ウサギやシカ等による動物食害が想定（文献 45）
- ✓ 土壌耕耘・マルチ・穂植栽・施肥の植栽前作業を前提として、「3 年伐期・刈取り後に株施肥」を 7 回繰り返す（21 年間）ことで、新規植栽の繰り返しの短伐期栽培が可能。（文献 50）
- ✓ 地上高 15 ㎝のヤナギ地際直径とバイオマス収穫量の関係は、エゾキヌヤナギ・オノエヤナギとも、一年間に地際直径が 2.4cm 以上になった場合、バイオマス収穫量が 10t/ha/y。植栽不適地で 8t/ha/y 以下。栽培による年間目標収穫量を 10t/ha/y に定める（文献 52）
- ✓ 非土壌改良区で雑草の繁茂が著しく、各ヤナギ種は被陰及び手刈り除草時の誤伐で 39%枯死、エゾシカ食害で 12%枯死（文献 52）
- ✓ ヤナギは萌芽再生能力が高く、1～2 年周期で約 20 年間にわたって収穫が可能であり、2 年間の平均生産量（2 回収穫）は 26.8dry-t/ha。このことを前提にヤナギをバイオマス燃料チップとして販売価格 12,000 円/t と仮定した場合、販売収益は 12,000 円/10a。現段階の生産方法では自作と作業委託の場合で 27,000～55,000 円/10a の欠損が生じ自作の経済的な優位性は確認できず（文献 53）

3.2. 既存植栽地における現地調査

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

現地調査は、早生樹植栽地に対して 1 調査地あたり 100 ㎡以上のプロット（方形）を設定し、植栽木の樹高、胸高直径（または根元径）、形状等を調査するとともに、侵入木についても調査を実施した。

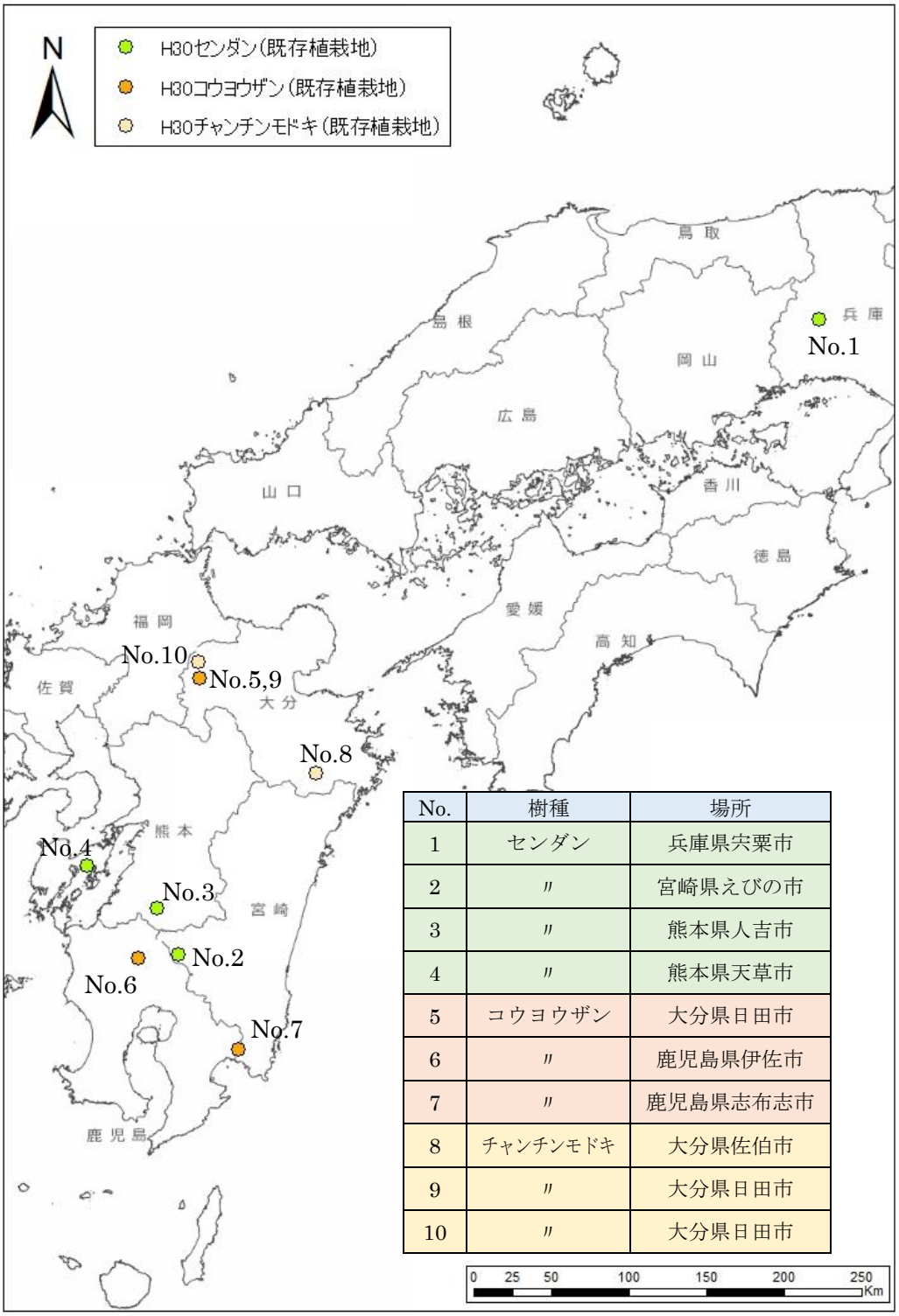
3.2.1. 現地調査地一覧

表 3-11 に既存早生樹植栽地一覧を、図 3-1 に位置図を示した。

表 3-11　早生樹既存植栽地一覧

No.	樹種	場所	所有形態	面積（ha）	林齢（年生）	植栽密度（本／ha）	標高（m）
1	センダン	兵庫県宍粟市	民有林（個人）	0.3	3	400	198
2	〃	宮崎県えびの市	国有林	1.24	30	3,000	676
3	〃	熊本県人吉市	民有林（県）	0.8	24	3,000	斜面下 260
							斜面上 280
4	〃	熊本県天草市	民有林（個人）	－	2	400	330
5	コウヨウザン	大分県日田市	民有林（県試験林）	0.03	4	2,000	167
6	〃	鹿児島県伊佐市	国有林	7.71	1	2,270	435
					1*		440
7	〃	鹿児島県志布志市	国有林	0.44	4	2,398	153
8	チャンチンモドキ	大分県佐伯市	民有林（個人）	0.05	6	2,000	221
9	〃	大分県日田市	民有林（県試験林）	0.03	8	2,000	167
10	〃	大分県日田市	民有林（個人）	－	26	－	345

*3 年生苗を平成 30 年に植栽した 1 年目の植栽地である



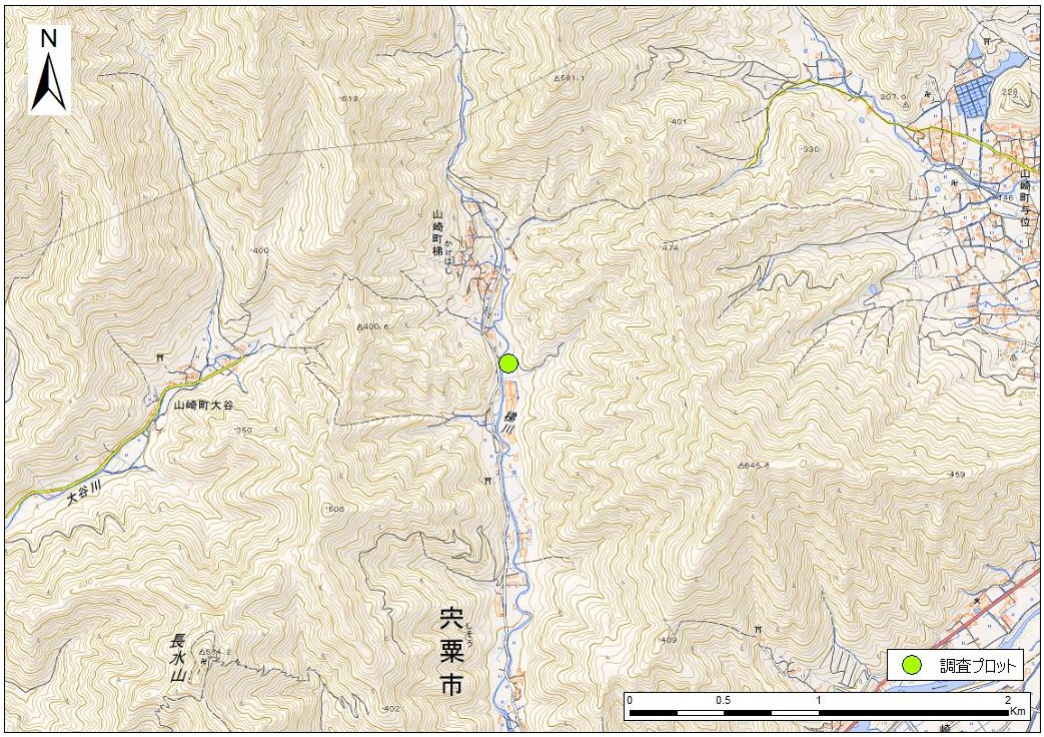
No.	樹種	場所
1	センダン	兵庫県宍粟市
2	〃	宮崎県えびの市
3	〃	熊本県人吉市
4	〃	熊本県天草市
5	コウヨウザン	大分県日田市
6	〃	鹿児島県伊佐市
7	〃	鹿児島県志布志市
8	チャンチンモドキ	大分県佐伯市
9	〃	大分県日田市
10	〃	大分県日田市

図 3-1　早生樹既存植栽地調査位置図

3.2.2.　現地調査結果

（1）兵庫県宍粟市（No.1）

①位置図



②現地概要

所在地	兵庫県宍粟市
緯度経度	35°　03.193′　、134°　32.339′
面　積	0.3 ha
樹　種	センダン
植栽年	平成 28 年 4 月植栽（3 年生）
立木密度	400 本/ha
植栽密度	400 本/ha
標　高	198m
傾斜角	12°
斜面方位	W
平均気温/ 降水量	13.5℃　/　1739.9mm　/　年　　（平年値、宍粟市一宮）
土　壌	―
施業履歴	・【芽かき】平成 29 年、30 年に春～夏芽かきを実施（不定期） ・【下刈り】年 2 回実施（平成 28 年 7 月、9 月、平成 29 年 7 月、9 月、平成 30 年 8 月、10 月）

	・シカネットが設置されていたが、一部、侵入が容易な状態であった。
施業功程等	―
現地概要	・兵庫県の南西に位置する宍粟市で、植栽地は兵庫県立農林水産技術総合センターの近く。宍粟市早生樹活用研究会により荒廃農地へ植林されたセンダン植栽地である。 ・水田跡地で、稲作をやめてから 30 年以上が経過しており、植林前はススキや雑木が生い茂っていた。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 10 月 30 日
調査プロット	プロット No.1（25.0m×25.0m）
植栽木	センダン
調査本数（本）	37
平均樹高（m）	5.3
平均胸高直径（cm）	5.9
平均直幹高*（m）	3.0
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。	
シカによる角トギ発生	24 本（65%）
曲り、斜立	2 本（5%）
調査概況	・毎木調査の結果、平均樹高 5.3m±1.2、平均胸高直径 5.9cm±2.0、平均直幹高 3.0m±1.2 だった（図 3-2、図 3-3）。 ・シカネットが設置されてはいたものの、侵入は容易と見られ、プロット内にはシカの糞が多く見られた。また、シカによる角トギは調査木の 65%の立木で発生していたが、枯死に至るような大きな被害は確認されなかった。 ・芽かき、下刈りが確実に行われており、成育が良好で、且つ直材が長く採れる直幹高の高い個体が多い林分であった(図 3-3)。

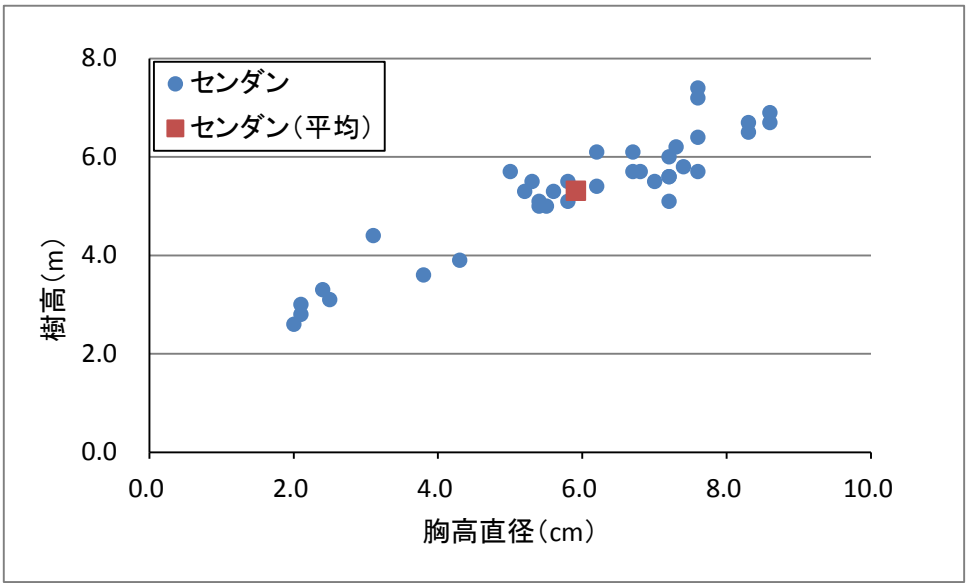


図 3-2 兵庫県宍粟市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

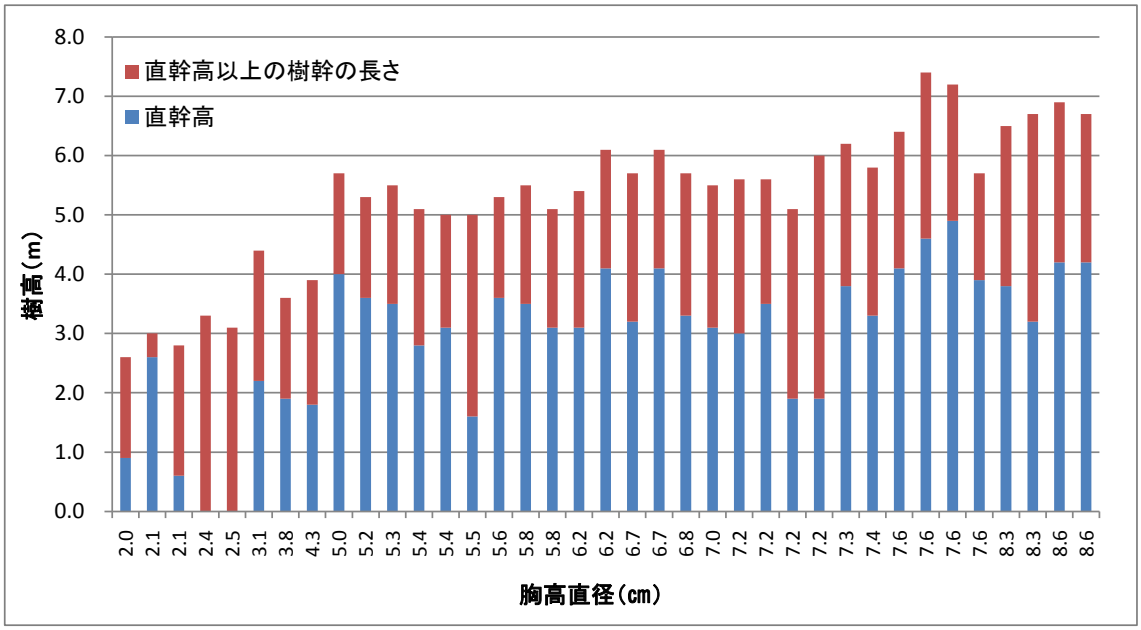


図 3-3 兵庫県宍粟市調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

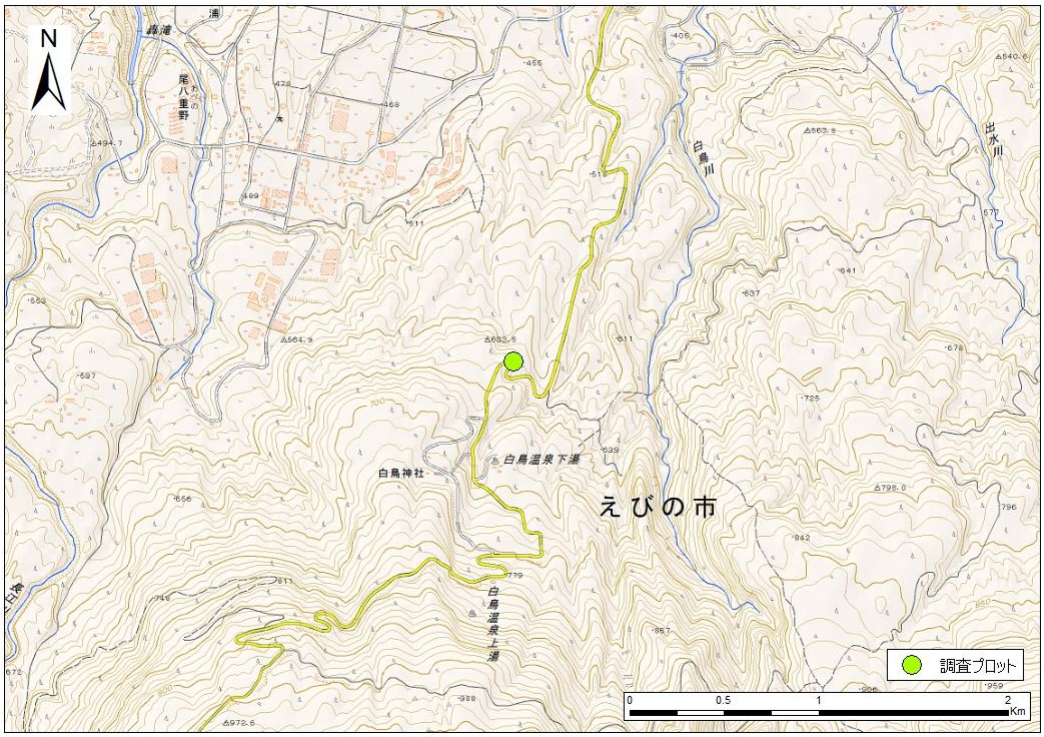
④現地写真_センダン

	
植栽地 近景	植栽地 遠景

	
シカによる角トギ跡	シカの糞（植栽地内）

（２）宮崎県えびの市（No.2）

①位置図



②現地概要

所在地	宮崎県えびの市
緯度経度	31°　59.010′，130°　49.884′
面　積	1.24 ha
樹　種	センダン
植栽年	平成元年３月植栽（30 年生）
立木密度	1,433 本/ha（侵入木を含む）　センダンは 15 本/1.24ha
植栽密度	3,000 本/ha
標　高	676m
傾斜角	3°
斜面方位	NE
平均気温/ 降水量	16.3℃　/　2569.1mm　/　年　　（平年値、小林市）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	・【芽かき】平成４年に春芽かき（５月）を１回実施 ・【下刈り】年１回実施（平成元年８月、平成２年６月、平成３年７月、平成４年７月）

	・【その他】枝剪定（平成 2 年 10 月）及び除伐（平成 11 年 6 月）を実施 ・シカ柵は設置されていない
施業功程等	―
現地概要	・広葉樹資源の量的面的減少と質的低下の中、短期間に資材供給ができないか、また、広葉樹育成はどうあるべきかが問われていることを踏まえ、環境、自然保護、生産、林産加工等を総合的に検証することを目的に国有林に植栽されたセンダンである。 ・1.24ha に 3,000 本/ha の密度で植栽したが、現在は、センダンはほとんど残っていない状態である。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 10 月 16 日		
調査プロット	プロット No.1（20.0m×15.0m）		植栽地全域（1.24ha）
植栽木/侵入木	センダン	侵入木	センダン（健全木のみ）
調査本数（本）	1	42	15
平均樹高（m）	14.1	9.5	12.2
平均胸高直径（cm）	21.8	14.4	20.4
平均直幹高*（m）	3.9	―	2.7
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。			
枯れ発生	10 本（91%）		―
調査概況	・植栽地 1.24ha を調査し、健全木として確認できたセンダンは 15 本であった。 ・センダン 15 本の平均樹高は 12.2 m±2.5、平均胸高直径は 20.4 cm±4.8、平均直幹高は 2.7 m±0.8 であった（図 3-4、3-5）。 ・プロット（20.0m×15.0m）を設定し毎木調査を行ったところ、センダンの生立木は 1 本のみ。なお、プロット内にはセンダン枯死個体 10 本を確認した。センダン以外の侵入木は 17 種 42 本を確認した。 ・侵入木の半分を占めたのはカナクギノキ（8 本）、タブノキ（5 本）、ウラジロガシ（4 本）、シロダモ（4 本）であった。 ・侵入木 42 本の平均樹高は 14.4 m±9.4、平均胸高直径は 9.5 cm±3.5 だった（図 3-4）。 ・平成 11 年の除伐以降、手入れをした記録がなく、常緑広葉樹を主とする萌芽再生個体が次第に樹高成長でセンダンを凌駕し、陽樹であるセンダンが次第に被圧され衰退・枯死した可能性がある。		

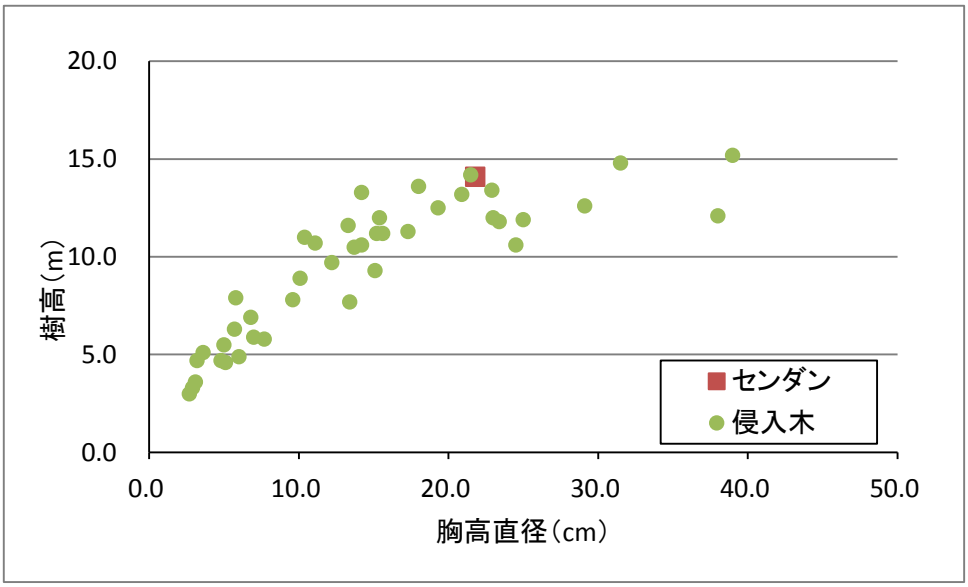


図 3-4 宮崎県えびの市調査結果（胸高直径と樹高の関係）（プロット内）

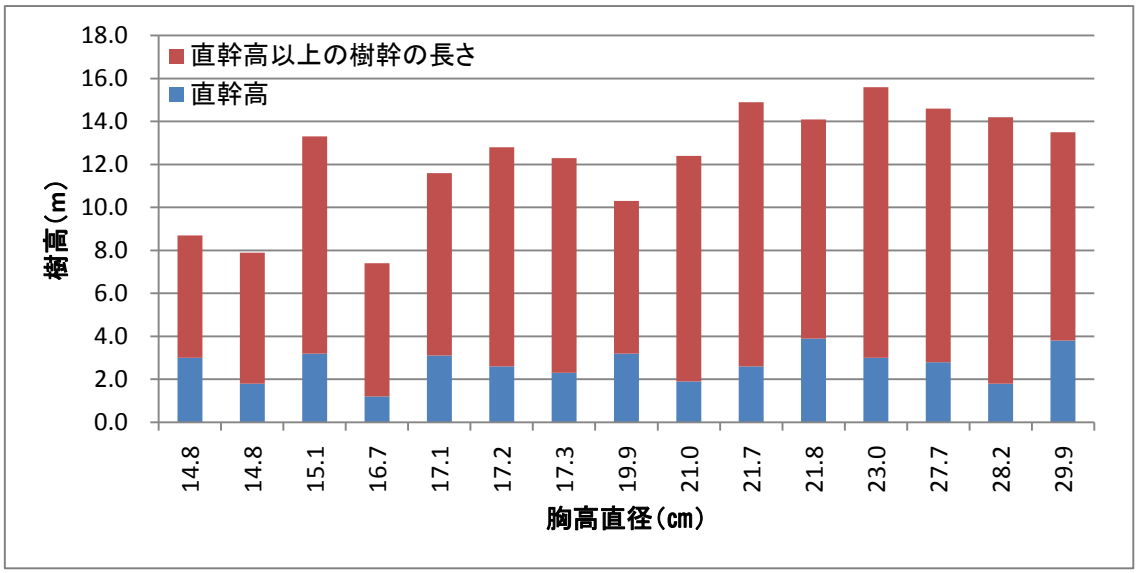


図 3-5 宮崎県えびの市調査結果（樹高に占める直幹の長さ）（1.24ha 内）

④現地写真

	
プロット 近景	センダンの枯死木

（３）熊本県人吉市（No.3）

①位置図

②現地概要

所在地	熊本県人吉市
緯度経度	32°　12.729′ ,130°　42.627′　（斜面下部） 32°　12.706′ ,130°　42.650′　（斜面上部）
面　積	0.8 ha
樹　種	センダン
植栽年	平成 7 年植栽（24 年生）
立木密度	1,361 本/ha（ケヤキ、スギを含む）
植栽密度	3,000 本/ha
標　高	260～280m（斜面下部～上部）
傾斜角	25～30°　（斜面下部～上部）
斜面方位	WNW～NWN（斜面下部～上部）
平均気温/ 降水量	15.5℃　/　2390.0mm　/　年　　（平年値、人吉）
土　壌	黒ぼく土
施業履歴	・【芽かき】未実施 ・【下刈り】年 1 回、植栽後 4～5 年間実施・当該地域で、植栽当時

	シカはあまり問題になっていなかったため、シカ柵は設置していない。
施業功程等	―
現地概要	・紅取団地の県営林である。 ・近くに県の研究指導所が設定した優良系統候補木による次代検定林があり、その情報によると、樹皮の食害が一部で見られるなど周囲にシカが生息している。 ・センダン、スギ、ケヤキが列状に植栽されている。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 10 月 16 日					
調査プロット	プロット No.1　斜面下部（13.0m×13.0m）			プロット No.2　斜面上部（13.0m×13.0m）		
植栽木/侵入木	センダン	ケヤキ	スギ	センダン	ケヤキ	スギ
調査本数（本）	7	8	8	3	6	14
平均樹高（m）	15.0	8.4	13.5	14.3	9.2	15.7
平均胸高直径（cm）	24.9	7.9	16.4	14.9	10.4	22.6
平均直幹高*（m）	4.8	0.7	―	1.4	0.8	―
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。						

調査概況	・センダンの毎木調査の結果、斜面下部で平均樹高 15.0m±3.1、平均胸高直径 24.9cm±5.0、斜面上部でそれぞれ 14.3m±3.2、14.9cm±0.6 で、斜面下部で斜面上部よりいずれも大きい値を示した（t 検定で胸高直径のみ P<0.05 で有意）（図 3-6～3-9）。 ・ケヤキは斜面下部で平均樹高 8.4m±1.9、平均胸高直径 7.9cm±1.8、斜面上部でそれぞれ 9.2m±2.4、10.4cm±4.6 だった。 ・スギは斜面下部で平均樹高 13.5m±3.8、平均胸高直径 16.4cm±9.7、斜面上部でそれぞれ 15.7m±2.9、22.6cm±8.1 だった。 ・もっとも生育が良好だったのは、斜面下部ではセンダンで、斜面上部ではスギであった。 ・平均直幹高はセンダンの斜面下部で 4.8m±1.3、斜面上部で 1.4m±1.0、ケヤキでそれぞれ 0.7m±0.3、斜面上部で 0.8m±0.3 だった。芽かきを行っていないが、ケヤキに比べセンダンで直幹高が高かった（図 3-10～3-11）。 ・密植（3,000 本/ha）したことで枝が枯れ上がり、また成長も早かったことから、直幹高は高くなったと考えられる。但し、自然落枝のため節が残っている可能性は高いと考えられる。

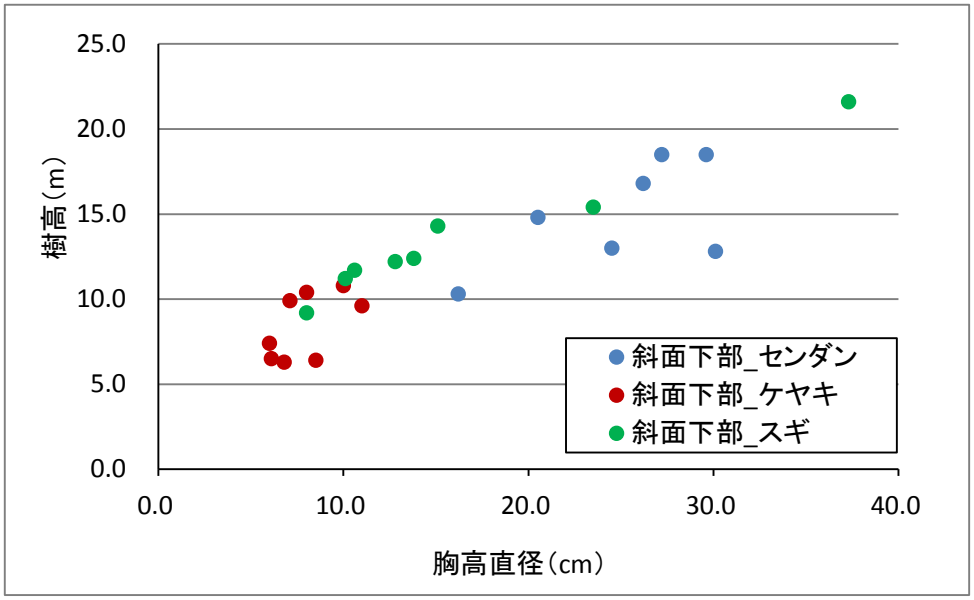


図 3-6 熊本県人吉市（斜面下部）調査結果（胸高直径と樹高の関係）

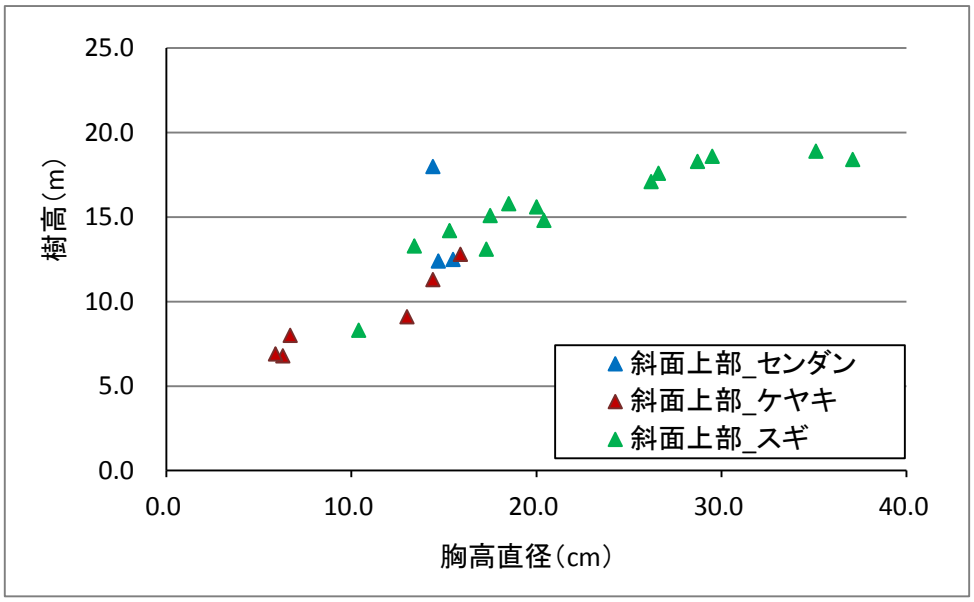


図 3-7 熊本県人吉市（斜面上部）調査結果（胸高直径と樹高の関係）

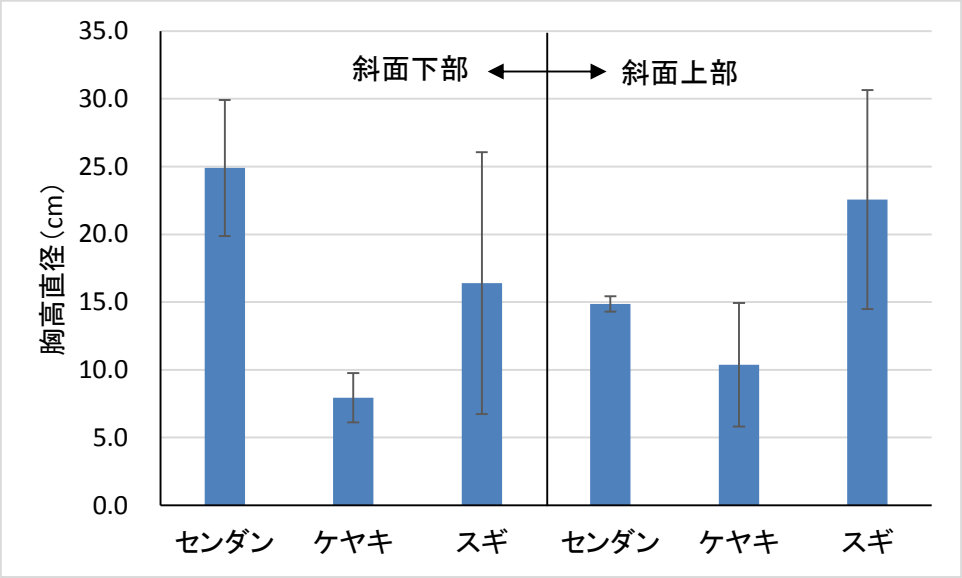


図 3-8 熊本県人吉市（斜面下部・上部）調査結果（樹種ごと胸高直径の比較）

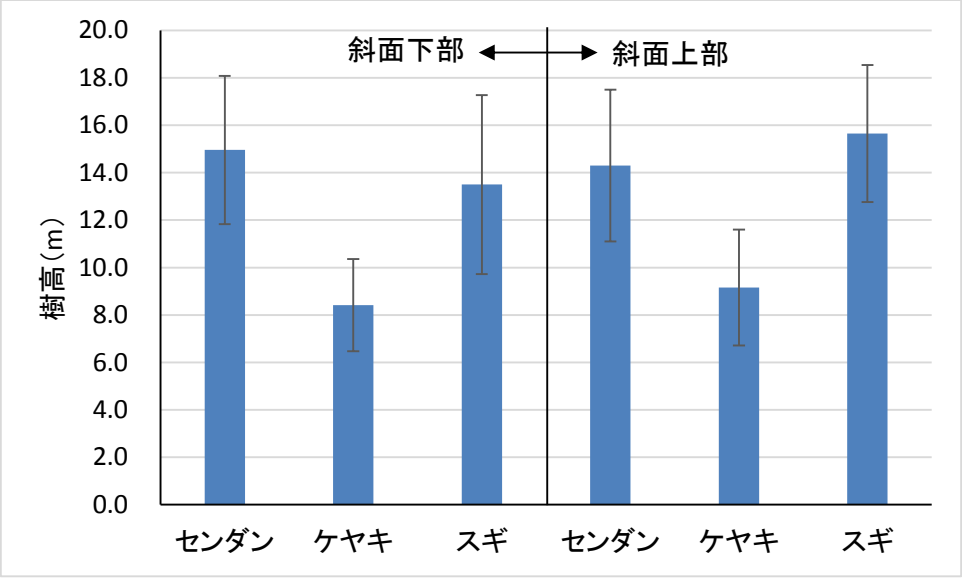


図 3-9 熊本県人吉市（斜面下部・上部）調査結果（樹種ごと樹高の比較）

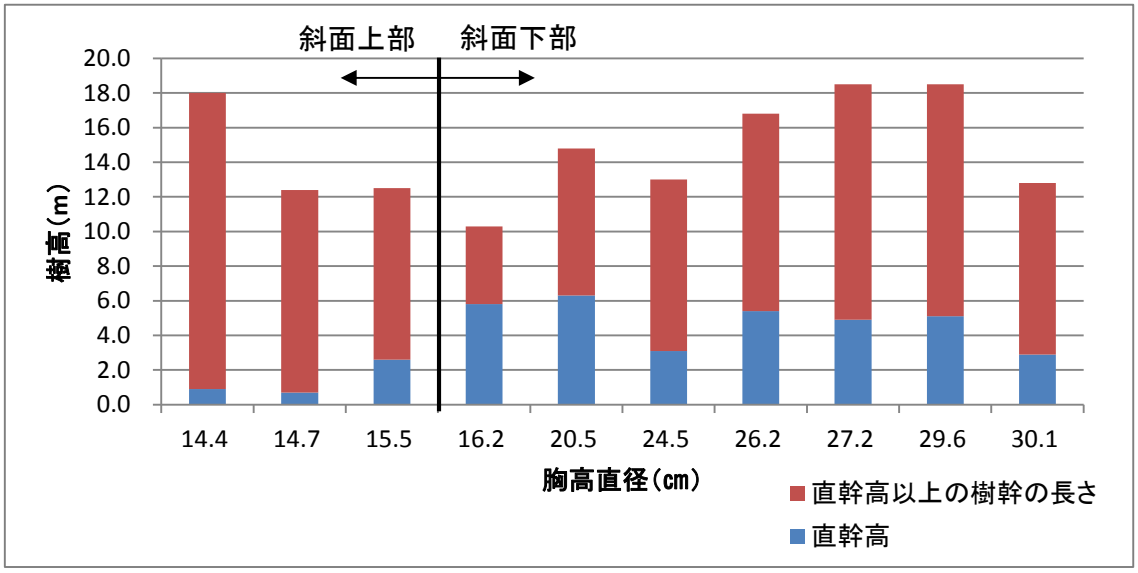


図 3-10 熊本県人吉市（センダン）調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

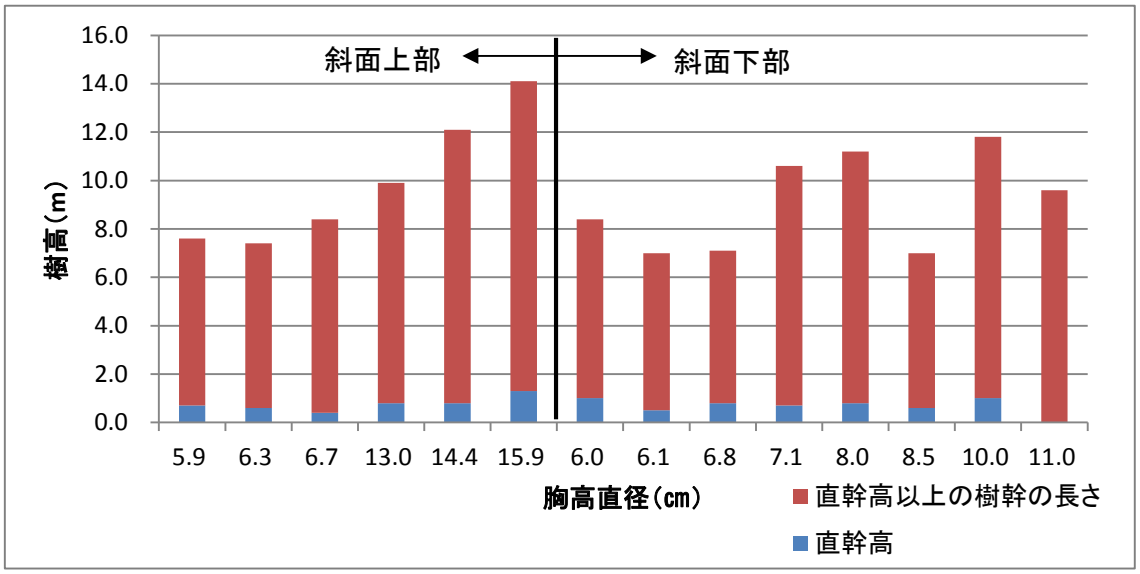


図 3-11 熊本県人吉市（ケヤキ）調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

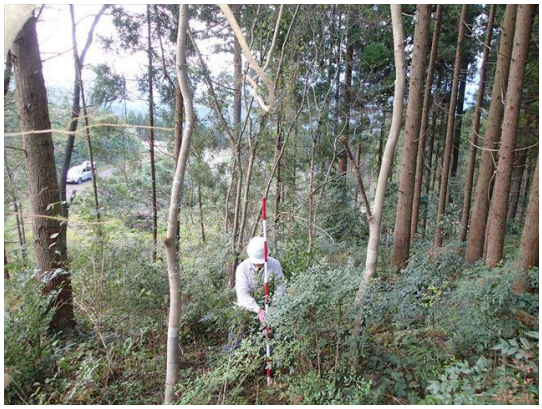
④現地写真

センダン（斜面下部）

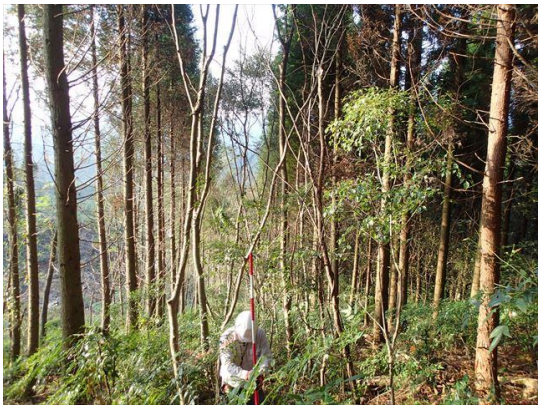
センダン（斜面上部）

スギ（斜面下部）

スギ（斜面上部）



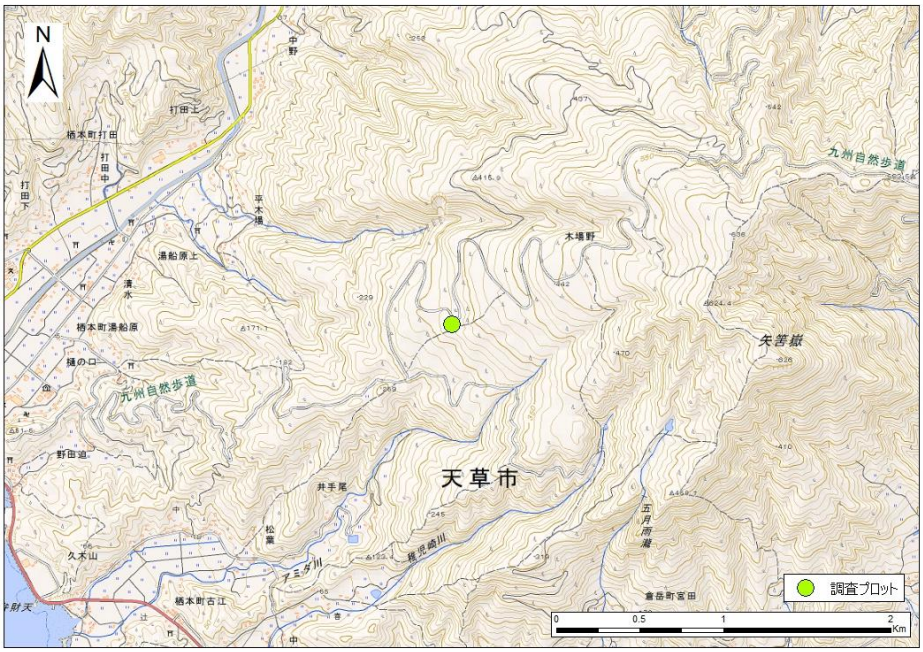
ケヤキ（斜面下部）



ケヤキ（斜上面部）

（4）熊本県天草市（No.4）

①位置図



②現地概要

所在地	熊本県天草市
緯度経度	32°　25.175′ ,130°　17.929′
樹　種	センダン
植栽年	平成 29 年 4-5 月植栽（2 年生）
立木密度	400 本/ha
植栽密度	400 本/ha
標　高	330m
傾斜角	10°
斜面方位	W
平均気温/ 降水量	16.4℃　/　2075.9mm　/　年　　（平年値、本渡）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	・【芽かき】平成 29 年、平成 30 年に芽かきを実施 ・【下刈り】一部実施（調査プロット内は実施） ・シカ柵は設置していない
施業功程等	—
現地概要	・栴檀の未来研究会会員所有の私有林である。 ・芽かきや下刈り等、管理を適切に行っており、今後の成長が期待される林分である。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 10 月 18 日	
調査プロット	プロット No.1（15.0×13.0m）	
植栽木/侵入木	センダン	侵入木
調査本数	21 本	－
平均樹高（m）	4.3	－
平均胸高直径（cm）	3.6	－
平均直幹高*（m）	2.9	－
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。		
調査概況	・センダンの毎木調査の結果では、平均樹高 4.3m±0.9、平均胸高直径 3.6cm±1.1、平均直幹高 2.9m±0.9 だった（図 3-12～3-13）。 ・シカによる皮剥ぎが 2 本見られた。	

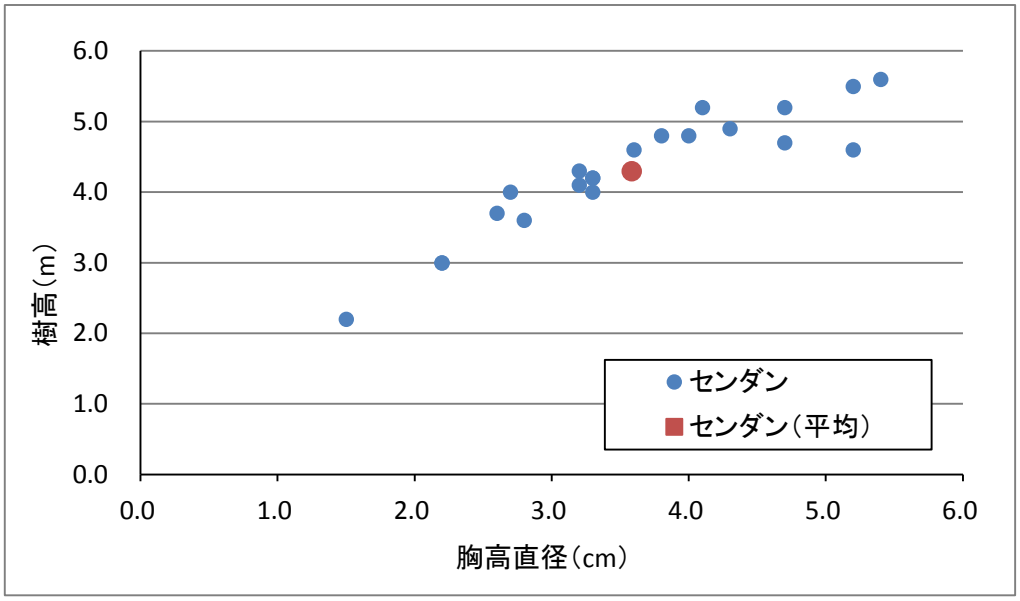


図 3-12 熊本県天草市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

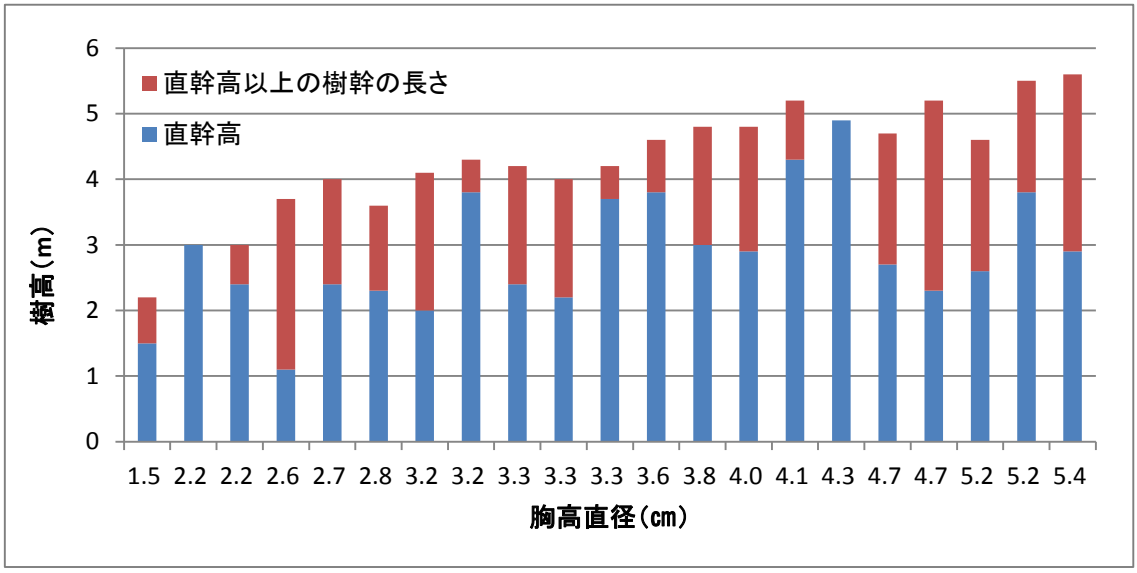


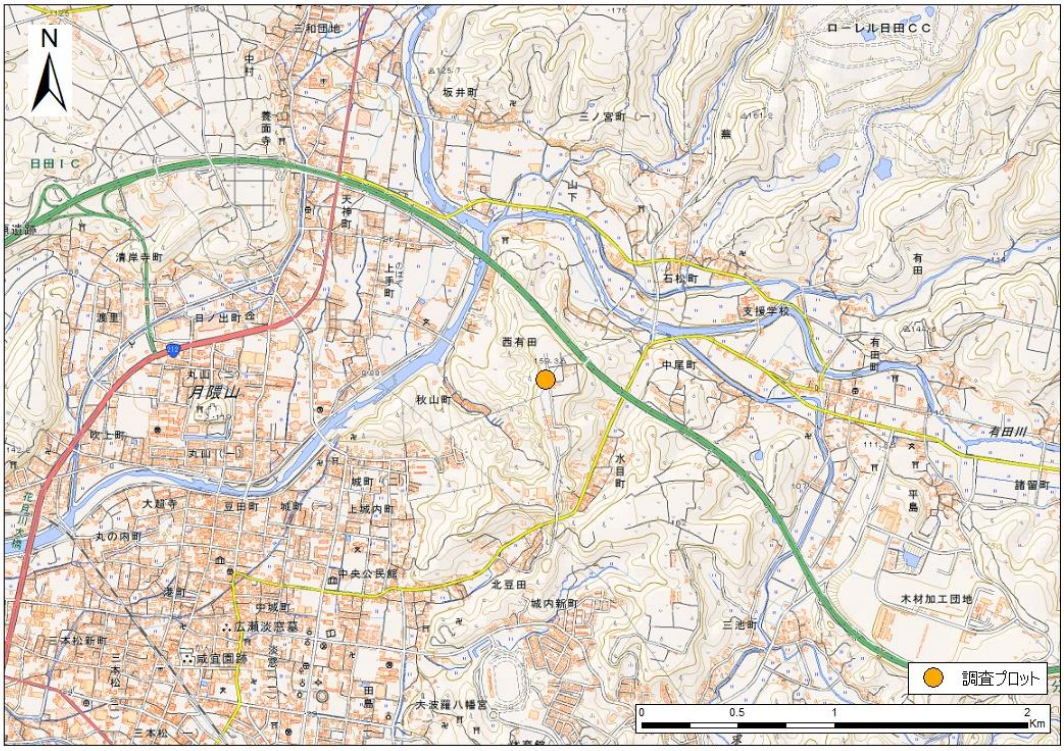
図 3-13 熊本県天草市調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

④現地写真

	
プロット 近景	プロット 遠景

（５）大分県日田市（No.5）

①位置図



②現地概要

所在地	大分県日田市
緯度経度	33°　20.019'　, 130°　57.098'
面　積	0.03ha
樹　種	コウヨウザン
植栽年	平成 27 年 4 月植栽（4 年生）
立木密度	2,000 本/ha
植栽密度	2,000 本/ha
標　高	167m
傾斜角	0°（平坦地）
斜面方位	－
平均気温/ 降水量	15.4℃　/　1810.4mm　/　年　　（平年値、日田市）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	・【下刈り】年に複数回、適宜実施 ・【その他】平成 29 年の春頃に複数本萌芽していた個体については、萌芽部分を間引いた ・枝打ち、間伐等は行っていない

施業功程等	―
現地概要	・調査地は大分県農林水産研究指導センター林業研究部の構内にある。 ・平成 27 年 4 月に、チャンチンモドキの試験林（平成 5 年植栽）の隣に植栽した。チャンチンモドキの林分については後述する。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 9 月 18 日	
調査プロット	プロット No.1　（6.6×11.0m）	
植栽木/侵入木	コウヨウザン	侵入木
調査本数（本）	24（うち、5 本消失）	―
平均樹高（m）	2.9	―
平均胸高直径（cm）	3.2	―
消失本数	5（21%）	―
調査概況	・コウヨウザンの毎木調査の結果、平均樹高 2.9m±0.8、平均胸高直径 3.2cm±1.3 だった（図 3-14）。 ・列を追って調査したところ、24 本中 5 本が消失していた。 ・毎木調査を行った 19 本中、5 本から萌芽が見られ、萌芽の数はそれぞれ 2～4 本であった。 ・試験場構内でシカ柵が張られ、丁寧に管理されていた。	

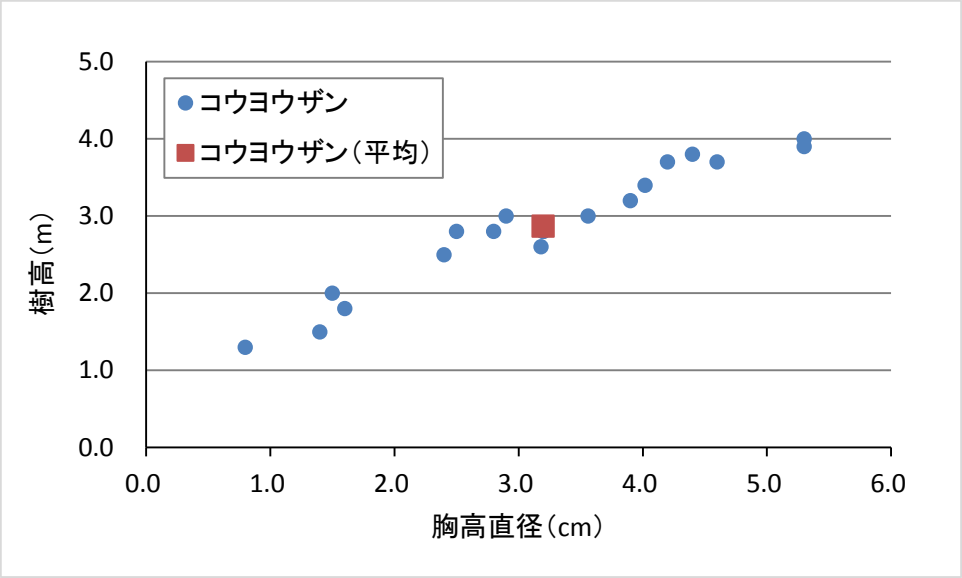


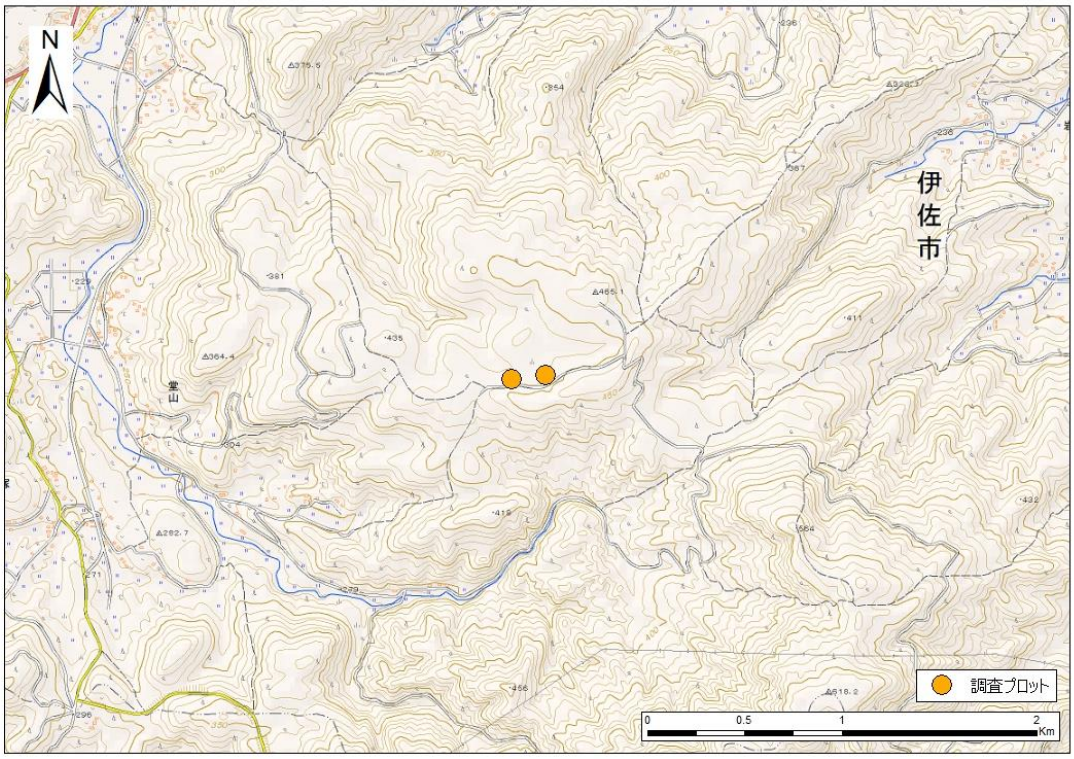
図 3-14 大分県日田市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

④現地写真

	
プロット遠景	プロット近景

（６）鹿児島県伊佐市（No.6）

①位置図



②現地概要

所在地	鹿児島県伊佐市
緯度経度	31°　57.957', 130°　35.897'（１年生苗） 31°　57.971', 130°　35.995'（３年生苗）
面　積	7.71ha
樹　種	コウヨウザン
植栽年	平成 30 年植栽（1 年生）
立木密度	1,524 本/ha（1 年生苗）、1,381 本/ha（3 年生苗）
植栽密度	2,270 本/ha
標　高	435m～440m
傾斜角	4～6°
斜面方位	NNW（１年生苗）、NW（３年生苗）
平均気温/ 降水量	15.3℃　/　2572.9mm　/　年　　（平年値、大口）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	（植栽初年度） ・シカ柵を設置している

施業功程等	―
現地概要	・平成 29 年にヒノキ林を伐採し、コウヨウザンの 1 年生苗と 3 年生苗を植栽した分収造林地である。 ・3 年生苗は通常出回っていないが、植栽のタイミングによって植栽予定だった 2 年生が 3 年生まで成長したものである。 ・シカ柵を設置しているが、植栽地内にはウサギの糞が多く見られ、コウヨウザンの多くが食害等の被害を受けていた。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 10 月 23 日	
調査プロット	1 年生苗（14.0×15.0m）	3 年生苗（14.0×15.0m）
林齢	1 年生	3 年生
調査本数（本）	37（うち、5 本枯死）	35（うち、6 本枯死）
平均樹高（m）	0.2	0.4
平均根元径（cm）	0.8	1.1
枯死本数（本）	5（14%）	6（17%）
調査概況	・1 年生苗で平均樹高 0.2m±0.1、平均根元径 0.8cm±0.3 であった。3 年生苗では平均樹高 0.4m±0.2、平均根元径 1.1cm±0.4 であった（図 3-15～3-17）。 ・調査した 1 年生苗の 59%、3 年生苗の 51%でウサギの食害が見られ、3 年生苗では主軸枯れも 17%確認された（図 3-18）。 ・ウサギ食害を受けた個体について、葉を食べられ盆栽状になっている個体もあったが、主軸が折られたのみで萌芽再生している個体も見受けられた。	

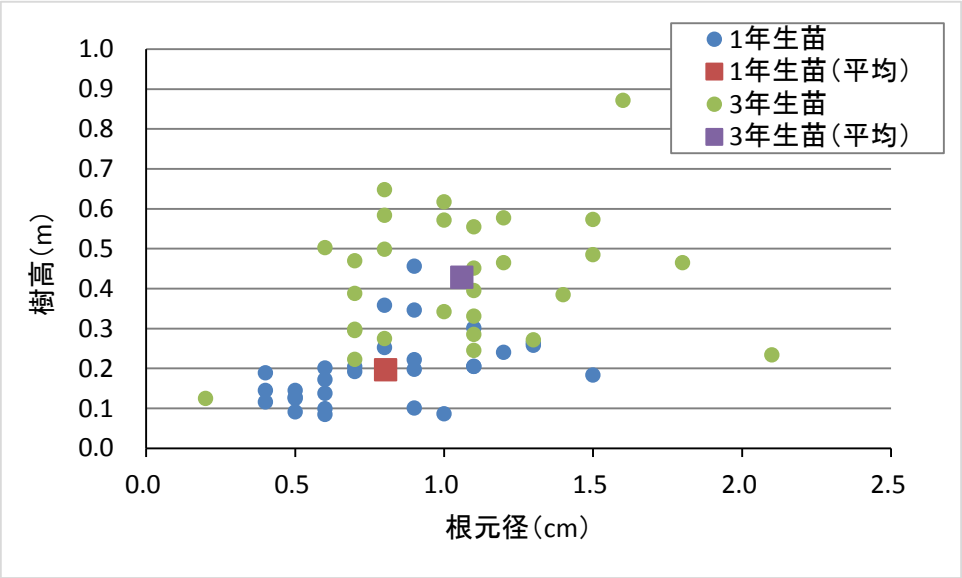


図 3-15 鹿児島県伊佐市調査結果（根元径と樹高の関係）

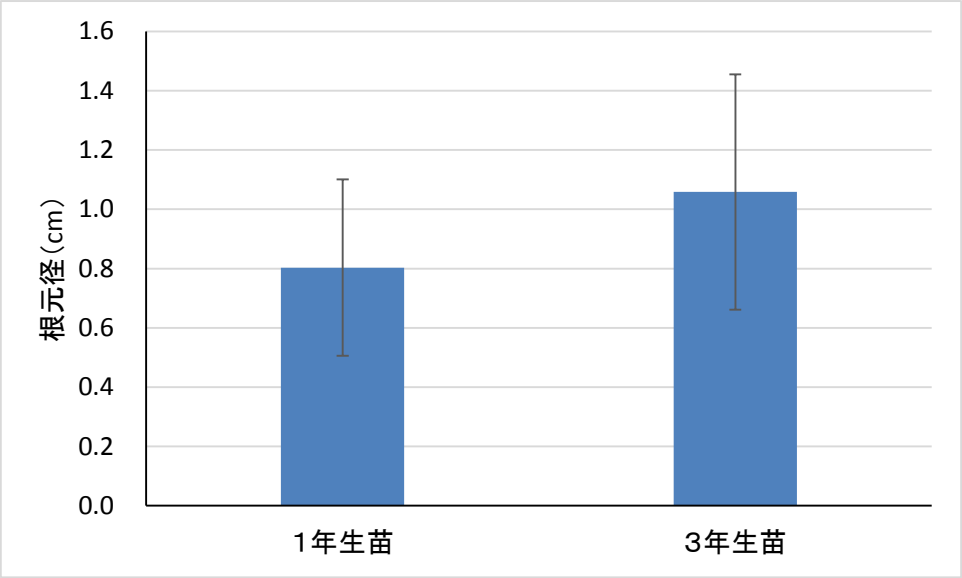


図 3-16 鹿児島県伊佐市調査結果（苗齢別平均根元径の比較）

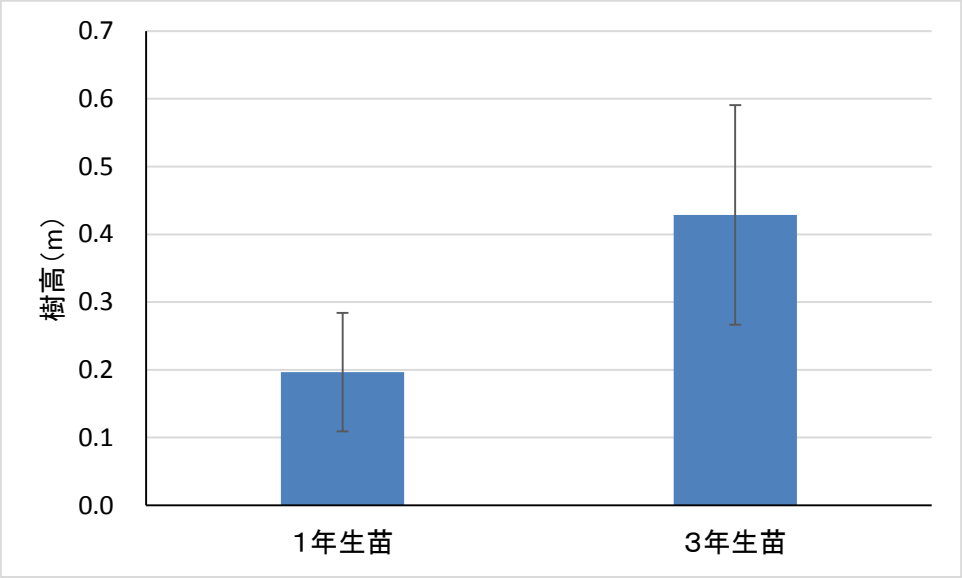


図 3-17 鹿児島県伊佐市調査結果（苗齢別平均樹高の比較）

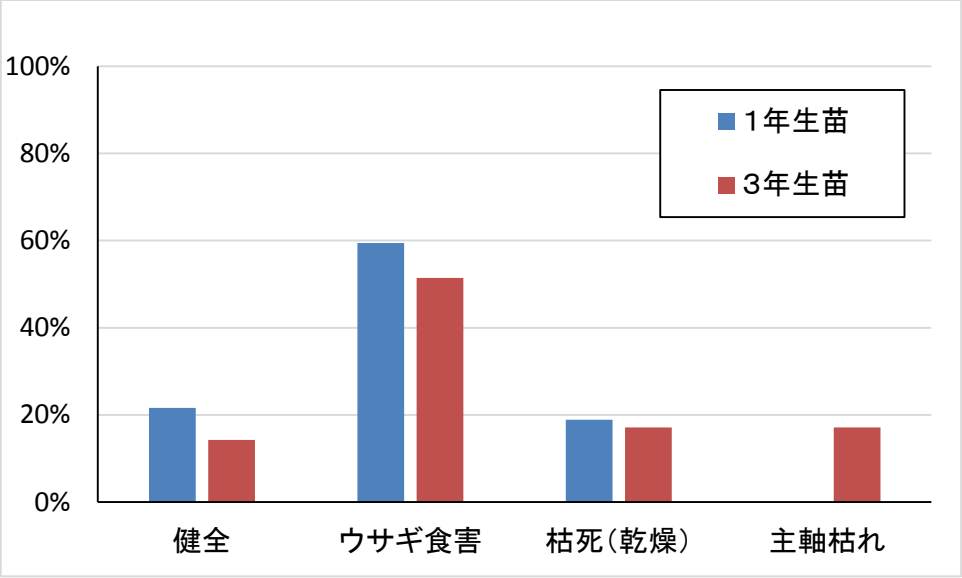


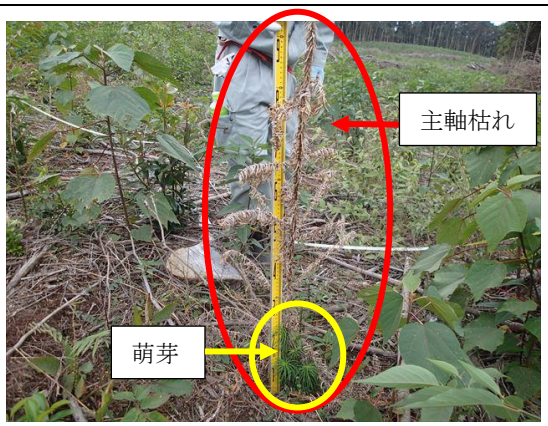
図 3-18 鹿児島県伊佐市調査結果（調査木の状態）

④現地写真

1年生

3年生

ウサギによる食害

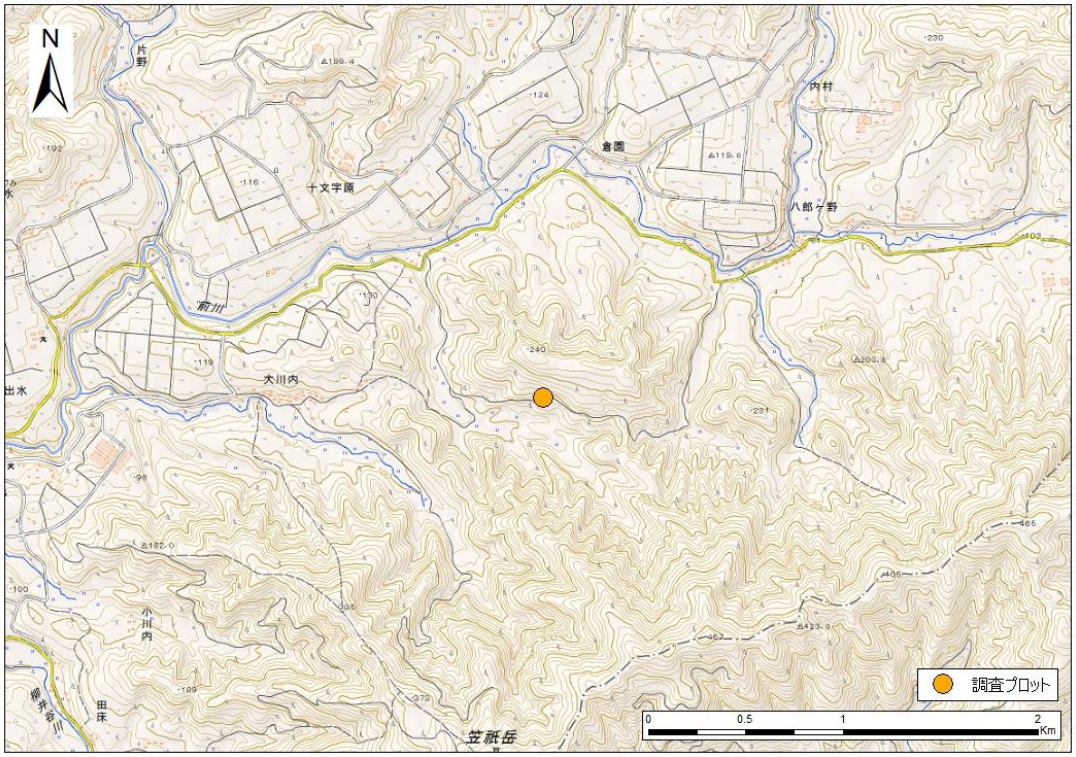


主軸枯れと萌芽

折れ高 52cm のコウヨウザン

（7）鹿児島県志布志市（No.7）

①位置図



②現地概要

所在地	鹿児島県志布志市
緯度経度	31°　30.990'、131°　10.492'
面　積	0.44 ha
樹　種	コウヨウザン
植栽年	平成 27 年 4 月植栽（4 年生）
立木密度	2,398 本/ha
植栽密度	2,398 本/ha
標　高	153m
傾斜角	26°
斜面方位	WSW
平均気温/ 降水量	16.8℃　/　2263.1mm　/　年　　（平年値、志布志）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	・【下刈り】平成 28 年 2 月、7 月の 2 回実施。上長成長を見込み、平成 29,30 年は下刈りを行わなかった。 ・周辺にシカがいないため、シカ柵は設置していない。
施業功程等	—

現地概要	・本調査地は平成 27 年 4 月に植栽を行っているが、その後、隣接地に平成 28 年 3 月、平成 29 年 3 月にそれぞれ 700 本、800 本の植栽を行っている。全て分収造林地で、苗は 1 年生苗である。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 10 月 24 日	
調査プロット	プロット No.1　（10.0×10.0m） うち、侵入木調査（4.0×4.0m）	
植栽木/侵入木	コウヨウザン（10×10m）	侵入木（4×4m）
調査本数（本）	24	9
平均樹高（m）	2.9	3.2
平均胸高直径（cm）	3.4	2.4
平均根元径（cm）	5.6	―
調査概況	・コウヨウザンの毎木調査の結果、平均樹高 2.9m±1.0、平均胸高直径 3.4cm±1.9、平均根元径 5.6cm±2.8cm であった（図 3-19）。 ・コウヨウザンのプロット（10×10m）内に 4×4m のプロットを設けて侵入木の毎木調査を行ったところ、平均樹高 3.2m±0.5、胸高直径 2.4cm±1.1 であった。 ・侵入木はアカメガシワやイヌビワ、カラスザンショウ等であった。 ・侵入木の平均樹高がコウヨウザンの平均樹高を少し上回る結果となったが、梢端が抜き出ているコウヨウザンもあり、今後の成長が期待される。	

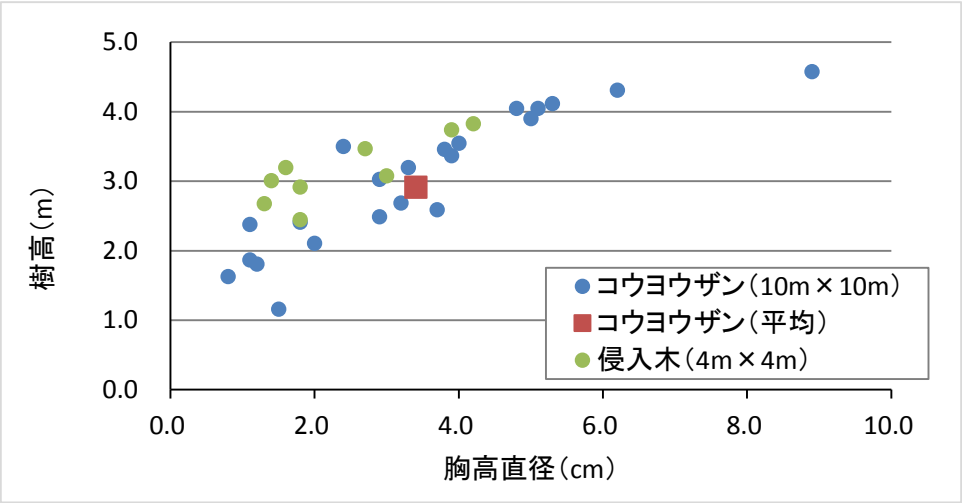


図 3-19 鹿児島県志布志市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

④現地写真

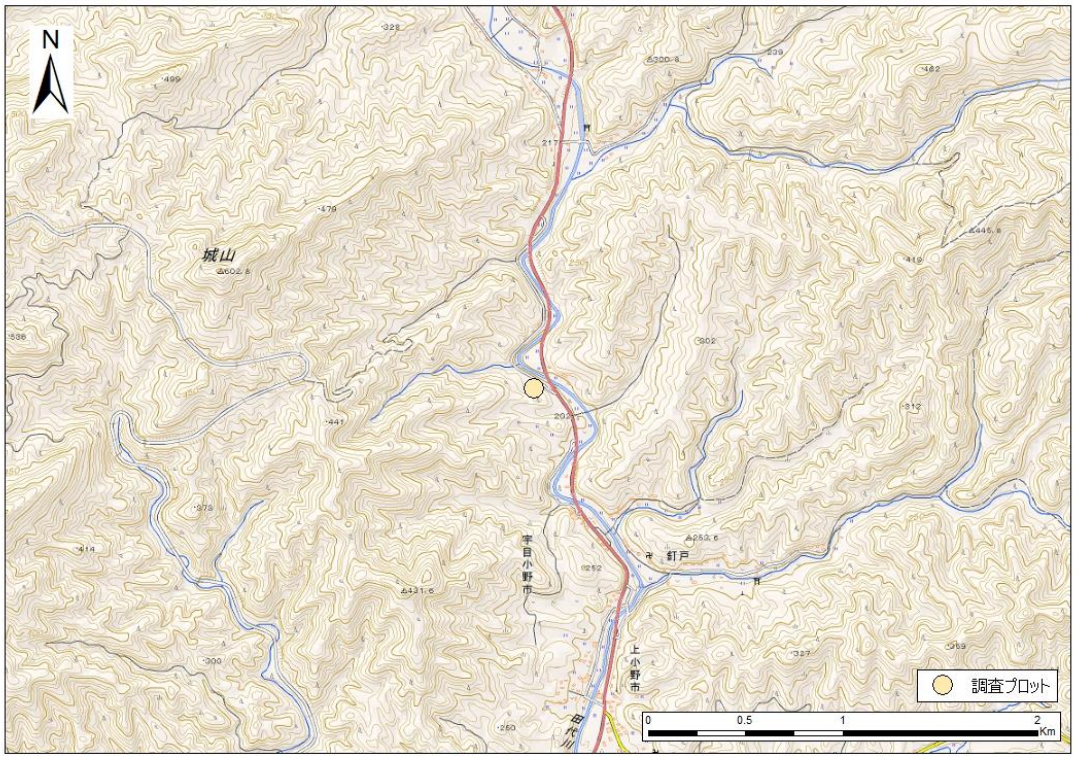
プロット 近景

植栽地 遠景

樹高が侵入木を上回るコウヨウザン

（８）大分県佐伯市（No.8）

①位置図



②現地概要

所在地	大分県佐伯市
緯度経度	32°　52.317'　, 131°　37.565'
面　積	0.05ha
樹　種	チャンチンモドキ
植栽年	平成 25 年 3 月植栽（6 年生）
立木密度	1,362 本/ha（スギ、コウヨウザンを含む）
植栽密度	2,000 本/ha
標　高	221m
傾斜角	30°
斜面方位	NNW
平均気温/ 降水量	14.3℃　/　2240.8mm　/　年　　（平年値、宇目）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	・【下刈り】平成 28 年度までは管理者が適宜実施。平成 29 年度以降については不明である ・シカ柵を設置している

現地概要	・調査地は私有林（大分県の試験林）であり、チャンチンモドキ 64 本の隣に比較用としてスギ 17 本、コウヨウザン 27 本を植栽している。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 9 月 19 日		
調査プロット	プロット No.1　（17.6×24.2m）		
植栽木	チャンチンモドキ	スギ	コウヨウザン
調査本数（本）	64	17	27
うち、消失本数（本）	23（36%）	1（6%）	26（96%）
平均樹高（m）	6.3	2.7	0.8
平均胸高直径（cm）	5.5	2.2	1.6
平均直幹高*（m）	1.0	－	－
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。			
調査概況	・チャンチンモドキは 64 本中 41 本（64%）確認でき、スギは 17 本中 16 本（94%）確認できた。しかし、コウヨウザンは 27 本中 1 本（4%）しか確認されなかった（図 3-20）。原因はウサギによる食害を受けたことによるものと推察される。 ・チャンチンモドキの毎木調査の結果、平均樹高 6.3m±1.6、平均胸高直径 5.5cm±2.2、直幹高 1.0m±0.5 であった（図 3-21～3-24）。 ・スギの毎木調査の結果、平均樹高 2.7m±0.7、平均胸高直径 2.2cm±0.7 であった（図 3-21～3-23）。 ・スギと比較し、生存率はチャンチンモドキの方が低かったが、成長はチャンチンモドキの方が良好であった。枯死の明確な理由は不明だが、シカ柵を設置しているためシカによる被害等ではなく、他の要因により枯死したものと推察される。		

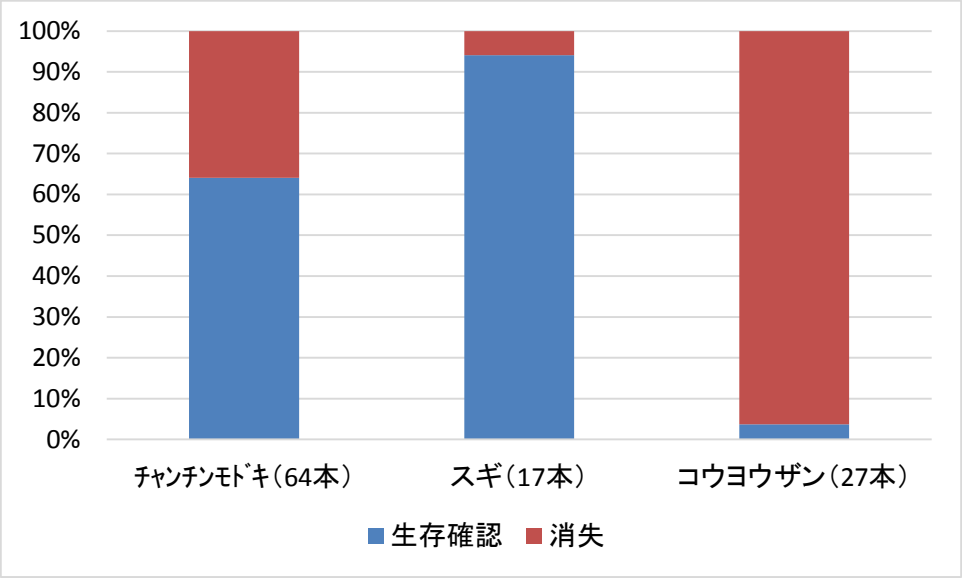


図 3-20 大分県佐伯市調査結果（各樹種の生存率）

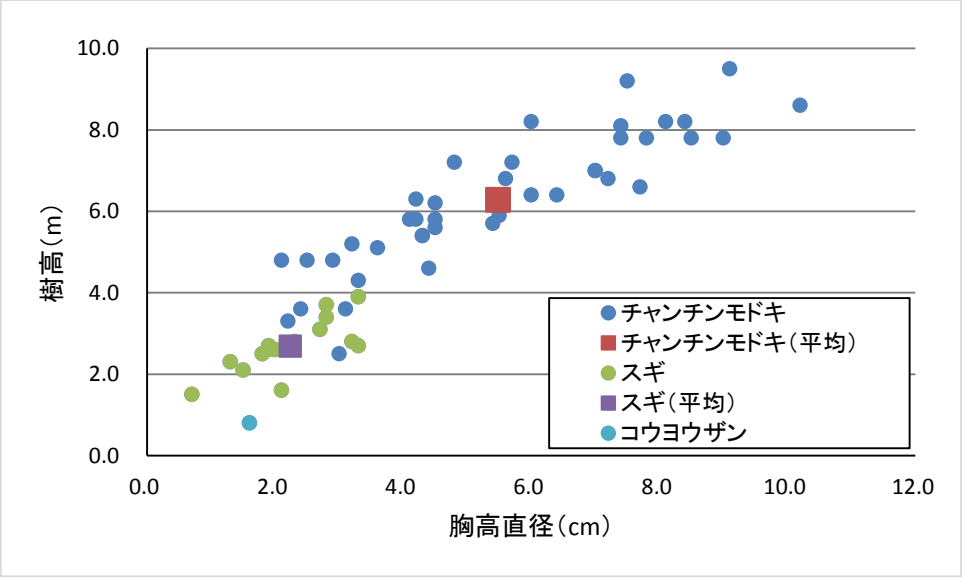


図 3-21 大分県佐伯市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

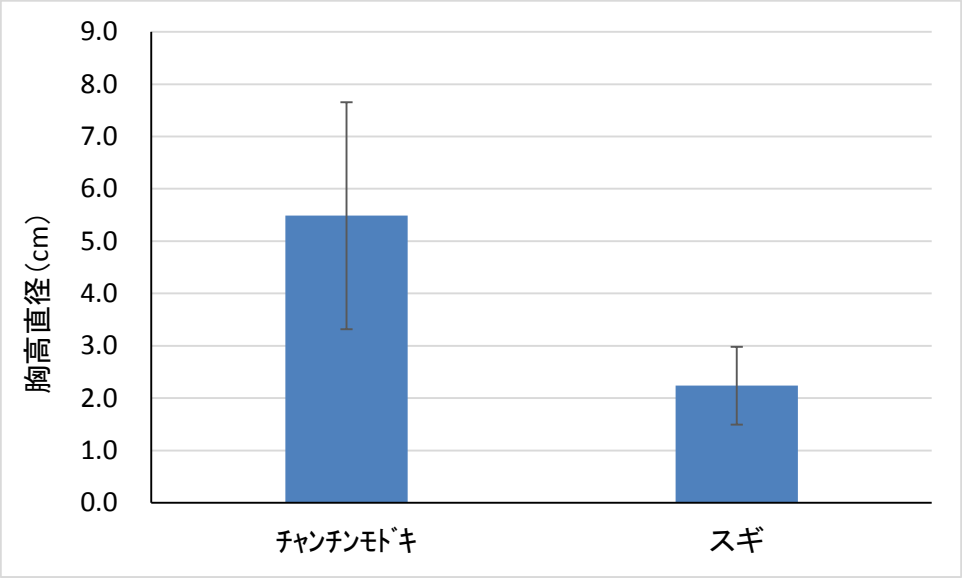


図 3-22 大分県佐伯市調査結果（樹種別の平均胸高直径の比較）

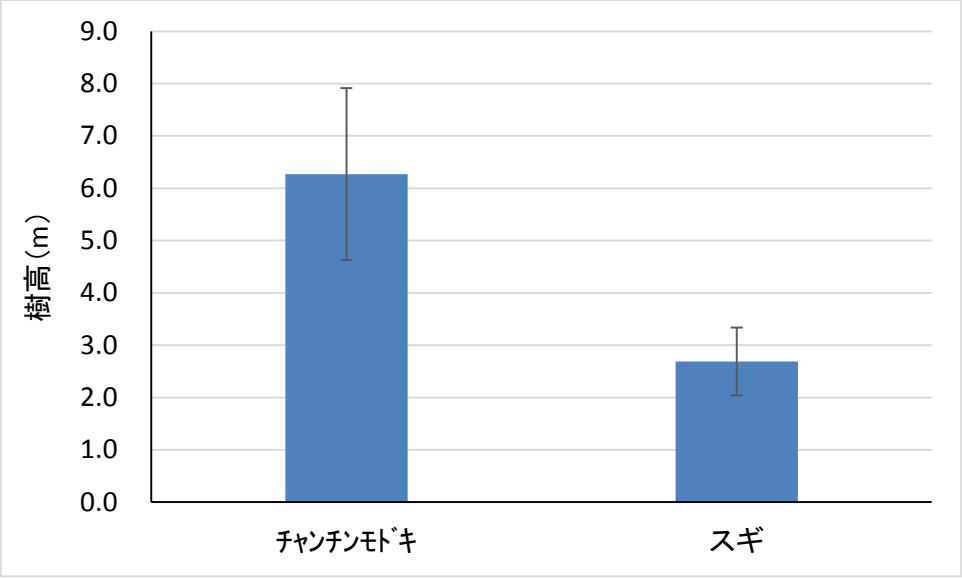


図 3-23 大分県佐伯市調査結果（樹種別の平均樹高の比較）

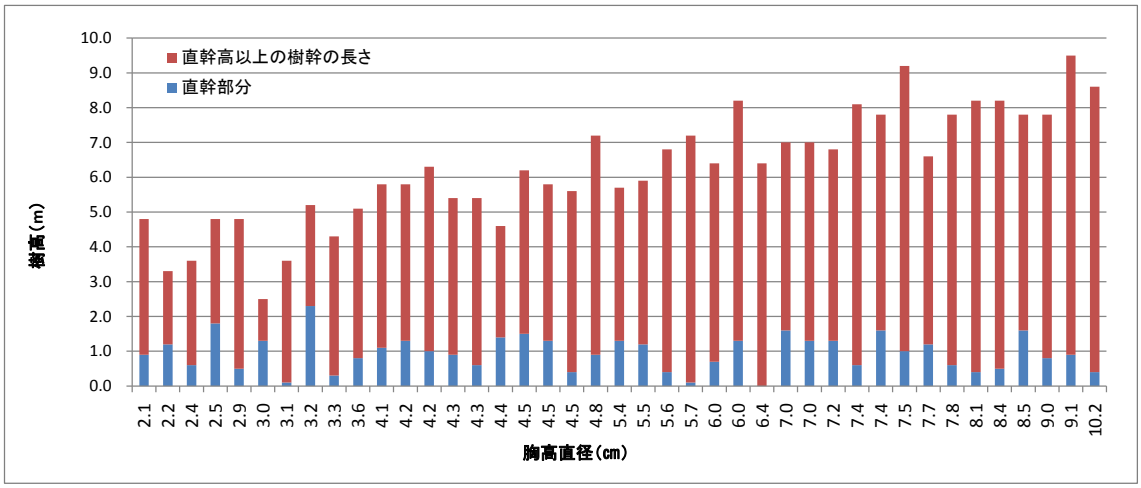


図 3-24 大分県佐伯市調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

④現地写真

チャンチンモドキ

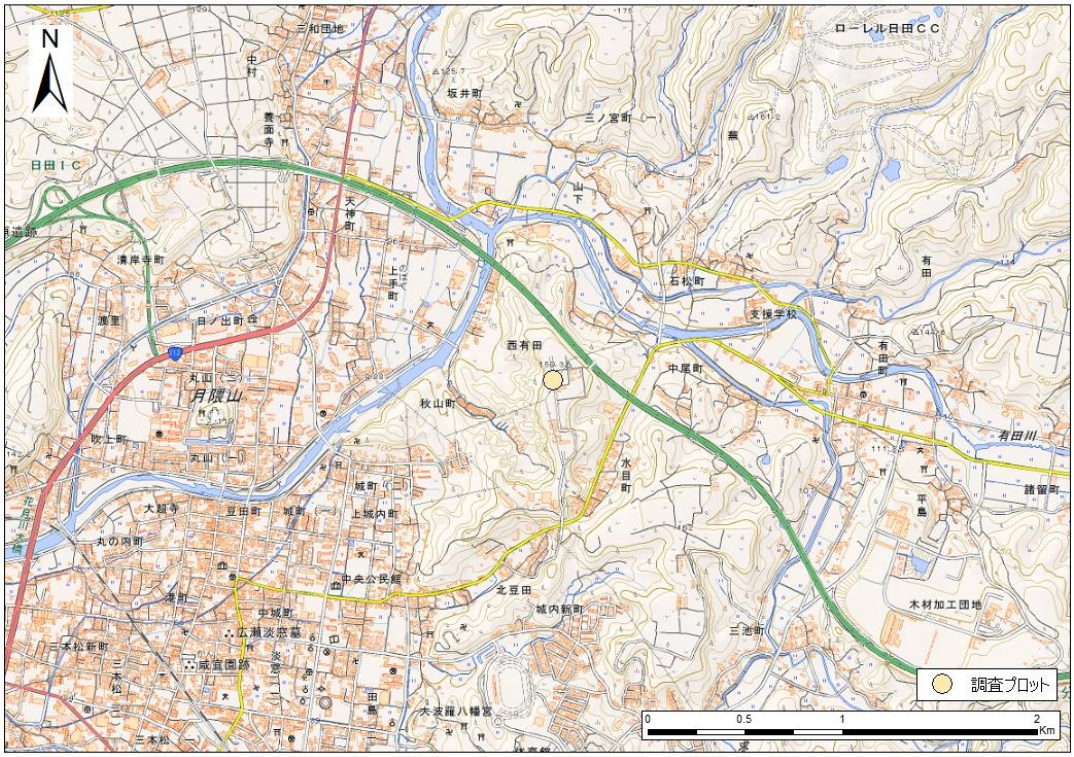
植栽地 遠景

スギ

コウヨウザン

（９）大分県日田市（県試験林）（No.9）

①位置図



②現地概要

所在地	大分県日田市（県試験林）
緯度経度	33°　20.025' , 130°　57.103'
面　積	0.03 ha
樹　種	チャンチンモドキ
植栽年	平成 23 年 5 月植栽（8 年生）
立木密度	1,666 本/ha
植栽密度	2,000 本/ha
標　高	167m
傾斜角	0°
斜面方位	ー（平坦地）
平均気温/ 降水量	15.4℃　/　1810.4mm　/　年　　（平年値、日田市）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	・【下刈り】年に複数回、適宜実施 ・【その他】平成 26 年に枝打ちを実施 ・平成 27 年 8 月に台風の被害があり 2 本伐採

	・シカ柵を設置している
施業功程等	―
現地概要	・調査地は大分県農林水産研究指導センター林業研究部の構内にある。 ・平成 23 年 5 月にチャンチンモドキを植栽後、平成 27 年 4 月に、コウヨウザンを隣に植栽している（前述 No.5 の林分）。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 9 月 18 日	
調査プロット	プロット No.1　（30.0×10.0m）	
植栽木/侵入木	チャンチンモドキ	侵入木
調査本数（本）	50	―
平均樹高（m）	14.9	―
平均胸高直径（cm）	15.7	―
平均直幹高*（m）	3.6	―
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。		
調査概況	・平均樹高 14.9m±2.0、平均胸高直径 15.7cm±2.8、直幹高 3.6m±1.6 である（図 3-25～3-26）。 ・試験場構内でシカ柵が張られ、丁寧に管理されており生育は全体的に良好であった。 ・平成 27 年の台風により折れた個体も萌芽によりまっすぐ成長していた。	

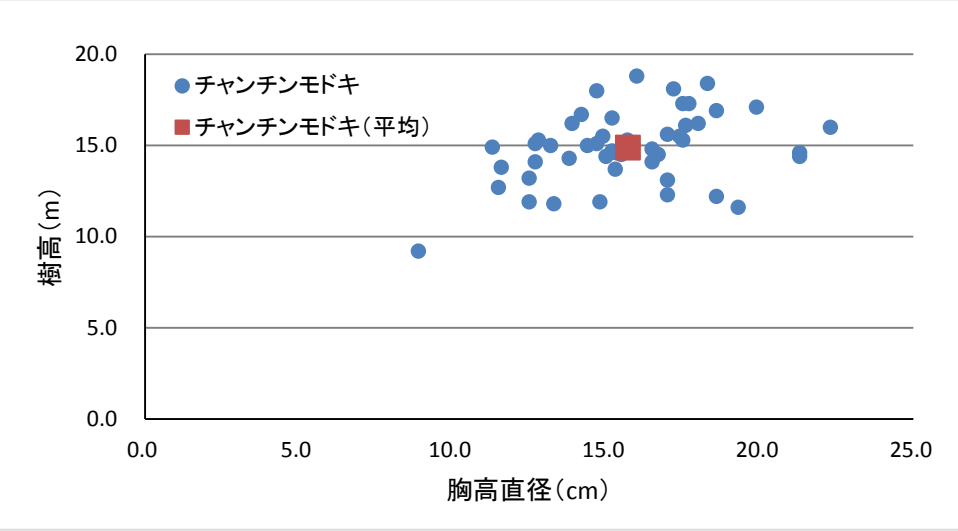


図 3-25 大分県日田市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

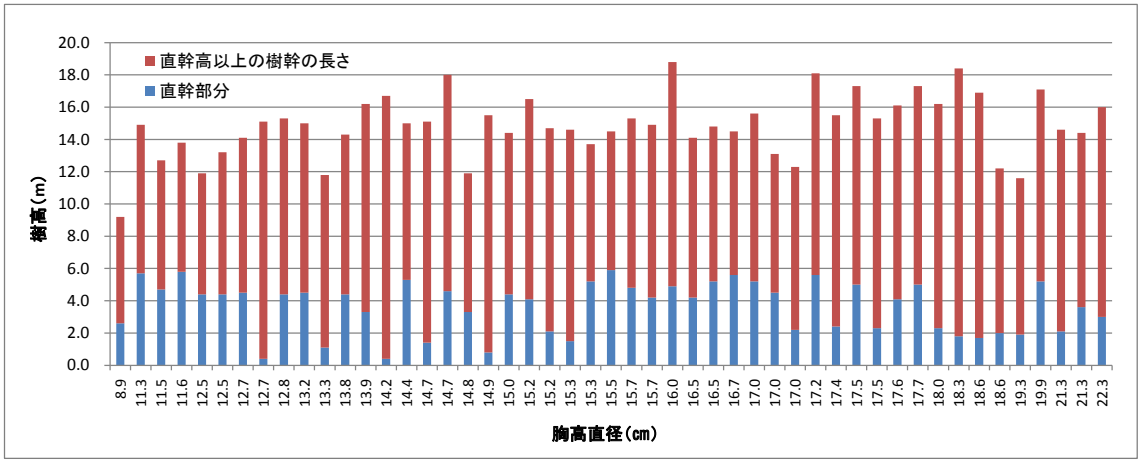


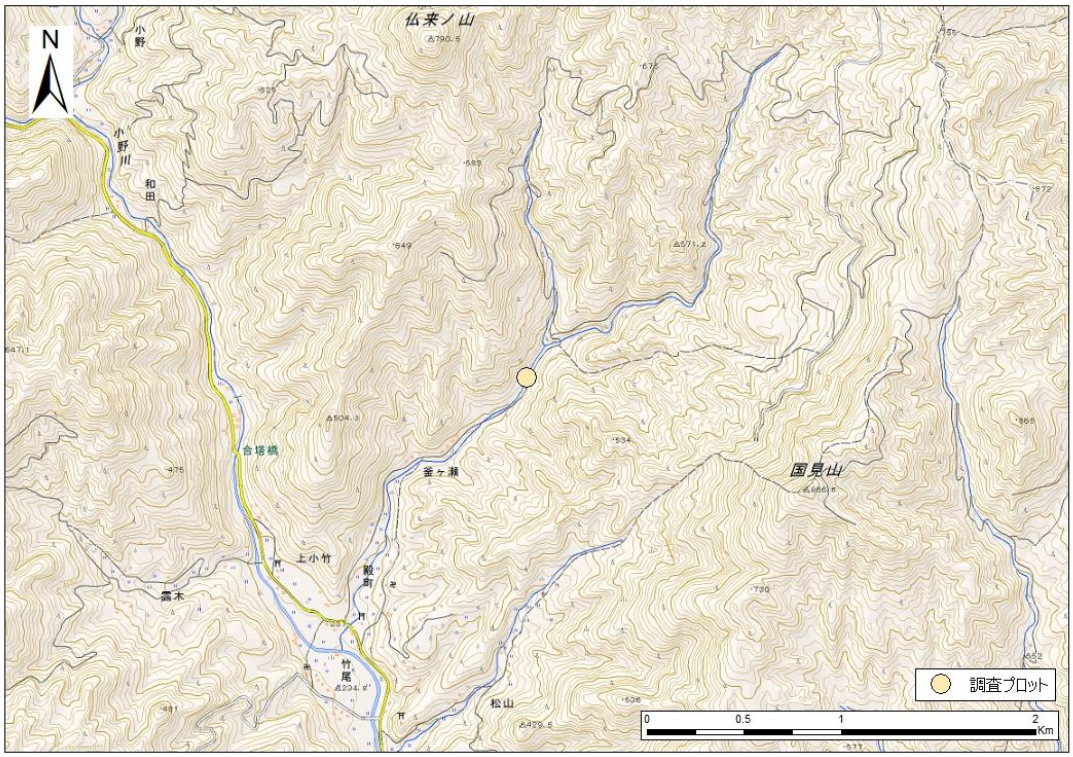
図 3-26 大分県日田市調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

④現地写真

	
プロット	株からの萌芽

（10）大分県日田市（私有林）（No.10）

①位置図



②現地概要

所在地	大分県日田市（私有林）
緯度経度	33°　24.815'　, 130°　56.781'
面　積	－
樹　種	チャンチンモドキ
植栽年	平成 5 年植栽（26 年生）
立木密度	705 本/ha（チャンチンモドキ以外の樹種を含む）
植栽密度	－
標　高	345m
傾斜角	25°
斜面方位	WNW
平均気温/ 降水量	15.4℃　/　1810.4mm　/　年　　（平年値、日田市）
土　壌	褐色森林土
施業履歴	—
施業功程等	—
現地概要	・収穫や調査目的ではなく、植物園のような展示林として私有林に植栽されたものである。

③現地調査結果

調査日	平成 30 年 9 月 18 日	
調査プロット	プロット No.1　（15.0×35.0m）	
植栽木/侵入木	チャンチンモドキ	その他樹種
調査本数（本）	9	28
平均樹高（m）	26.2	8.8
平均胸高直径（cm）	43.8	12.0
平均直幹高*（m）	8.9	－
*直幹高とは、枝下高下で、地際から直材が採材可能な部位までの高さをいう。		
調査概況	・チャンチンモドキの毎木調査の結果、平均樹高 26.2m±3.9、平均胸高直径 43.8cm±4.0、直幹高 8.9m±3.8 であった。主軸が折れ、側枝立ちしていた個体を除いた 8 本全てで直幹高が 7m 以上であった（図 3-27～3-28）。 ・チャンチンモドキの調査プロット内に生育していたその他樹種は平均樹高 8.8m±4.3、平均胸高直径 12.0cm±7.2 であった。その多くがスギで、28 本中 17 本（約 61%）であった。	

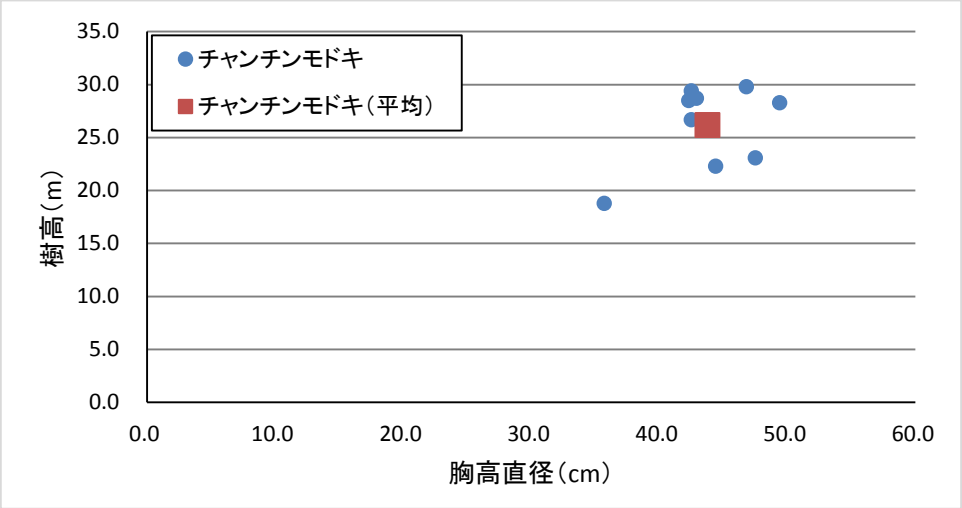


図 3-27 大分県日田市調査結果（胸高直径と樹高の関係）

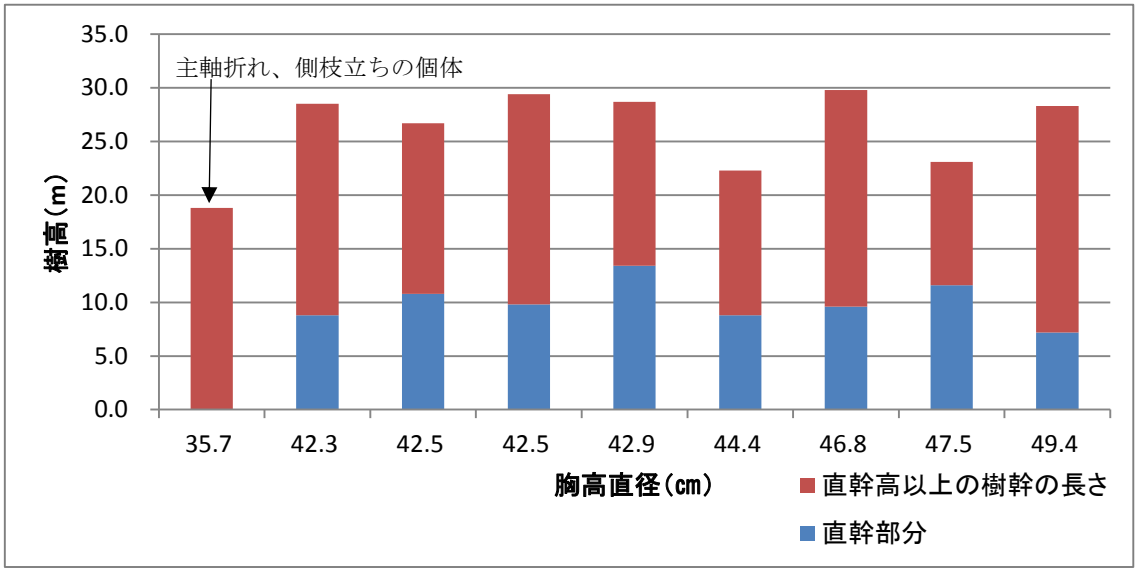


図 3-28 大分県日田市調査結果（樹高に占める直幹の長さ）

④現地写真

	
近景	遠景

3.2.3. 考察

(1) センダン

調査を実施した既存のセンダン林分について、その調査結果を表 3-12 に示す。林齢が相対的に高い林分として、宮崎県えびの市国有林 30 年生（調査地 No.2）、熊本県人吉市県有林 24 年生（No.3）の林分、植栽間もない若い林分として兵庫県宍粟市私有林 3 年生（No.1）、熊本県天草市私有林 2 年生（No.4）の林分がある。

なお、調査に際しては、センダンの初期成長、植栽密度や保育と成林状況の把握、立地と成長の関係性の把握を、それぞれ課題にして調査した。

兵庫県宍粟市（No.1）と熊本県天草市（No.4）はそれぞれ 3 年生、2 年生の林分であるが、平均樹高 5.3m、4.3m と生育は非常に良好であった。両区とも植栽密度は 400 本/ha で芽かきを確実に行っており、今後の成長が期待される。

また、熊本県人吉市（No.3）の林分では、斜面下部と上部に分けて調査を行った結果、樹高に有意差は見られなかったものの、斜面下部で有意（$P<0.05$）に胸高直径が大きかった。

宮崎県えびの市（No.2）では、植栽したセンダンのほとんどが枯死していた。平成 11 年の除伐以降、手入れをした記録がなく、常緑広葉樹を主とする萌芽再生個体が次第に樹高成長でセンダンを凌駕し、陽樹であるセンダンが被圧され衰退・枯死した可能性がある。植栽密度や周囲の状況によるが、常緑広葉樹等が侵入するような林分では、植栽後の除伐や間伐等、センダンには適正な保育が必要であることが伺える。

なお、昨年度の既存植栽地調査結果と合わせた詳細については、後述 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の章で詳しく述べる。

表 3-12 既存植栽地（センダン）調査結果一覧

No.	地域		林齢	密度（本/ha）		標高	樹高（m）		胸高直径（cm）		直幹高（m）		侵入木
				立木	植栽時	（m）	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
1	兵庫県宍粟市（私有林）		3	400	400	198	5.3	1.2	5.9	2.0	3.0	1.2	なし
2	宮崎県えびの市（国有林）		30	1433*	3,000	676	12.2	2.5	20.4	4.8	2.7	0.8	あり
3	熊本県人吉市（県有林）	斜面下部	24	1361*	3,000	260	15.0	3.1	24.9	5.0	4.8	1.3	なし
		斜面上部		1361*		280	14.3	3.2	14.9	0.6	1.4	1.0	なし
4	熊本県天草市（私有林）		2	400	400	330	4.3	0.9	3.6	1.1	2.9	0.9	なし

*センダン以外の樹種を含む

(2) コウヨウザン

コウヨウザン既存林分の調査結果を表 3-13 に示す。大分県日田市県有林 4 年生（No.5）、鹿児島県伊佐市国有林 1 年生 （1 年生苗及び 3 年生苗）（No.6）、鹿児島県志布志市国有林 4 年生（No.7）の林分である。

なお、調査に際しては、植栽後の生存状況の把握を課題に調査した。

鹿児島県伊佐市（No.6）ではウサギの食害が多く見られ、平均樹高は 1 年生苗で 0.2m、3 年生苗で 0.4m と上長成長が抑えられていた。

一方、大分県日田市（No.5）のコウヨウザンは大分県農林水産研究指導センター林業研究部の構内にあり、下刈り等丁寧に管理された試験地であり、鹿児島県志布志市（No.7）は侵入木の平均樹高がコウヨウザンの平均樹高を少し上回るような試験地であったが、両箇所ともウサギによる食害は見られず、4 年生で平均樹高は 2.9m と同様の値を示した。

なお、昨年度の既存植栽地調査結果と合わせた詳細については、センダンと同様、後述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の章で詳しく述べる。

表 3-13 既存植栽地（コウヨウザン）調査結果一覧

No.	地域	林齢	密度（本/ha）		標高	樹高（m）		胸高直径（cm）		根元径（cm）		ウサギ食害率（%）	侵入木
			立木	植栽時	（m）	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差		
5	大分県日田市（県試験林）	4	2,000	2,000	167	2.9	0.8	3.2	1.3	―	―	0	なし
6	鹿児島県伊佐市（国有林）	1	1,524	2,270	435	0.2	0.1	―	―	0.8	0.3	59	なし
		1*	1,381		440	0.4	0.2	―	―	1.1	0.4	51	なし
7	鹿児島県志布志市（国有林）	4	2,398	2,398	153	2.9	1.0	3.4	1.9	5.6	2.8	0	あり

*3 年生苗を平成 30 年に植栽した 1 年目の植栽地である

(3) チャンチンモドキ

チャンチンモドキ既存林分の調査結果を表 3-14 に示す。大分県佐伯市私有林 6 年生（No.8)、大分県日田市県試験林 8 年生（No.9)、大分県日田市私有林 26 年生（No.10）の林分である。

なお、調査に際しては、成長速度の把握を課題に調査した。

No.8 は試験場から離れた佐伯市の畑を少し登った斜面にある私有林で、No.9 は試験場構内に植栽されている大分県の試験林である。No.9 大分県日田市（県試験林）では、8 年生で樹高 14.9m、胸高直径 15.7cm と非常に良好な値を示した。県の試験場構内にあり、年複数回適宜下刈りを実施し、また植栽後 3 年目に枝打ちを実施するなど、丁寧な管理が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。

また、No.10 は私有林で、他樹種とともにチャンチンモドキが植栽されていた。材を得る目的ではなく、植物園（展示林）のような形での植栽であるが、26 年生で樹高 26.2m、胸高直径 43.8cm、また直材が取れる長さ（直幹高）も 8.9m と良好な成長を示していた。

文献調査のとおり、材の利用は可能との一方、材の割れや反りが今後の課題と考えられる。

表 3-14 既存植栽地（チャンチンモドキ）調査結果一覧

No.	地域	林齢	密度（本/ha）		標高	樹高（m）		胸高直径（cm）		直幹高（m）		侵入木
			立木	植栽時	（m）	平均	標準偏差	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
8	大分県佐伯市（私有林）	6	1362*	2000	221	6.3	1.6	5.5	2.2	1	0.5	なし
9	大分県日田市（県試験林）	8	1666	2000	167	14.9	2.0	15.7	2.8	3.6	1.6	なし
10	大分県日田市（私有林）	26	705*	ー	345	26.2	3.9	43.8	4.0	8.9	3.8	ー

*チャンチンモドキ以外の樹種を含む

4. 早生樹に関する実態調査

早生樹利用に先進的な地域等において、早生樹の需要供給と収益性に関する以下の項目について状況調査を行い、その結果を取りまとめた。

① 植栽した早生樹の生産目標（用途、生産量等）

② 早生樹の木材供給状況や収益性

③ 早生樹の木材としての特性とニーズ

状況調査は、センダン及びコウヨウザンの２樹種を対象としてヒアリング調査を実施した。ヒアリング対象者を表 4-1 に示す。

表 4-1 早生樹に関する実態調査ヒアリング対象者

樹種	ヒアリング対象者	概要
センダン	熊本県天草広域本部	天草センダンプロジェクトを立ち上げ、センダンの植栽、普及・広報活動を行っている。
	梅檀の未来研究会	平成 28 年 6 月に設立。センダンの育成方法等の指導等を行っている。
	丸仙工業株式会社 【福岡・大川家具工業会】	センダンを使用した家具等を作っている。SOUSEI（早期循環型地域材活用プロジェクト）の代表。
	株式会社ウエキ産業 【福岡・大川家具工業会】	木材市場や自伐林家から原木を仕入れ、フローリング等、様々な場所に使える建材等に加工している。
	大川化粧合板工業協同組合 【福岡・大川家具工業会】	センダンの突板を作っている。
コウヨウザン	三好産業株式会社	平成27年度より毎年約1～8haを鹿児島県内に植栽している。
	中国木材株式会社	今年度試験的に 40 本植栽。今後も社有林への試験植栽を考えている。
	林野庁四国森林管理局	土佐清水市で萌芽更新したコウヨウザンを昨年度間伐している。

4.1. センダン

センダンの需要供給と収益性に関する実態調査結果を次に示す。

（1）ヒアリング対象者ごとの実態調査結果

➢ 熊本県天草広域本部

・耕作放棄地の活用とセンダンの PR を目標に天草地域 8 箇所（計 2.93ha）にセンダンを植栽。

・センダンの植栽面積は年々増加傾向にある（図 4-1）。

・シンポジウム開催時（平成 31 年 1 月天草市において開催）、他県を含め多くの参加者が集まるなど全国的にセンダンに対する関心が高まっており、潜在的需要は高いと感じている。

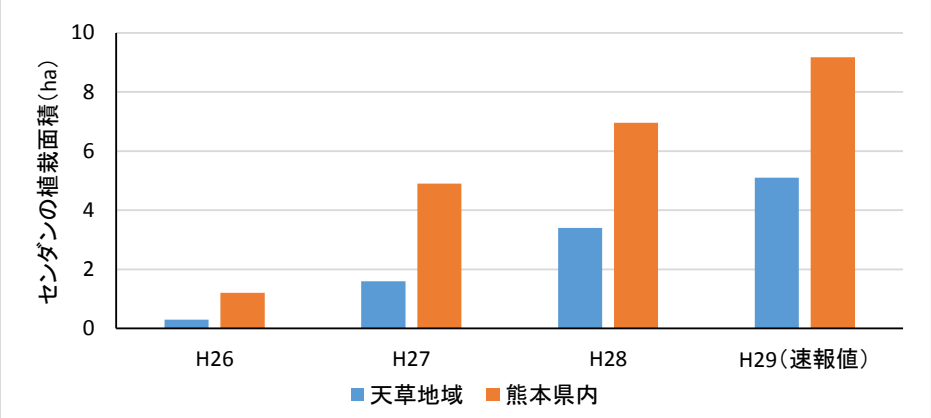


図 4-1 熊本県及び天草地域におけるセンダン植栽面積の経年変化

（データ提供：熊本県天草広域本部）

➢ 梅檀の未来研究会

・家具用材、内装材、合板、またパルプチップなど、木のフル活用を考えている。

・将来的にまとまったセンダンを供給していきたい。

・現在供給されているセンダンは全て天然木である。

・熊本県からは、補助金なしでも採算性が見込めるとの試算があった。

・県内外から講師のオファーがあり、センダンに対する関心は高まっていると感じる。

・大川家具にとどまらず、センダンを欲している人はいる。

➢ 丸仙工業株式会社

・硬すぎず軟らかすぎず加工ができ、節もなくデザイン性に優れている。

・反ってしまう課題があるため、しっかりと乾燥することが必要。

・イスなどの家具に加え、PLT（Plywood Laminated Timber）としてテーブルの天板などの住宅部材に利用。

➢　株式会社ウエキ産業

・「センダンは売れる」ということを広く知ってもらいたいため、最低でもチップ材以上の金額で購入。末口 40cm、4m の直材であれば約 4～5 万円／m^3。

・現在供給されているセンダンは全て天然木である。今後どのくらい増えていくかは未知数だが、潜在的需要はかなりある。

・現在、木材市場や自伐林家から仕入れている天然の原木 20m^3／月では全然足りていない。

➢　大川化粧合板工業協同組合

・突板としての需要は現時点で特にないが、今後、フローリング等で需要が出てくる可能性はある。

・針葉樹は軟らかくて傷つきやすいが、広葉樹は硬くて表面材に使うことができ、センダンのニーズはかなりあると感じている。

（2）センダン実態調査結果まとめ

① 植栽したセンダンの生産目標（用途、生産量等）

センダン研究の先進県である熊本県でも、試験研究以外でのセンダン植栽はここ数年で始まったところで（図 4-1）、まさにチャレンジし始めた段階である。このため、数値として生産目標は定められてはいないが、センダンの植栽と同時並行で普及・広報活動を進めており、植栽面積は年々増加傾向にあり、将来的には継続的に川下側からの需要に応じた供給をしていくことを目指している。用途については、家具用材、内装材、合板、またパルプチップなど、全ての部分を無駄なく効率的に活用することを考えていた。

② センダンの木材供給状況や収益性

現在供給されているセンダンは全て天然木であり、人工林からの供給はない。現在、木材市場や自伐林家が出している天然の原木は、最低でもチップ材以上の金額、末口 40cm、4m の直材であれば約 4～5 万円／m^3 程度で取引されている。また、収益性については、熊本県で補助金なしでも収益性が見込めるとの試算が出ている。

③ センダンの木材としての特性とニーズ

木材としての特性は、硬すぎず軟らかすぎず、また節もない点で針葉樹に勝っており、加工性やデザイン性にも優れている。

木材としてのニーズは、イスなどの家具に加え、テーブルの天板や住宅部材に利用されており、センダンの潜在的需要は非常に高い。

	
スギ（12mm）をセンダン（4mm）で挟んだ PLT	キッチン付属のテーブル

	
建材	突板

4.2. コウヨウザン

コウヨウザンの需要供給と収益性に関する実態調査結果を次に示す。

（1）ヒアリング対象者ごとの実態調査結果

➢ 三好産業株式会社

・チップ利用（バイオマスや製紙）を想定しているが、現時点で生産量は特に定めていない。

・志布志市・霧島市の分収造林地は間伐を 2 回行い、45 年伐期を計画。

・伊佐市の分収造林地は 15 年伐期で萌芽更新 2 回（3 回収穫）を計画。

・まだ植栽後間もないため供給には至っておらず、収益性についても試験的に植栽している状況であるため、まだ計算する段階ではない。

➢ 中国木材株式会社

・試験的に植栽した段階のため、現時点で生産目標はない。また、用途はバイオマス利用ではなく、主に住宅の構造材を考えている。但し、材質に問題がないかどうか慎重に見極める必要がある。

・まだ植栽後間もないため供給には至っておらず、収益性についても試験的に植栽している状況であるため、まだ計算する段階ではない。

➢ 林野庁四国森林管理局

・H30 年 1 月に間伐したコウヨウザンは四万十町森林組合の大正集成材工場へ約 10m^3 搬出。今後は未定。

・四万十町森林組合で現在、天板や机を作っている。今後の予定は特になし。

（2）コウヨウザン実態調査結果まとめ

① 植栽した早生樹の生産目標（用途、生産量等）

用途は、チップ利用または住宅の構造材と、ヒアリング先によって異なった。ただ、いずれの場合も、試験的に植栽をしている段階で、現時点で生産目標を定めるまでには至っていない。また、住宅の構造材については、材質に問題がないか懸念を示しており、今後の展開は未定である。

② 早生樹の木材供給状況や収益性

高知県土佐清水市で間伐されたコウヨウザンは集成材工場へ搬出され天板等に加工されていたが、それ以外は植栽後間もない段階で供給には至っていなかった。また、収益性についても試験的に植栽されている状況であるため、まだ計算する段階ではない状況であった。

③ 早生樹の木材としての特性とニーズ

住宅の構造材として使いたいというニーズがあったが、材質に懸念を示しており、今後のニーズについては不明である。なお、高知県土佐清水市で間伐されたコウヨウザンは天板や机に加工されている。

5. 平成 30 年度の実証的植栽及び生育状況等調査

実証的植栽の目的は、早生樹の利用が期待される地域において早生樹を植栽し、植栽後の生育状況や環境への影響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ものである。

スギやヒノキ等と違い、この事業で早生樹と目されるセンダン、コウヨウザンは、苗木の確保が課題であるが、センダンについては熊本県樹苗協同組合、コウヨウザンについては広島県樹苗農業協同組合から入手した。

また、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した。センダンについては、早生樹植栽に協力が得られた愛知県豊田市小渡町の民有地の耕作放棄地に設定した。コウヨウザンについては、気候の異なる地域を選定することとし、静岡県小山町の町有林伐採跡地と和歌山県西牟婁郡上富田町の民有林伐採跡地に設定した（表 5-1）。それぞれ概ね 0.5ha 以上の試験地を設定し、試験地内には 2 箇所以上のプロットを設置した。

実証植栽試験の基本的な設計は、センダンでは植栽立地環境の違いによる試験、コウヨウザンでは植栽苗の苗齢の違いによる試験とした。

センダンは前述の実態調査の通りニーズがあり、植栽面積も増加傾向にあるものの、どのような場所が適地かについての知見はまだ少ない。そのため、センダンの植栽地として注目されている耕作放棄地において、①畑跡地、②水田跡地（排水あり）、③水田跡地（排水なし）の 3 区分に分け、さらに③水田跡地（排水なし）については、水田内に植えられた個体と畦上に植えられた個体とを識別し、植栽立地環境の違いによって活着率にどのような違いが出るのかを調査する試験設計とした。

コウヨウザンについては、広島県で造林を推進する方向で各種施策を展開している。現在、コウヨウザン種苗の生産体制を整備中であり、1 年生苗や 2 年生苗の裸苗供給が可能となったところである。この実証的植栽においては、コウヨウザンの苗木の苗齢と、植栽・下刈り等の作業コストの関係や、生育状況とウサギ等による食害との関係を調査する試験設計とした。

5.1. 現地調査

植栽を実施するに当たり、地拵えや植栽等について所要人工数を日報により記録し、コスト分析をするものとした。

また、各植栽箇所については、今後継続的に植栽木の状況を把握するため、固定プロットを設置し現地調査を行った。調査は、1 調査地当たり、100 ㎡のプロット（方形）を 2 箇所以上設定し、植栽木の苗高、根元径、形状等を調査した。

表 5-1 に早生樹植栽実証地の一覧を、図 5-1 にその位置図を示した。

表 5-1 平成 30 年度早生樹新規植栽地一覧

No.	苗木種	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	センダン 裸苗	愛知県豊田市小渡町	豊田森林組合	1	400	0.42		168		熊本県より苗木を入手
2	コウヨウザン 裸苗	静岡県小山町	静東森林経営協同組合	1 2	1,600	0.25 0.25	0.50	400 400	800	広島県より苗木を入手
3	コウヨウザン 裸苗	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	0.50	400 400	800	〃

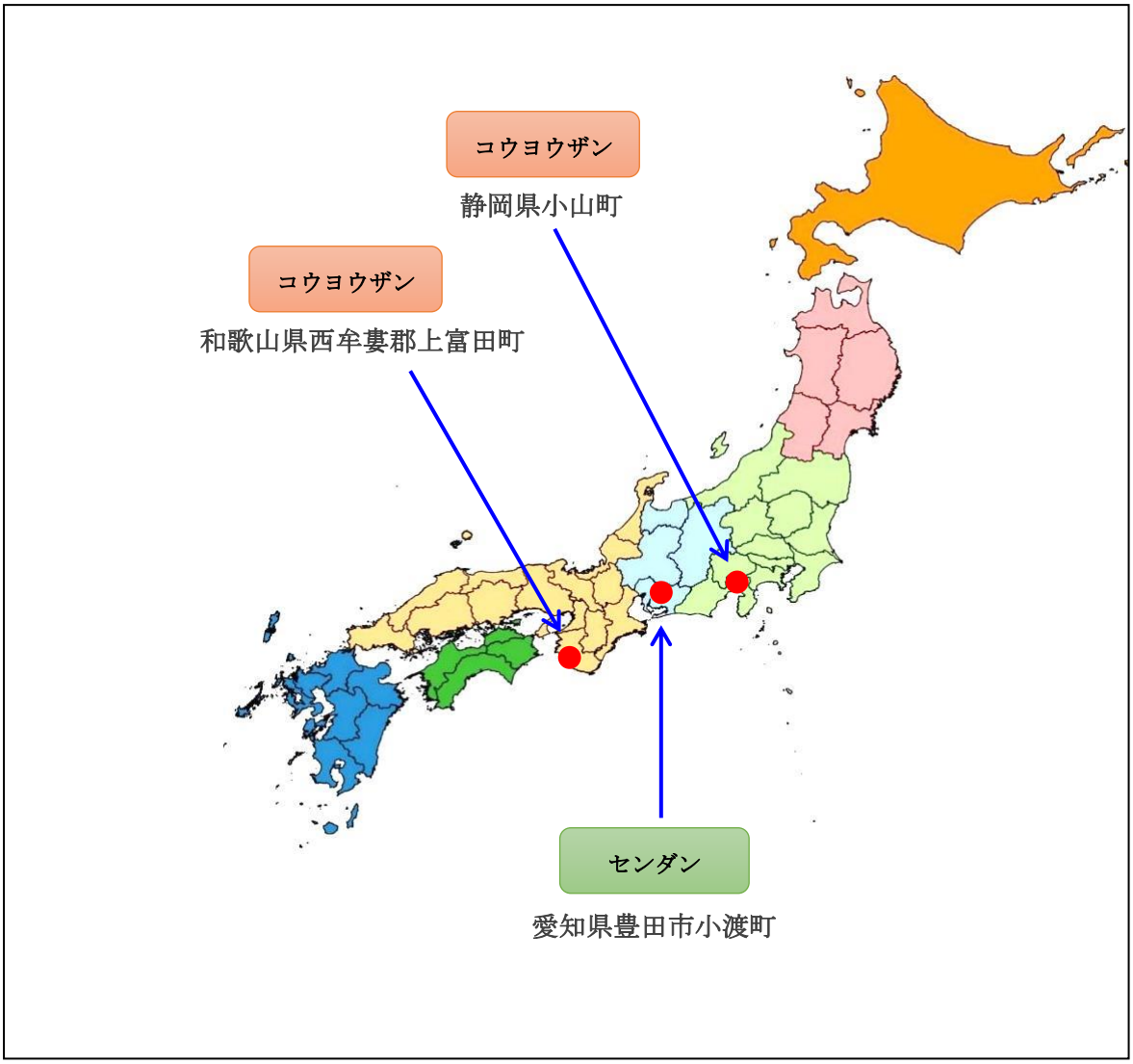
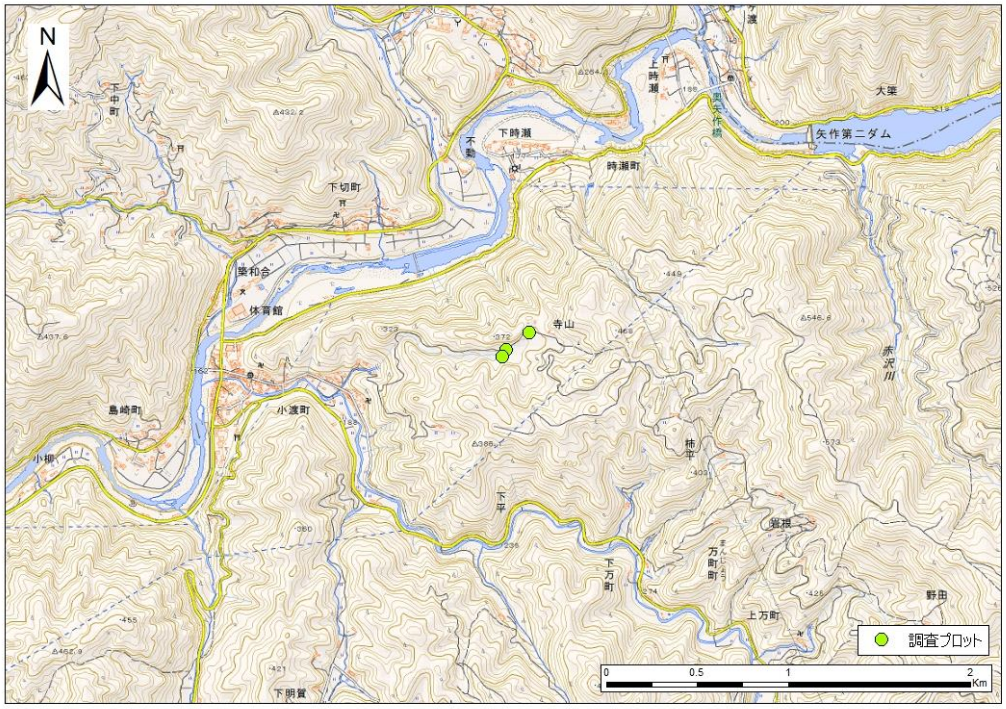


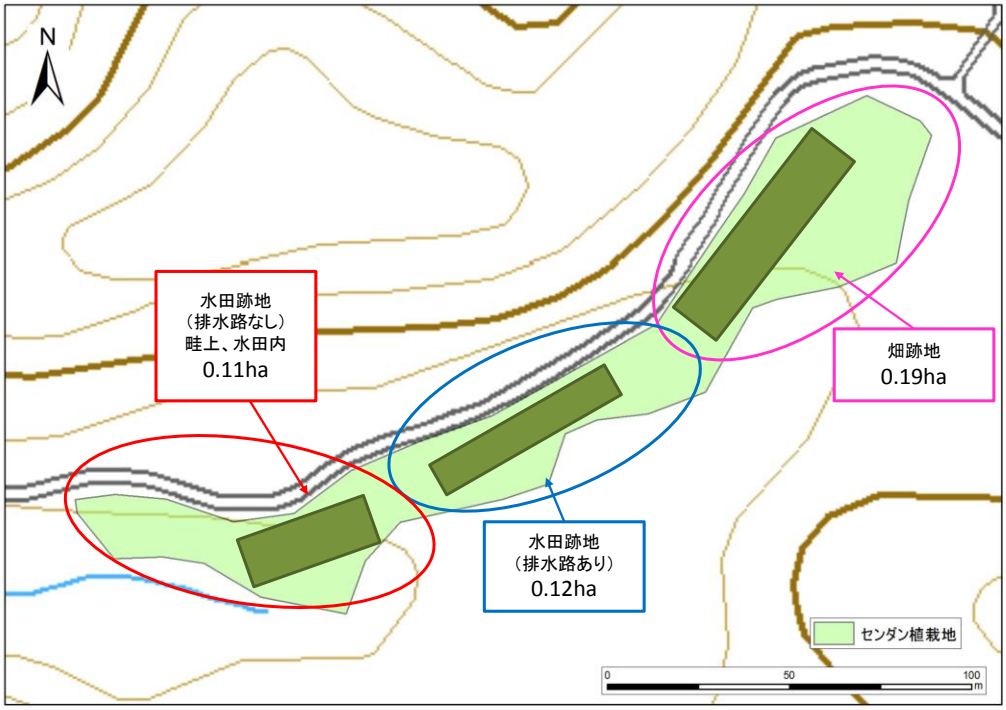
図 5-1 平成 30 年度早生樹新規植栽地位置

次頁より、各早生樹植栽実証地の概要、調査結果及び現地状況を示す。

5.1.1.　愛知県　豊田市小渡町（センダン）（No.1）

（1）位置図





（２）植栽地の概要

【前土地利用区分】水田、クワ畑

【備考】耕作をやめてから 20 年程度経過

実証試験地	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（排水あり）	水田跡地（排水なし）	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	14.8℃（平均気温）/　1451.4mm（年降水量）　（平年値、豊田市）			
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 年 12 月 19,20 日			

本実証地は、耕作放棄地において非農地通知を得てセンダン植栽を実施した場所である。①畑跡地、②水田跡地（排水あり）、③水田跡地（排水なし）の３区分に分け、さらに③水田跡地（排水なし）については、水田内に植えられた個体と畦上に植えられた個体とを識別し、調査結果を別々にまとめた。

（３）調査プロット概要

試験処理区	プロット No.	プロット面積	調査本数	備　考
畑跡地	No.1	0.09ha	40 本	
水田跡地（排水あり）	No.2	0.08ha	35 本	
水田跡地（排水なし）	No.3	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	

（4）植栽苗の形状

各試験処理区に植栽されたセンダンの根元径及び樹高のサイズ初期値はほぼ同一であった（表 5-2、図 5-2～5-4）。

表 5-2 愛知県豊田市小渡町の調査データ（平成 30 年 12 月 27 日実施）

試験処理区（立地環境）		測定項目	平均	標準偏差
畑跡地（合計 40 本）		根元径（cm）	1.1	0.2
		樹高（cm）	123.3	13.6
		形状比	115	15
水田跡地（排水あり）（合計 35 本）		根元径（cm）	1.0	0.2
		樹高（cm）	126.8	16.7
		形状比	127	17
水田跡地（排水なし）（合計 31 本）	畦上（15 本）	根元径（cm）	1.1	0.2
		樹高（cm）	124.1	20.4
		形状比	117	21
	水田内（16 本）	根元径（cm）	1.1	0.2
		樹高（cm）	125.1	11.3
		形状比	115	16

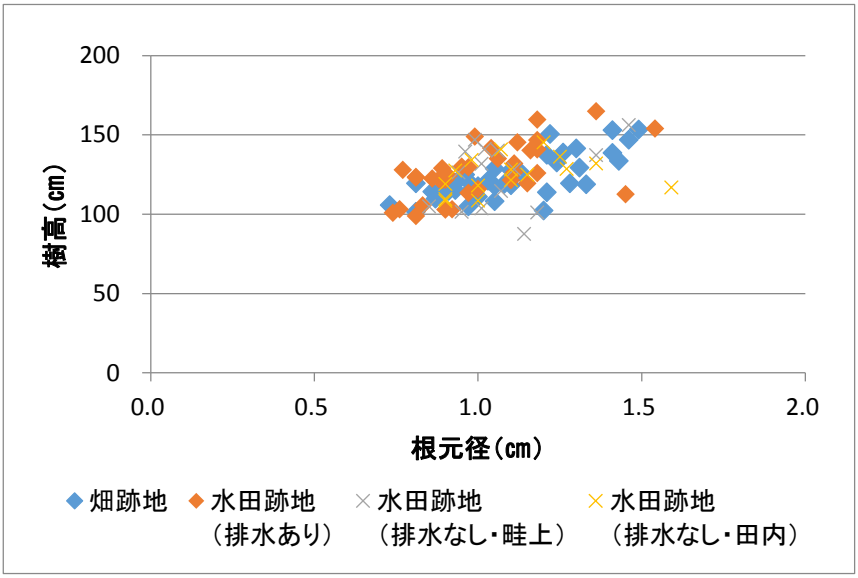


図 5-2 愛知県豊田市に植栽したセンダンの形状

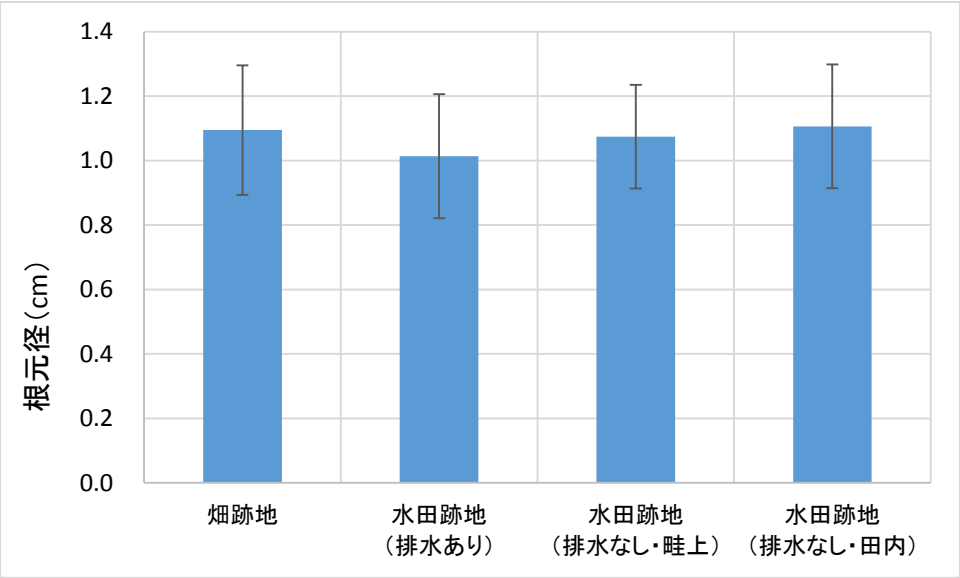


図 5-3 愛知県豊田市に植栽したセンダンの初期データ・立地別（根元径）

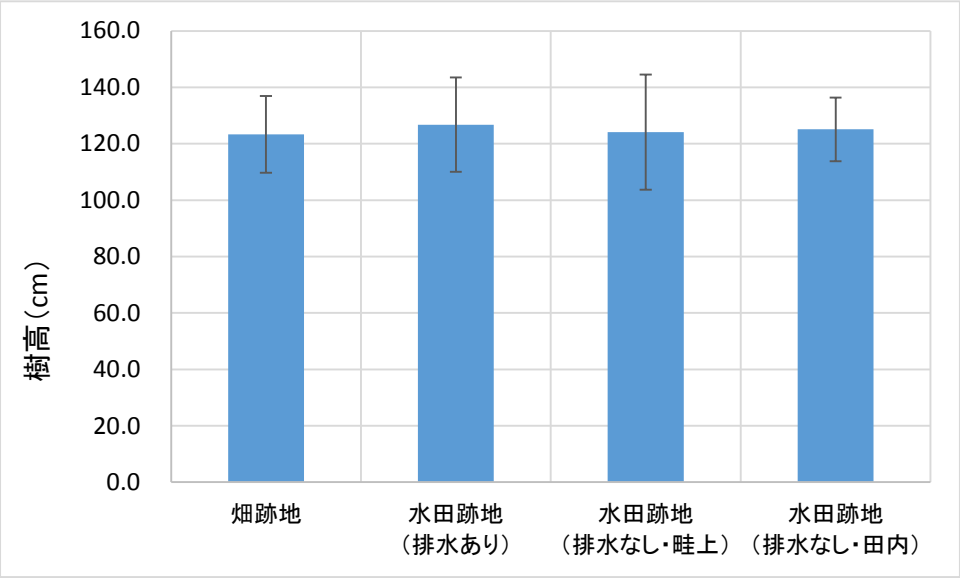


図 5-4 愛知県豊田市に植栽したセンダンの初期データ・立地別（樹高）

（5）植栽コスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 5-3 に示す。

表 5-3 地拵え～植栽までにかかった経費

項目	400 本/ha				
	量		単価（円）	経費（円）	備考
地拵え	1	ha	685,714	685,714	地拵えには刈払いを含む（機械による）
苗木	400	本	110	44,000	
植栽	400	本	140	56,000	
計	1	ha	－	785,714	

比較のために、愛知県の標準単価表を基にスギ・ヒノキ及びクヌギ・コナラのコストを整理した（表 5-4）。センダンはケヤキの代替材と言われているが、愛知県ではケヤキの標準単価はなく、広葉樹はクヌギ・コナラとして単価を出している。また、植栽本数はスギ・ヒノキが最低 1,000 本/ha～、クヌギ・コナラが最低 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。

なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

今回植栽した愛知県豊田市小渡町では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等により、地拵えに多くの経費がかかっている。一方、植栽本数は 400 本/ha と少なく、植栽にかかる経費は抑えられていた。

表 5-4 愛知県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	地拵え（人力＋機械）	植栽（苗木代含む）	合計	合計：参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円/ha	円/ha	円	円
スギ・ヒノキ	1,000～1,249	384,000	208,000	592,000	（550,698）
スギ・ヒノキ	1,750～2,249		416,000	800,000	（744,186）
クヌギ・コナラ	1,750～2,249		341,000	725,000	（674,419）

（6）生産性

地拵え及び植栽にかかる生産性を表 5-5 に示す。

前述のとおり、本実証地は成長したクワの木の伐採や水田跡地に排水路を作設する必要があり、枝条整理以上の作業が伴ったことで、地拵えの生産性は低かった。

また、植栽生産性については、センダンは苗長が長いことと植栽のための穴を深く掘らなければならないことにより、43 本/人日という生産性となった。平坦地で昨年度の実証地である熊本県天草市（39 本/人日）とほぼ同等の生産性であった。

表 5-5 地拵え及び植栽にかかる生産性

<table>
<tr><th rowspan="2">地域</th><th rowspan="2">面積
（ha）</th><th rowspan="2">傾斜
（°）</th><th colspan="5">地拵え</th></tr>
<tr><th colspan="2">地拵え総人工数
（人工）</th><th colspan="2">地拵え生産性
（人日/ha）</th><th>地拵え
種類</th></tr>
<tr><td rowspan="4">愛知県</td><td rowspan="4">0.42</td><td rowspan="4">0</td><td colspan="2">8.4</td><td colspan="2">20</td><td>機械</td></tr>
<tr><td colspan="5">植栽</td></tr>
<tr><td>植栽総人工数
（人工）</td><td>植栽本数
（本）</td><td>植栽面積
（ha）</td><td>植栽生産性
（本/人日）</td><td rowspan="2">植栽器具</td></tr>
<tr><td>3.9</td><td>168</td><td>0.42</td><td>43</td><td>唐グワ</td></tr>
</table>

（注 1）1 日当たり作業時間は 7.5 時間で算出

（注 2）作業日報とヒアリングを基に整理

（7）現地写真

	
地拵え前	地拵え中

	
刈り払い	獣害防止柵の設置

	
植栽	植栽完了

プロット No.1（畑跡地）

プロット No.2（水田跡地：排水あり）

プロット No.2 の排水路

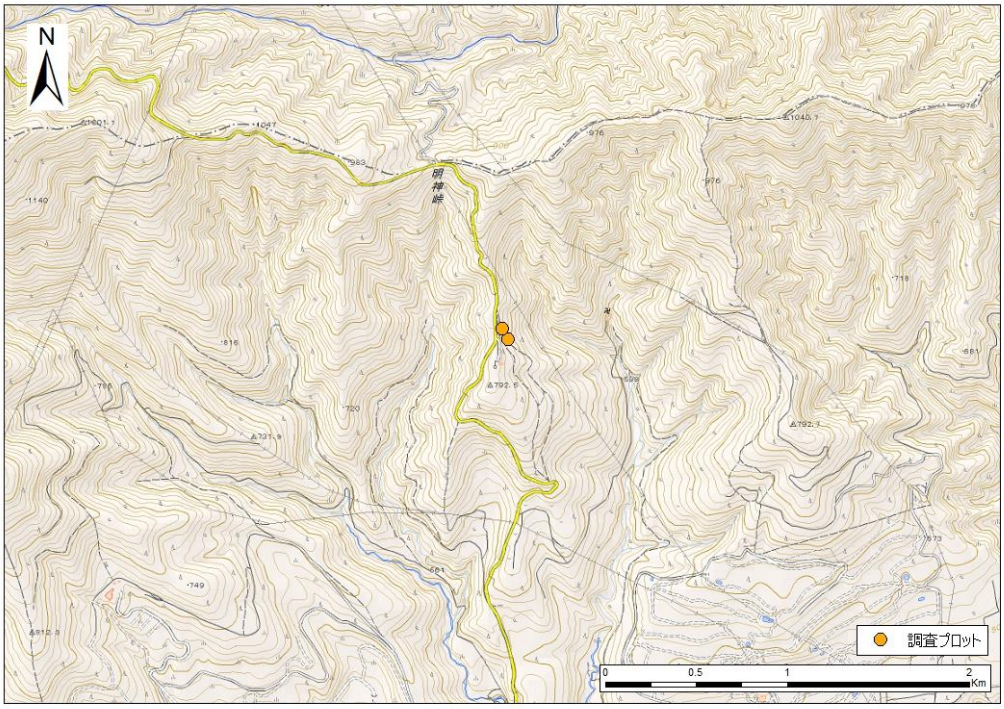
プロット No.3（水田跡地：排水なし）

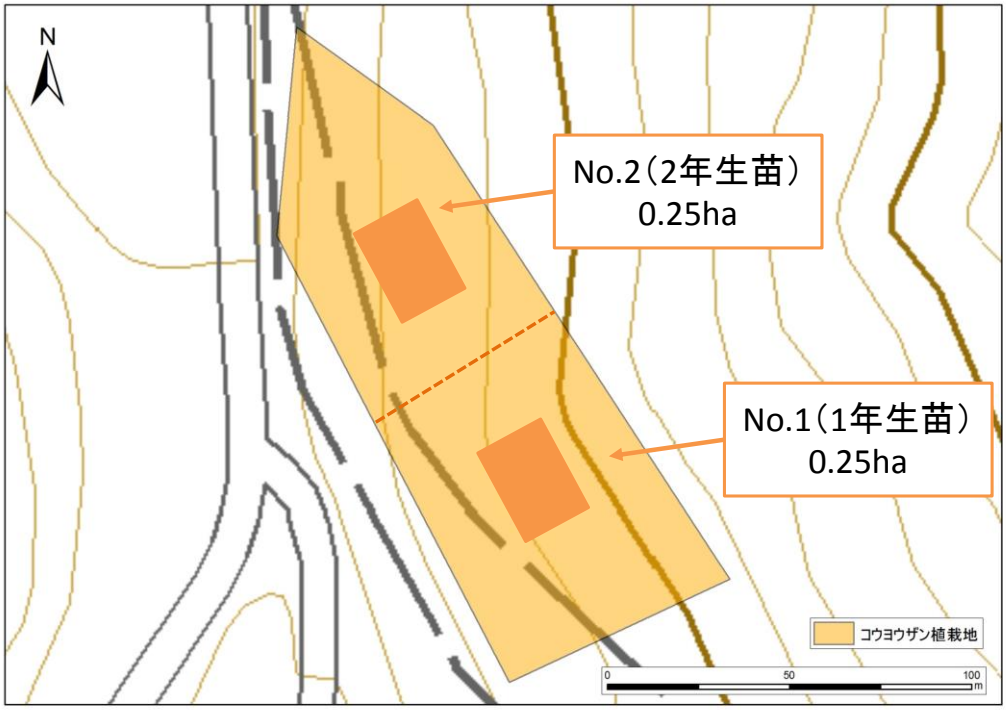
プロット No.3（畦上）

プロット No.3（水田内）

5.1.2.　静岡県　小山町（コウヨウザン）（No.2）

（1）位置図





（２）植栽地の概要

【前生林】ヒノキ

【前生林の林齢】49 年生

【伐採】平成 30 年 5 月～8 月

【前生林分の蓄積量】1231.48m^3*

*本実証地を含む全地域（3.77ha）の伐採前に調査し算出された、当該地域内の蓄積量

実証試験地	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	12.8℃（平均気温）/　2819.1mm（年降水量）　（平年値、御殿場）		
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 （N35° 23.574′、E138° 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 年 10 月 29,30 日		

（３）調査プロット概要

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	25.0×9.0m	37 本	
2 年生苗	No.1	25.0×9.0m	34 本	
合計			71 本	

（4）植栽苗の形状

植栽苗の形状は、1 年生苗が根元径 0.4cm±0.1、樹高 20.9cm±3.1、2 年生苗がそれぞれ 0.6cm±0.1、43.3cm±7.5 だった（表 5-6、図 5-5～5-7）。

表 5-6 静岡県小山町の調査データ（平成 30 年 11 月 5 日実施）

試験処理区（苗齢）	測定項目	平均	標準偏差
1 年生苗（合計 37 本）	根元径（cm）	0.4	0.1
	樹高（cm）	20.9	3.1
	形状比	50	10
2 年生苗（合計 34 本）	根元径（cm）	0.6	0.1
	樹高（cm）	43.3	7.5
	形状比	67	10

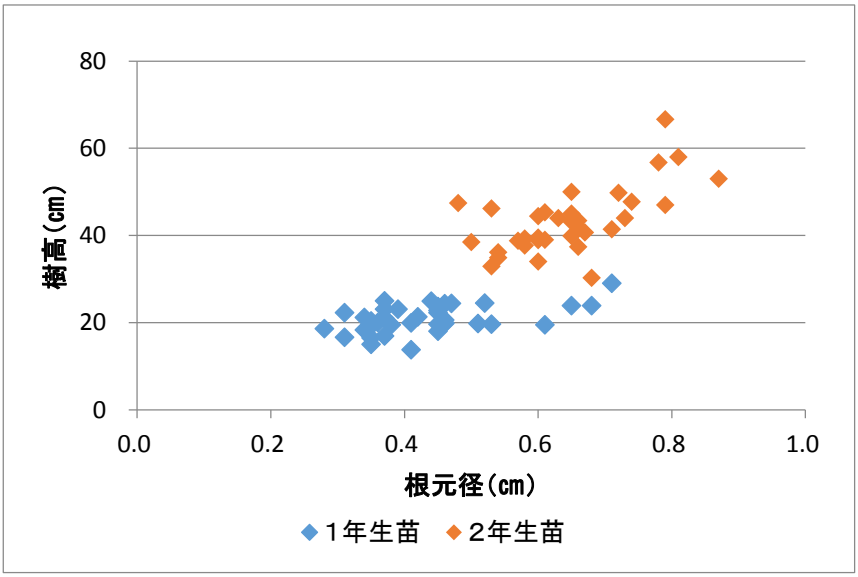


図 5-5 静岡県小山町に植栽したコウヨウザンの形状

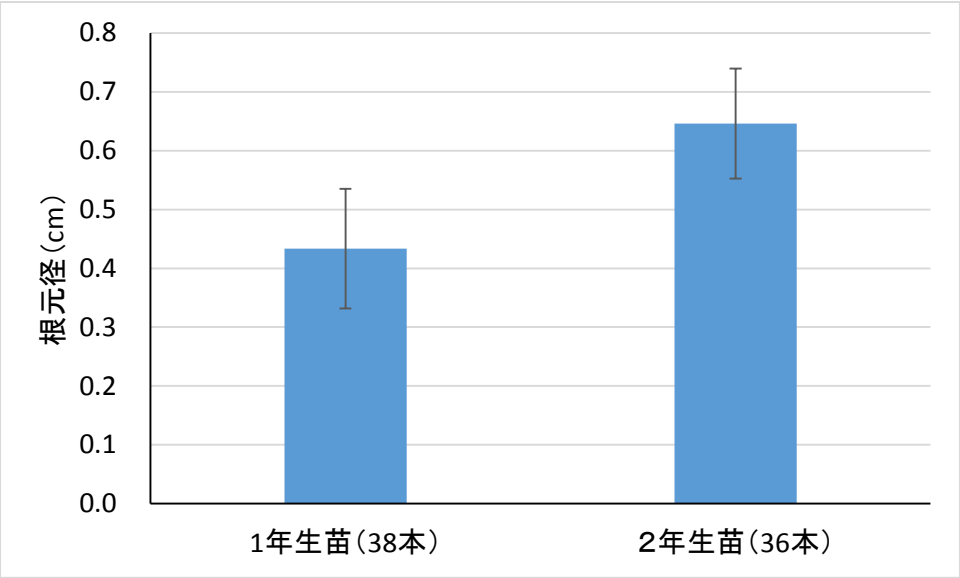


図 5-6 静岡県小山町に植栽したコウヨウザンの初期データ・苗齢別（根元径）

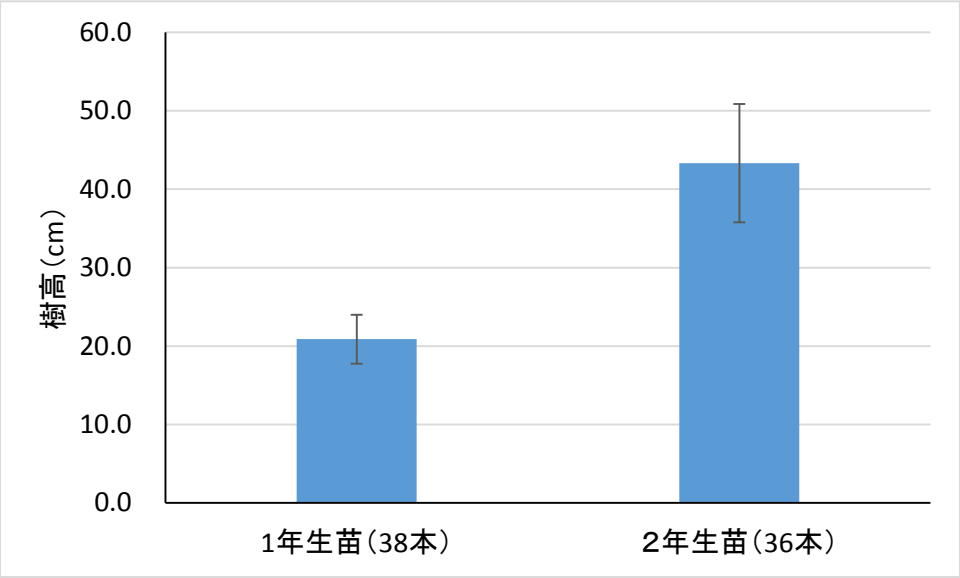


図 5-7 静岡県小山町に植栽したコウヨウザンの初期データ・苗齢別（樹高）

（5）作業人工

植栽時に、植栽時間を記録し、苗齢による作業人工数の違いを調査した。

植栽にかかった人工数は、1 年生苗が 2 年生苗に比べて多少上回ったものの、大きな差異は見られなかった（表 5-7、図 5-8）。現場からも、「1 年生苗と 2 年生苗で大きさに違いがあったが、植栽作業に影響を及ぼすほどの違いではなかった」との声が聞かれている。

来年度、当該地において下刈り作業にかかる人工数を把握し、植栽コストと合わせてトータルコストを分析し、その上で苗齢の違いを評価する必要がある。

表 5-7 コウヨウザン植栽にかかった人工数（苗齢別）

苗齢	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	0.25	2.1	8.4
2 年生	0.25	1.9	7.7

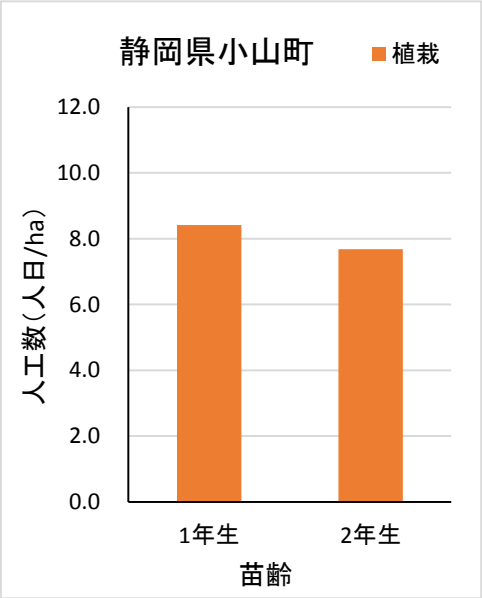


図 5-8 コウヨウザン植栽にかかった人工数（苗齢別）

（6）植栽コスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 5-8 に示す。

1 年生苗と 2 年生苗で植栽にかかる経費に大きな差異は見られなかったが、苗木の単価が 2 年生苗の方が高かったため、地拵え～植栽までにかかった経費は 1 年生苗よりも 2 年生苗の方が多くかかった。

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（1.1 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。

表 5-8 地拵え～植栽までにかかった経費

項目	1 年生苗木					2 年生苗木				
	量		単価(円)	経費(円)	備考	量		単価(円)	経費(円)	備考
地拵え	1	ha	204,100	204,100	地拵えは人力(草刈り機)	1	ha	204,100	204,100	地拵えは人力(草刈り機)
苗木	1,600	本	77	123,200		1,600	本	166	265,600	
植栽	1,600	本	87	138,919		1,600	本	79	126,681	
計	1	ha	－	466,219		1	ha	－	596,381	

比較のために、静岡県の標準単価表を基にスギ（普通苗）及びケヤキのコストを整理した（表 5-9）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

スギ（普通苗）の標準単価と比較し、本実証地の 1 年生苗は同程度のコストであったが、2 年生苗は苗木の単価が高かった分、より多くのコストがかかった。

なお、本実証地では獣害対策として防護柵を設置した。防護柵は 400m 設置し、195,200 円の事業費と、390,000 円の資材費が発生した。設置には 9.9 人日を要した。

表 5-9 静岡県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	苗木	植栽（苗木代・地拵え含む）	合計	合計:参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円	円/ha	円	円
スギ(普通苗)	1,000～1,999 本	103	464,000	464,000	(431,628)
スギ(普通苗)	3,000 本以上	103	887,000	887,000	(825,116)
ケヤキ	1,600 本	120	546,000	546,000	(507,907)

（7）生産性

地拵え及び植栽にかかる生産性を表 5-10 に示す。

本実証地は、傾斜地であるが、植栽時に作業が軽減されるよう、伐採時にある程度枝条等を作業道沿いに寄せていたため、今回の地拵えとしては多少の草刈りと枝条整理のみであったことが、地拵えの生産性が高かった理由として考えられる。

昨年度の実証植栽地である富山県、広島県、宮崎県でそれぞれ地拵えに係った人工は 26.8 人日/ha、4.7 人日/ha、14.9 人日/ha であり、概ね整地されていた広島県に次いで生産性が高い結果となった。

また、植栽生産性については、林野庁参考値の 244 本/人日（裸苗）と比較し、少し低い結果となった。コウヨウザンの植栽に慣れていなかったことが要因の一つと考えられる。

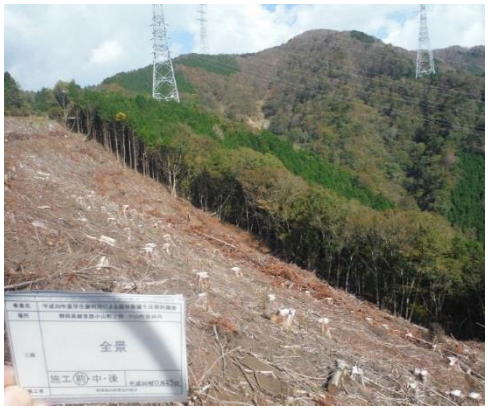
表 5-10 地拵え及び植栽にかかる生産性

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
静岡県	0.50	28	3.6		7.2		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
			4.0	800	0.5	200	唐グワ

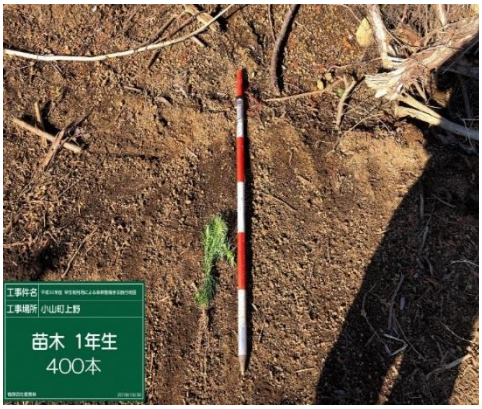
（注 1）1 日の作業時間は 7.5 時間で算出

（注 2）作業日報とヒアリングを基に整理

（8）現地写真

	
実証試験地_遠景（地拵え・柵設置前）	実証試験地_遠景（地拵え・柵設置後）

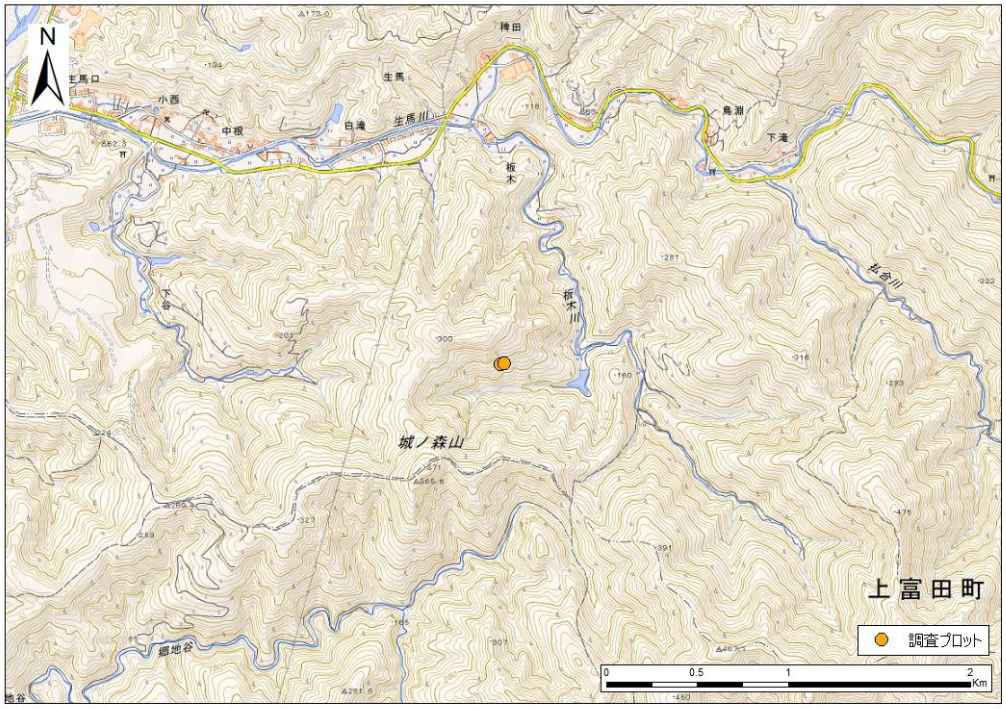
	
シカ柵の設置	コウヨウザンの植栽

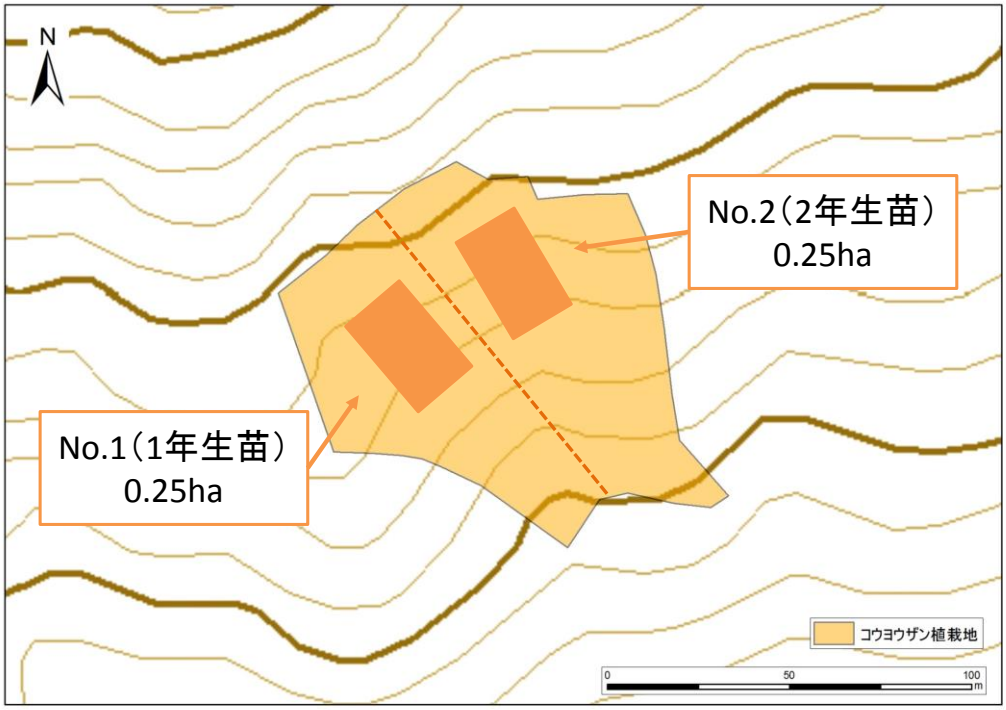
	
植栽木（1 年生苗）	植栽木（2 年生苗）

	
植栽後（1 年生苗）	植栽後（2 年生苗）
	
調査プロットの設定（1 年生苗）	調査プロット内の植栽木（1 年生苗）
	
調査プロットの設定（2 年生苗）	調査プロット内の植栽木（2 年生苗）

5.1.3.　和歌山県　西牟婁郡上富田町（コウヨウザン）（No.3）

（1）位置図





（２）植栽地の概要

【前生林】スギ

【前生林の林齢】53 年生

【伐採】平成 30 年 3 月～4 月

【前生林分の蓄積量】440m³/ha

実証試験地	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	14.5℃（平均気温）/　2399.6mm（年降水量）　（平年値、栗栖川）		
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 年 11 月 29 日		

（３）調査プロット概要

試験処理区	プロット No.	プロット形	調査本数	備　考
斜面中部	No.1	12.9×19.8m	38 本	
斜面上部	No.2	（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。
合計			74 本	

（4）植栽苗の形状

植栽苗の形状は、1 年生苗が根元径 0.4cm±0.1、樹高 18.8cm±4.0、2 年生苗がそれぞれ 0.8cm±0.2、45.0cm±8.2 だった（表 5-11、図 5-9～5-11）。

表 5-11 和歌山県西牟婁郡上富田町の調査データ（平成 30 年 12 月 6 日実施）

試験処理区（苗齢）	測定項目	平均	標準偏差
1 年生苗（合計 38 本）	根元径（cm）	0.4	0.1
	樹高（cm）	18.8	4.0
	形状比	46	15
2 年生苗（合計 36 本）	根元径（cm）	0.8	0.2
	樹高（cm）	45.0	8.2
	形状比	59	9

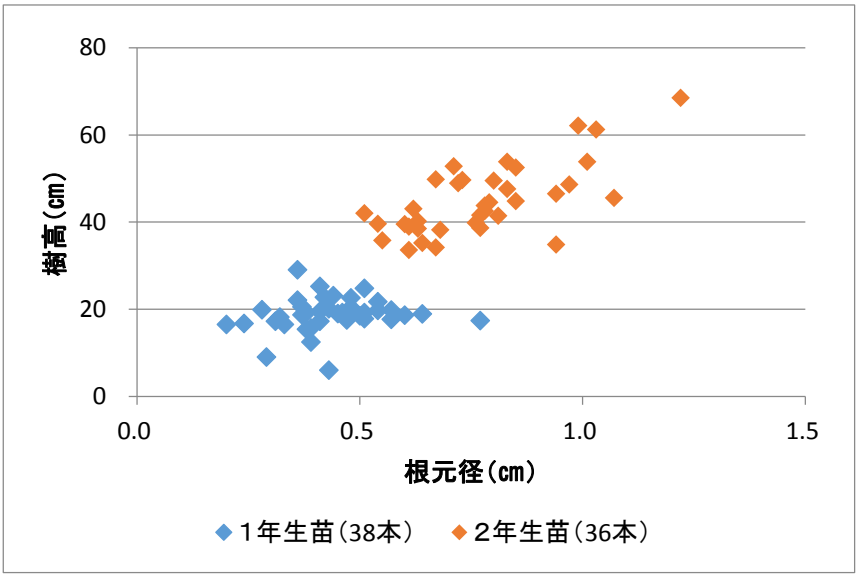


図 5-9 和歌山県西牟婁郡上富田町に植栽したコウヨウザンの形状

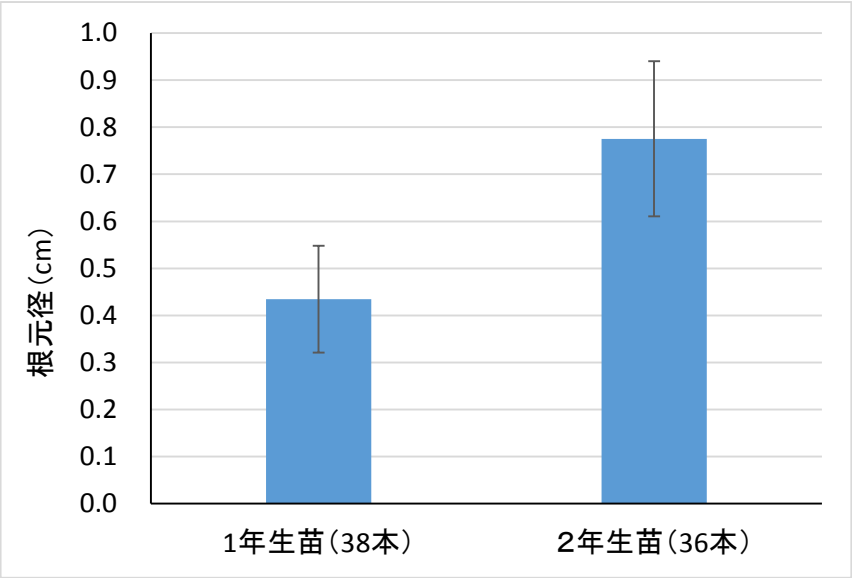


図 5-10 和歌山県西牟婁郡上富田町に植栽したコウヨウザンの初期データ・苗齢別（根元径）

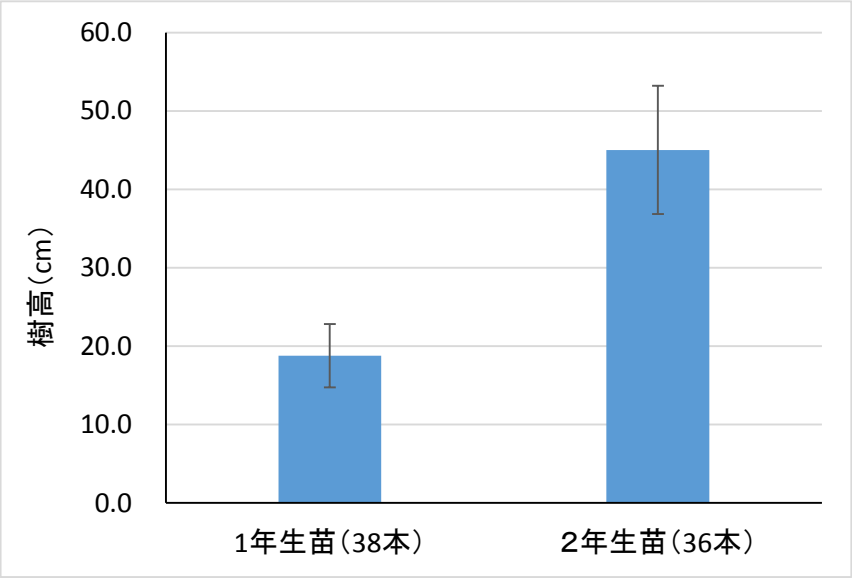


図 5-11 和歌山県西牟婁郡上富田町に植栽したコウヨウザンの初期データ・苗齢別（樹高）

（5）作業人工

植栽時に、植栽時間を記録し、苗齢による作業人工数の違いを調査した。

植栽にかかった人工数は、1 年生苗と 2 年生苗でほぼ同等であった（表 5-12、図 5-12）。現場からは、「1 年生苗と 2 年生苗で植栽のやり易さに違いはなかった。強いて言うならば、1 年生は小さく見えにくいため、植栽木の列や植栽間隔が分かりづらい点があり、2 年生苗は根が大きいため穴を掘るのに少し手間がかかった」との声が聞かれた。

来年度、当該地において下刈り作業にかかる人工数を把握し、植栽コストと合わせてトータルコストを分析する必要がある。

表 5-12 コウヨウザン植栽にかかった人工数（苗齢別）

苗齢	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	0.25	2.1	8.4
2 年生	0.25	1.9	7.7

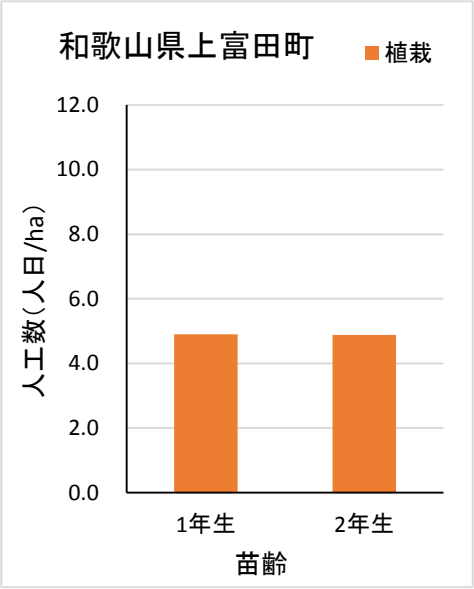


図 5-12 コウヨウザン植栽にかかった人工数（苗齢別）

（6）植栽コスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 5-13 に示す。

前述の静岡県の事例と同様、1 年生苗と 2 年生苗で植栽にかかる経費に大きな差異は見られなかったが、苗木の単価が 2 年生苗の方が高かったため、地拵え～植栽までにかかった経費は 1 年生苗よりも 2 年生苗の方が多くかかった。

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（1.003 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。

表 5-13 地拵え～植栽までにかかった経費

項目	1 年生苗木					2 年生苗木				
	量		単価(円)	経費(円)	備考	量		単価(円)	経費(円)	備考
地拵え	1	ha	280,000	280,000	地拵えは人力(草刈り機)	1	ha	280,000	280,000	地拵えは人力(草刈り機)
苗木	1,600	本	77	123,200		1,600	本	166	265,600	
植栽	1,600	本	100	160,218		1,600	本	100	159,782	
計	1	ha	－	563,418		1	ha	－	705,382	

比較のために、和歌山県の標準単価表を基にスギ（普通苗）及びケヤキのコストを整理した（表 5-14）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

スギ（普通苗）の標準単価と比較し、本実証地の 1 年生苗は同程度のコストであったが、2 年生苗は苗木の単価が高かった分、より多くのコストがかかった。これは前述の静岡県と同様の結果である。

なお、本実証地では獣害対策として防護柵を設置した。防護柵は 300m 設置し、105,000 円の事業費と、210,520 円の資材費が発生した。設置には 4.8 人日を要した。

表 5-14 和歌山県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	地拵え	苗木	植栽(苗木代・地拵え含む)	合計	合計:参考値(共通仮設費除く)
	本/ha	円/ha	円	円/ha	円	円
スギ(普通苗)	1,500～1,999 本	309,900	98	605,200	605,200	(562,977)
スギ(普通苗)	3,000～3,500 本		98	900,300	900,300	(837,488)
ケヤキ	1,500～1,999 本		400	1,092,200	1,092,200	(1,016,000)

（7）生産性

地拵え及び植栽にかかる生産性を表 5-15 に示す。

本実証地は、傾斜地であり歩道を作る必要があり、また枝条も多く整理に時間を要したことが、今年度の実証植栽地である静岡県と比較して地拵えの生産性が低かった理由として考えられる。

昨年度の実証植栽地である富山県、広島県、宮崎県でそれぞれ地拵えに係った人工は 26.8 人日/ha、4.7 人日/ha、14.9 人日/ha であり、傾斜地で、かつ末木枝条が多く残っていた富山県に次いで生産性は低い結果となった。

また、植栽生産性については、林野庁参考値の 244 本/人日（裸苗）と比較し、少し高い結果となった。地拵えの際、枝条整理とともに歩道を整理したことが高い生産性につながった要因の一つと考えられる。

表 5-15 地拵え及び植栽にかかる生産性

<table>
<tr><th rowspan="2">地域</th><th rowspan="2">面積
（ha）</th><th rowspan="2">傾斜
（°）</th><th colspan="5">地拵え</th></tr>
<tr><th colspan="2">地拵え総人工数
（人工）</th><th colspan="2">地拵え生産性
（人日/ha）</th><th>地拵え
種類</th></tr>
<tr><td rowspan="4">宮崎県</td><td rowspan="4">0.51</td><td rowspan="4">27-34</td><td colspan="2">8.8</td><td colspan="2">17.6</td><td>人力</td></tr>
<tr><td colspan="5">植栽</td></tr>
<tr><td>植栽総人工数
（人工）</td><td>植栽本数
（本）</td><td>植栽面積
（ha）</td><td>植栽生産性
（本/人日）</td><td rowspan="2">植栽器具</td></tr>
<tr><td>2.8</td><td>800</td><td>0.5</td><td>286</td><td>唐グワ</td></tr>
</table>

（注 1）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

（8）現地写真

実証試験地_遠景（地拵え前）

実証試験地_遠景（地拵え後）

シカ柵の設置

コウヨウザンの植栽

植栽木（1 年生苗）

植栽木（2 年生苗）

	
植栽後（1 年生苗）	植栽後（2 年生苗）

	
調査プロットの設定（1 年生苗）	調査プロット内の植栽木（1 年生苗）

	
調査プロットの設定（2 年生苗）	調査プロット内の植栽木（2 年生苗）

5.2. 全体のまとめ

昨年度に引き続き本年度も、所有者から早生樹植栽の理解を得られたことにより実証植栽地を設けることができ、早生樹利用に対して前向きな理解が進んでいると思われる。また、昨年度の熊本県天草市、本年度の愛知県豊田市においては、各県の助力もあり、耕作放棄地へのセンダン植栽が実現し、耕作放棄地利用推進の一歩となった。

本年度は、センダンを 1 箇所（愛知県）、コウヨウザンを 2 箇所（静岡県、和歌山県）に植栽し、植栽木の初期データ（形状）及び生産性、コストについて調査を実施した。その結果について次に示す。

5.2.1. 苗木の特性

平成 30 年度の植栽地は、仕様書の内容を基に、4 樹種の中から植栽が可能であったセンダンとコウヨウザンを選定した。ヤナギ類及びチャンチンモドキについては、苗木の手配が困難であり、また検討委員からも、樹種の幅を広げるのではなく、昨年度植栽を行ったセンダンとコウヨウザンについてさらに調査を進めていくべきとの意見があり、植栽の対象樹種から外した。

植栽した苗木の形状について図 5-13、表 5-16 に示す。

➢ センダンの植栽木について

センダンの植栽木は、昨年度と同様、全て熊本県樹苗協同組合より手配した。根元径は平均 1.1cm で、樹高は平均 124.8cm であった。形状比は平均 120 であったが、低密度（400 本/ha）での植栽により、今後肥大成長すると考えられる。また、センダンの初期保育にとって重要な「芽かき」を適期に実施する必要がある。

➢ コウヨウザンの植栽木について

コウヨウザンの植栽木は、全て広島県樹苗農業協同組合より手配した。根元径は、1 年生平均 0.4 ㎝、2 年生平均 0.7 ㎝、樹高は 1 年生平均 19.8 ㎝、2 年生平均 44.2 ㎝、形状比は、1 年生平均 48、2 年生平均 63 であり、センダンに比べて、形状比が低い傾向にあった。

➢ 両植栽木について

センダン及びコウヨウザンは、それぞれを全て同一の事業者より手配しており、形状に大きな差はなかった。そのため、今後の成長については、植栽地の地理的条件（斜面方位や土壌条件、気象条件等）や病虫獣害、植栽密度の影響により差が出てくると考えられる。

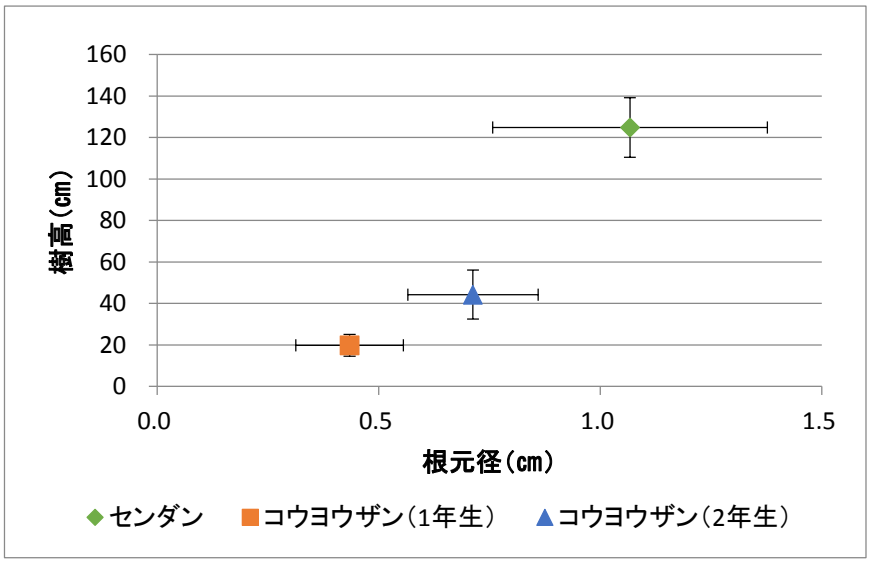


図 5-13 植栽木の形状（平均）

表 5-16 植栽木の形状

	センダン(106 本)		
	根元径(cm)	樹高(cm)	形状比
平均	1.1	124.8	120
標準偏差	0.2	15.3	18
最大	1.6	165.0	166
最小	0.7	87.7	74
	コウヨウザン		
	1 年生(75 本)		
	根元径(cm)	樹高(cm)	形状比
平均	0.4	19.8	48
標準偏差	0.1	3.8	13
最大	0.8	29.0	83
最小	0.2	6.0	14
	2 年生(70 本)		
	根元径(cm)	樹高(cm)	形状比
平均	0.7	44.2	63
標準偏差	0.1	7.9	10
最大	1.2	68.5	99
最小	0.5	30.3	37

5.2.2.　植栽作業等の生産性

全実証地の植栽作業等の生産性を表 5-17 に示した。

今年度、愛知県と和歌山県で地拵えに多くの人工を要した。愛知県の植栽地は、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より多くの時間を要した理由と考えられる。また、和歌山県の植栽地は傾斜地であり、歩道を作る必要があり、また枝条も多く整理に時間を要したことが理由として考えられる。静岡県の植栽地は傾斜地であるが、概ね整地された箇所での地拵えであり、多少の草刈りと枝条整理のみであったことが、地拵えの生産性が高かった理由と考えられる。

また、コウヨウザンに比べてセンダンの植栽生産性が著しく低いのは、センダンの植穴は大きく深く掘削しなければいけないことが要因と考えられる。

表 5-17 植栽作業等の生産性一覧（平成 30 年度新規植栽地）

地域	樹種	面積（ha）	傾斜（°）	地拵え			植栽				
				総人工数（人工）	生産性（人日/ha）	種類	総人工数（人工）	本数（本）	面積（ha）	生産性（本/人日）	使用器具
愛知県	センダン	0.42	0	8.4	20.0	機械	3.9	168	0.42	43	唐グワ
静岡県	コウヨウザン	0.5	28	3.6	7.2	人力	4.0	800	0.50	200	唐グワ
和歌山県	コウヨウザン	0.5	32−37	8.8	17.6	人力	2.8	800	0.50	286	唐グワ

5.2.3. 植栽作業等のコスト

センダン及びコウヨウザンにおける植栽作業等コスト一覧を表 5-18、5-19 に示す。

最もコストが高かったのは、愛知県であり、機械による地拵え（残木処理）に多くの経費がかかったことが要因と考えられる。

またコウヨウザンについては、静岡県及び和歌山県の両区で 1 年生苗よりも 2 年生苗の方がより多くのコストがかかる結果となった。これは、苗木の単価が 2 年生苗の方が高かったためである。

なお、地拵えと植栽以外に、シカやウサギなどの獣害対策として、3 地域全てにおいて防護柵を設置したが、地域により諸経費（間接費や資材費）などに差があるため、表 5-18～5-19 では地拵え・苗木代・植栽費の 3 工程のみのコストを算出している。

表 5-18 植栽作業等コスト一覧（センダン）

No.	地域	樹種	規格	植栽密度 400本/ha	内訳				
					数量	単位	単価(円)	経費(円)	備考
1	愛知県豊田市	センダン	裸苗	地拵え(円/ha)	1	ha	685,714	685,714	地拵えは機械
				苗木(円/本)	400	本	110	44,000	
				植栽(円/本)	400	本	140	56,000	
				計	1	ha	－	785,714	

表 5-19 植栽作業等コスト一覧（コウヨウザン）

No.	地域	樹種	規格	1年生苗	内訳					2年生苗	内訳					②-①の金額差(円)
					数量	単位	単価(円)	経費(円)	備考		数量	単位	単価(円)	経費(円)	備考	
2	静岡県小山町	コウヨウザン	裸苗	地拵え(円/ha)	1	ha	204,100	204,100	地拵えは人力	地拵え(円/ha)	1	ha	204,100	204,100	地拵えは人力	130,162
				苗木(円/本):1年生	1,600	本	77	123,200		苗木(円/本):2年生	1,600	本	166	265,600		
				植栽(円/本)	1,600	本	87	138,919		植栽(円/本)	1,600	本	79	126,681		
				計	1	ha	－	466,219		計	1	ha	－	596,381		
3	和歌山県上富田町	コウヨウザン	裸苗	地拵え(円/ha)	1	ha	280,000	280,000	地拵えは人力	地拵え(円/ha)	1	ha	280,000	280,000	地拵えは人力	141,964
				苗木(円/本):1年生	1,600	本	77	123,200		苗木(円/本):2年生	1,600	本	166	265,600		
				植栽(円/本)	1,600	本	100	160,218		植栽(円/本)	1,600	本	100	159,782		
				計	1	ha	－	563,418		計	1	ha	－	705,382		

6. 平成 29 年度植栽地における現地調査及び下刈り等の実証調査

昨年度、富山県立山町、広島県北広島町、宮崎県宮崎市（2 樹種）、熊本県天草市の 5 箇所において、それぞれ概ね 0.5ha 以上の試験地を設定するとともに、試験地内には 2 箇所以上のプロットを設定した。

実証植栽試験の基本的な設計は、センダンでは植栽密度・植栽立地環境の違いによる試験、コウヨウザンでは植栽苗の苗齢の違いによる試験としている。

今回の下刈りは、全ての地域、調査プロットで同様の条件とするため、筋刈りや坪刈りとせず、全刈りとした。センダンについて、特に耕作放棄地では下層植生が多く繁茂し、カミキリムシ等の棲家となってしまうため、全刈りを実施する必要があった。また、コウヨウザンについても苗齢の違いによる下刈りコストの違いを確実に把握するため、全刈りとした。

6.1. 現地調査

保育を実施するに当たり、下刈りや芽かき（センダン）について所要人工数を日報により記録し、コスト分析をするものした。

また、各植栽箇所については、昨年度設定した固定プロットにおいて現地調査を行った。昨年度測定を行った植栽木の樹高、根元径、形状等を調査した。

表 6-1 に早生樹植栽実証地の一覧を、図 6-1 にその位置図を示した。

表 6-1 平成 29 年度早生樹新規植栽地一覧

No.	苗木種	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	コウヨウザン	富山県中新川郡立山町	立山山麓森林組合	1	1,600	0.23	0.45	360	720	広島県より苗木を入手
	裸苗			2		0.23		360		
2	コウヨウザン	広島県山県郡北広島町	安芸北森林組合	1	1,500	0.22	0.43	323	645	〃
	裸苗			2		0.22		323		
3	コウヨウザン	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	0.51	400	787	〃
	裸苗					0.26		387		
4	センダン	熊本県天草市新和町	祐翔開発	1	400	0.16	0.45	56	105	熊本県より苗木を入手
	裸苗				200	0.29		49		
5	センダン	宮崎県宮崎市高岡町	宮崎地区国有林事業協同組合	1	400	0.29	0.54	100	160	〃
	裸苗				200	0.25		60		

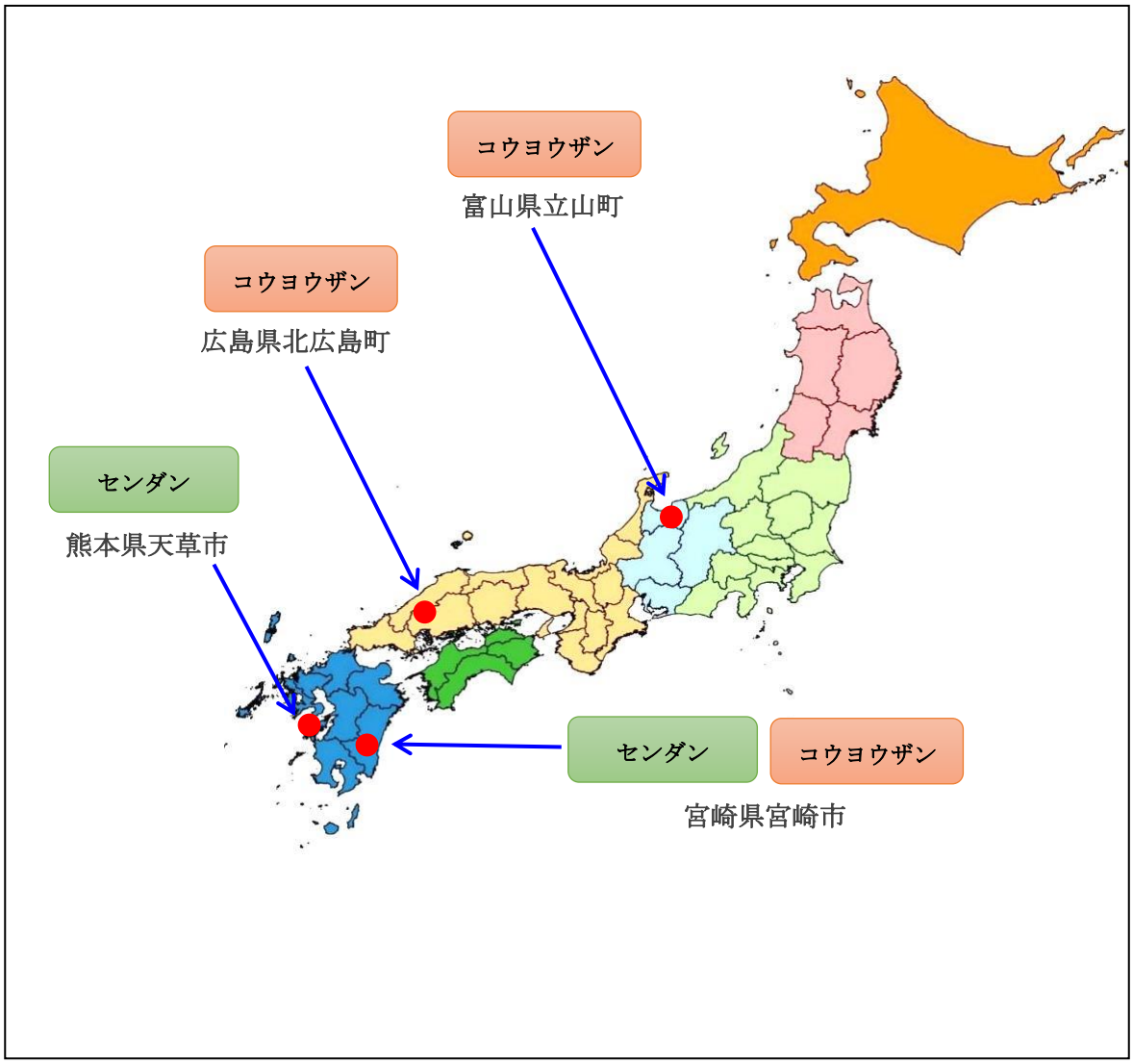
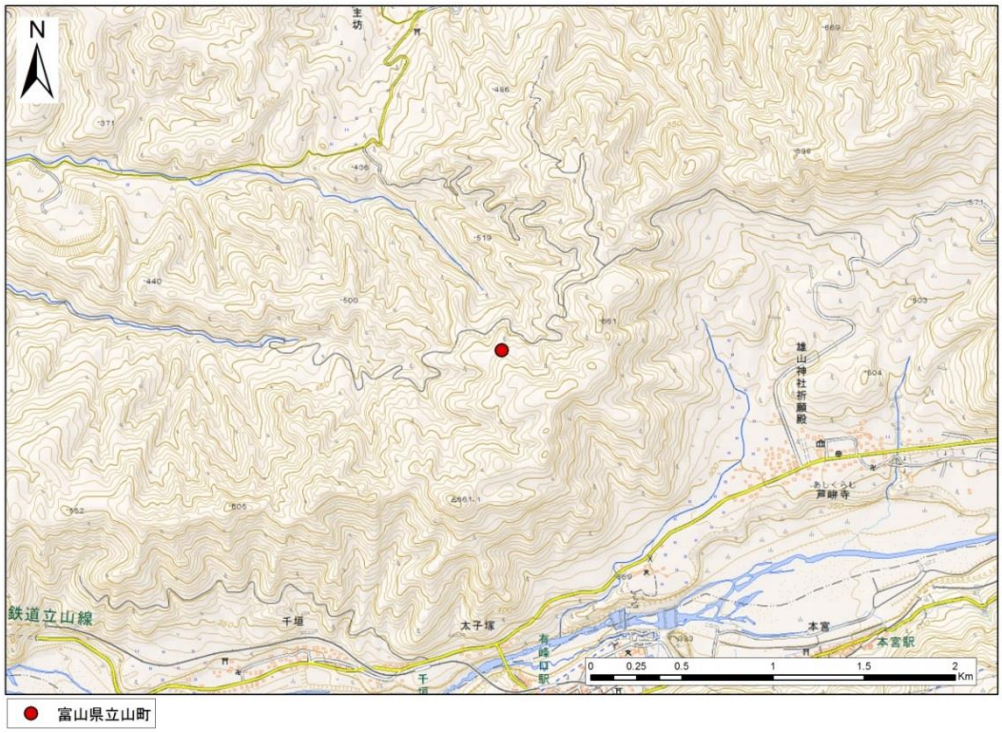


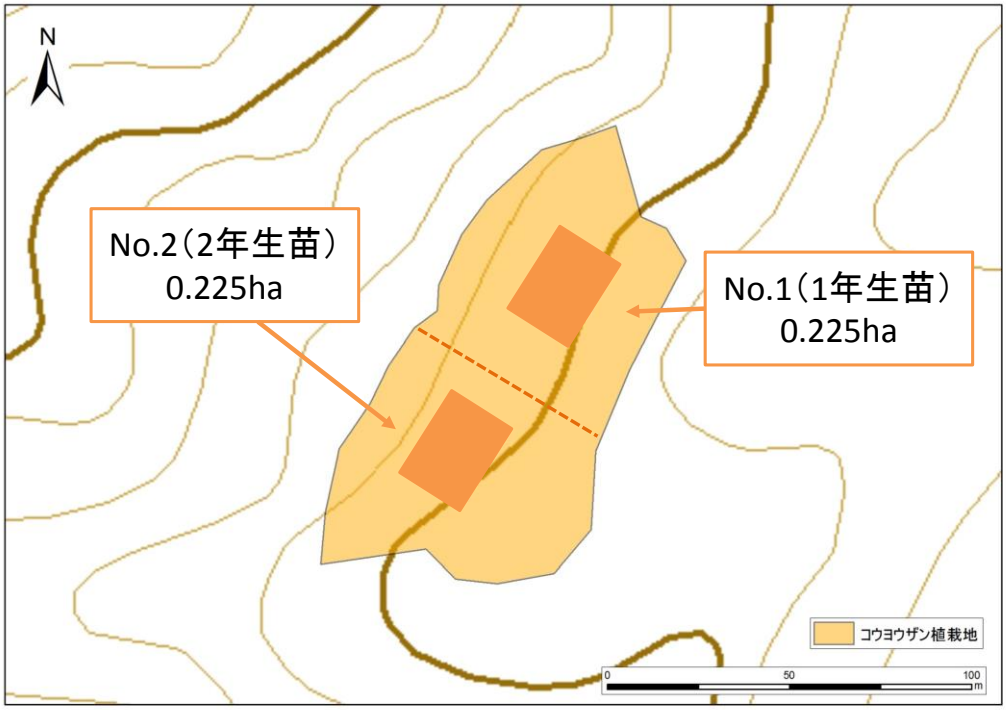
図 6-1 平成 29 年度早生樹新規植栽地位置

次頁より、各早生樹植栽実証地の概要、調査結果及び現地状況を示す。

6.1.1.　富山県　立山町（コウヨウザン）（No.1）

（1）位置図





（２）植栽地の概要

【前生林】スギ

【前生林の林齢】97 年生

【伐採】平成 28 年 4～6 月

【前生林分の蓄積量】2,386.690m^3*

*本実証地を含む全地域（4.28ha）の伐採前に調査し算出された、当該地域内の蓄積量

実証試験地	富山県（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	14.1℃（平均気温）/　2300.0mm（年降水量）/　383cm（年降雪量）（平年値、富山市）		
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 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 年 8 月 27,28,29 日		

（３）調査プロット概要

本実証地は昨年度、例年にない寒波の影響により多量の積雪が発生したこと等により、試験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、本年度は、初期調査を 8 月に実施し、その後、11 月に追跡調査を行った。

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	

（4）植栽木の成長状況

富山県における調査結果を表 6-2、図 6-2～6-3 に示す。1 年生苗の平均樹高は 8 月 1 日の調査で 14.6cm、11 月 6 日で 21.1cm と高くなっていたが、2 年生苗の平均樹高では、主軸枯れ（萌芽再生）の影響を受け、平均樹高は 41.8cm から 33.5cm へマイナスとなっていた（図 6-4）。一方、根元径の成長については、樹高で認められたマイナス成長は見られない（図 6-5）。その成長量について t 検定を行った結果、2 年生苗の方が 1 年生苗より有意（P<0.05）に大きかった（図 6-6）。

表 6-2 富山県立山町の調査データ

試験処理区（苗齢）	測定項目	H30.8 月 1 日	H30.11 月 6 日	成長量
1 年生苗	平均根元径（cm）	0.3	0.4	0.0
	標準偏差	0.1	0.1	—
	平均樹高（cm）	14.6	21.1	6.5
	標準偏差	4.9	3.9	—
	平均形状比	50.4	59.8	9.4
	標準偏差	24.5	13.5	—
2 年生苗	平均根元径（cm）	0.7	0.8	0.1
	標準偏差	0.2	0.2	—
	平均樹高（cm）	41.8	33.5	−8.3
	標準偏差	9.4	13.5	—
	平均形状比	63.2	60.5	−2.7
	標準偏差	25.8	14.7	—

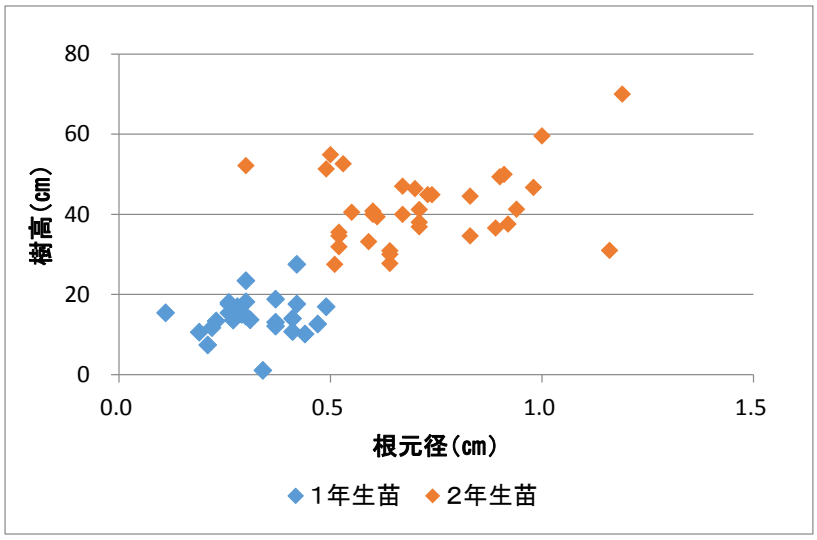


図 6-2 富山県立山町に植栽したコウヨウザンの形状（平成 30 年 8 月）

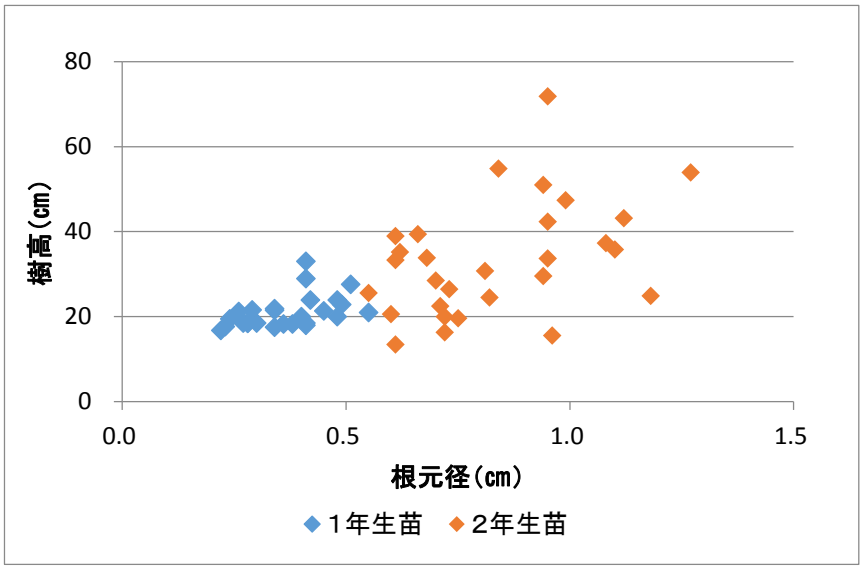


図 6-3 富山県立山町に植栽したコウヨウザンの形状（平成 30 年 11 月）

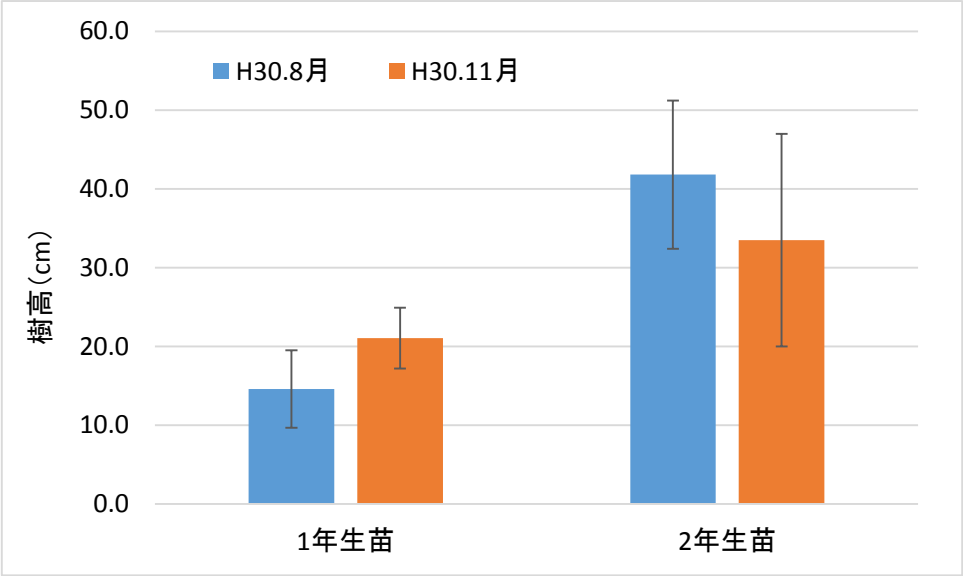


図 6-4 富山県立山町に植栽したコウヨウザンの平均樹高（苗齢別）

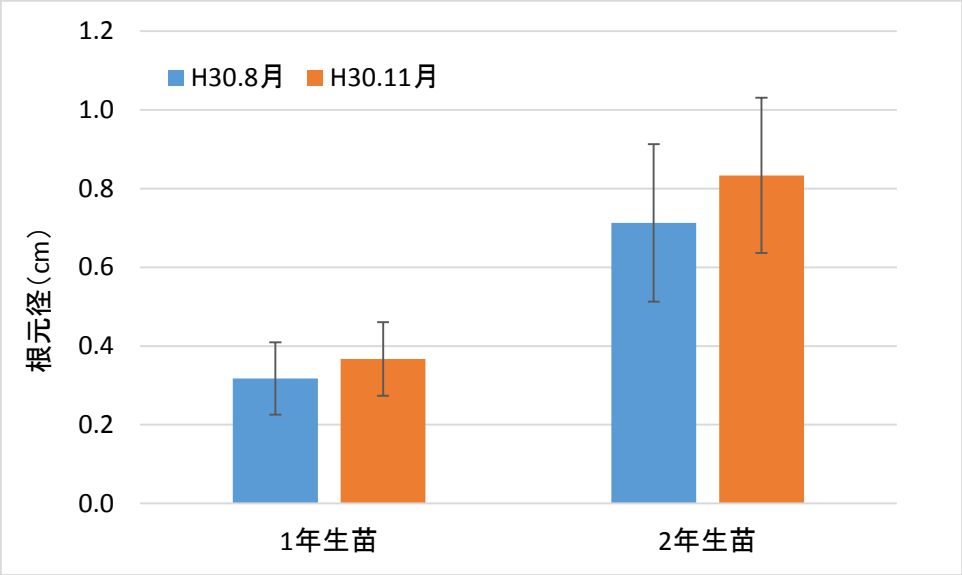


図 6-5 富山県立山町に植栽したコウヨウザンの平均根元径（苗齢別）

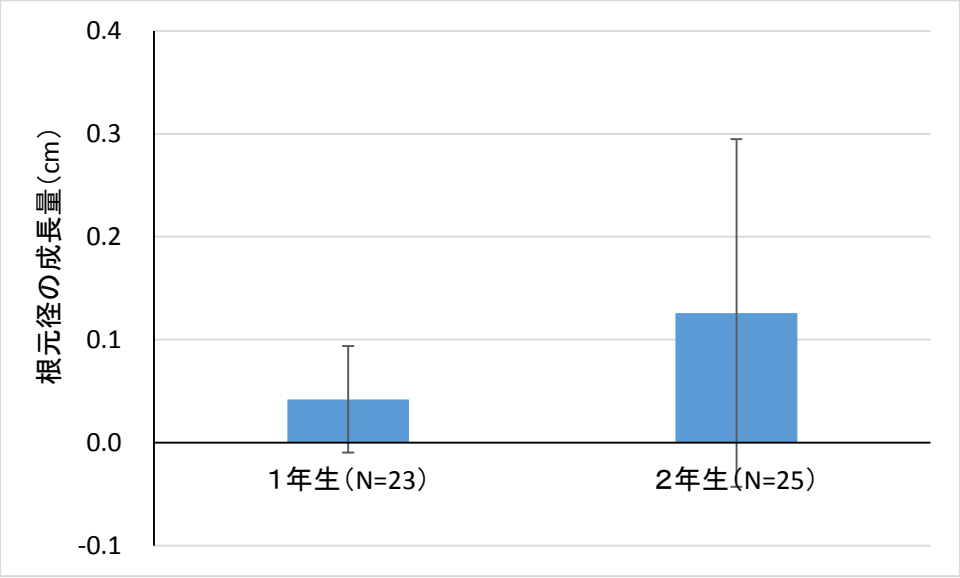


図 6-6 富山県立山町に植栽したコウヨウザンの根元径の成長量（苗齢別）

※萌芽や主軸折れ等により根元径が小さくなっている個体は除いている

（5）植栽木の被害状況

植栽後、一冬越した平成 30 年 8 月の調査で、1 年生苗の健全率は 72%、それに対して 2 年生苗の健全率は 22%であった（図 6-7）。樹高の高い 2 年生苗の方が冬期間の寒害や積雪圧等の影響を受け、主軸枯れ・折れの被害を多く受けていた。1 年生苗の主軸に同様の被害が認められなかったのは、まだ小さく柔らかく早々に雪に埋もれ寒害等を回避できたためと思われる。なお、主軸枯れ・折れが多発した 2 年生苗は、その後、萌芽再生枝が主軸化し成長を再開、多くの個体が回復し、同年 11 月の調査では健全率が 67%まで回復していた（図 6-8）。

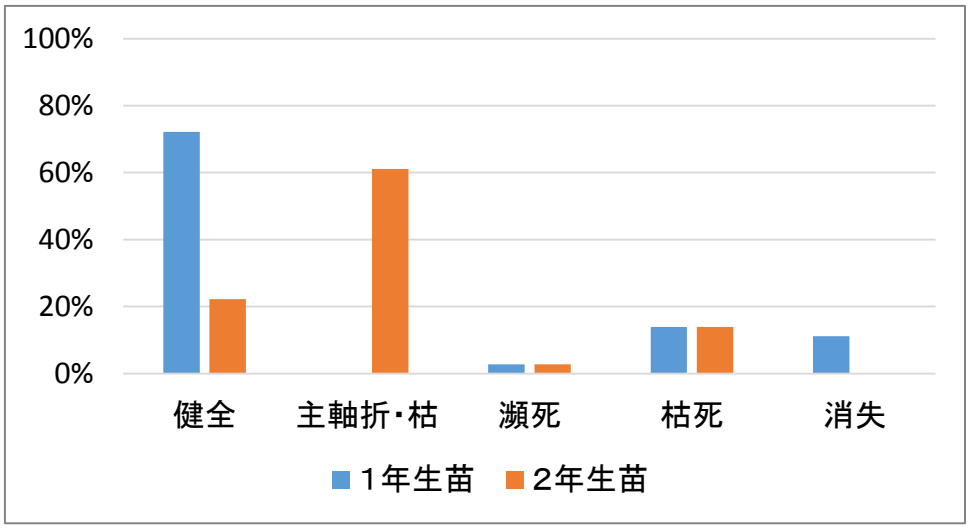


図 6-7 富山県立山町コウヨウザンの生育状況（平成 30 年 8 月）

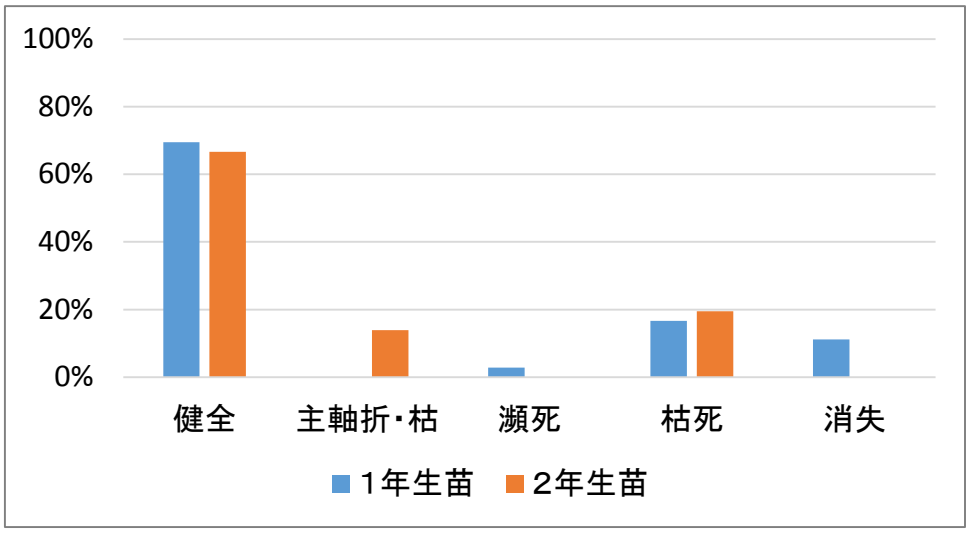


図 6-8 富山県立山町コウヨウザンの生育状況（平成 30 年 11 月）

（6）作業人工

植栽地における下刈り（根踏みを含む。）時間を記録し、苗齢による作業人工数の違いを調査した（表 6-3、図 6-9）。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、2 年目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。

下刈りにかかった人工数は、1 年生苗の方が 2 年生苗よりも 1.0 人日/ha 多くなっており、現場からは、以下の意見が聞かれている。

・1 年生苗は小さいため、根踏みの際、見つけるのに時間がかかった。

・根踏みで植栽木の位置を一度確認し割竹を設置している為、両区とも下刈り作業時に苗の位置を簡単に確認することができたが、1 年生苗は小さいため、下刈りの際、苗自体を目視しづらく 2 年生苗より慎重に行う必要があった。

植栽と合わせたトータルコストについては後述「第 7 章植栽・保育に関するガイドラインの作成に向けた検討」で記載する。

表 6-3 コウヨウザン下刈り（根踏み含む）にかかった人工数（苗齢別）

苗齢	面積（ha）	下刈りにかかった人工数（人日/ha）	根踏みにかかった人工数（人日/ha）	合計人工数（人日/ha）
1 年生	0.23	3.5	2.1	5.6
2 年生	0.23	2.5	1.3	3.8

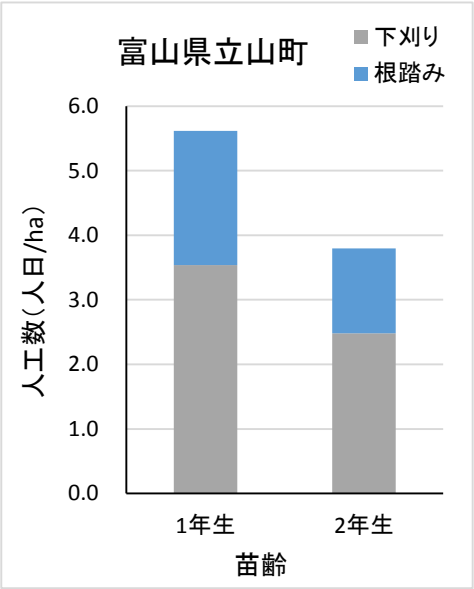


図 6-9 コウヨウザン下刈り（根踏み含む）にかかった人工数（苗齢別）

（7）下刈りコスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 6-4 に示す。

2 年生苗に比べ、1 年生苗でより多くの経費がかかっている。これは、1 年生苗は小さく、下刈り等の作業時に植栽木を見つけるのに時間がかかったためである。

なお、下刈り単価については、前述（6）作業人工における「下刈り」の作業人工差（約 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、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。

表 6-4 下刈り等にかかった経費（苗齢別）

項目	1 年生苗木					2 年生苗木				
	量		単価(円)	経費(円)	備考	量		単価(円)	経費(円)	備考
根踏み	1	ha	169,196	169,196	下刈りは人力及び機械	1	ha	107,140	107,140	下刈りは人力及び機械
下刈り	1	ha	300,117	300,117		1	ha	210,504	210,504	
計	1	ha	－	469,313		1	ha	－	317,644	

富山県の標準単価表を基にスギ（普通苗）の下刈りコストを整理した（表 6-5）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

スギ（普通苗 1,600 本／ha）の標準単価と比較し、本実証地の 2 年生苗は標準単価を下回ったが、1 年生苗は苗木が小さく、見つけるのに時間を要した分、より多くのコストがかかった。

表 6-5 富山県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	雪起し	下刈り	合計	合計:参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円/ha	円/ha	円	円
スギ	1,600	152,939	234,500	387,439	(360,408)
スギ	3,000	229,522	299,000	528,522	(491,648)

（8）現地写真

	
下刈り前（1 年生苗）	下刈り後（1 年生苗）

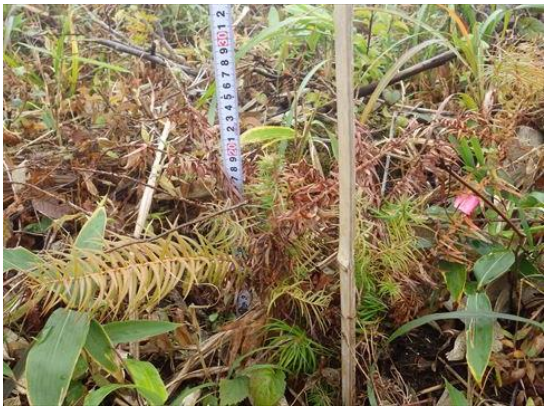
	
下刈り前（2 年生苗）	下刈り後（2 年生苗）

	
1 年生苗のプロット（H30.8 月）	1 年生苗のプロット（H30.11 月）

	
2 年生苗のプロット（H30.8 月）	2 年生苗のプロット（H30.11 月）

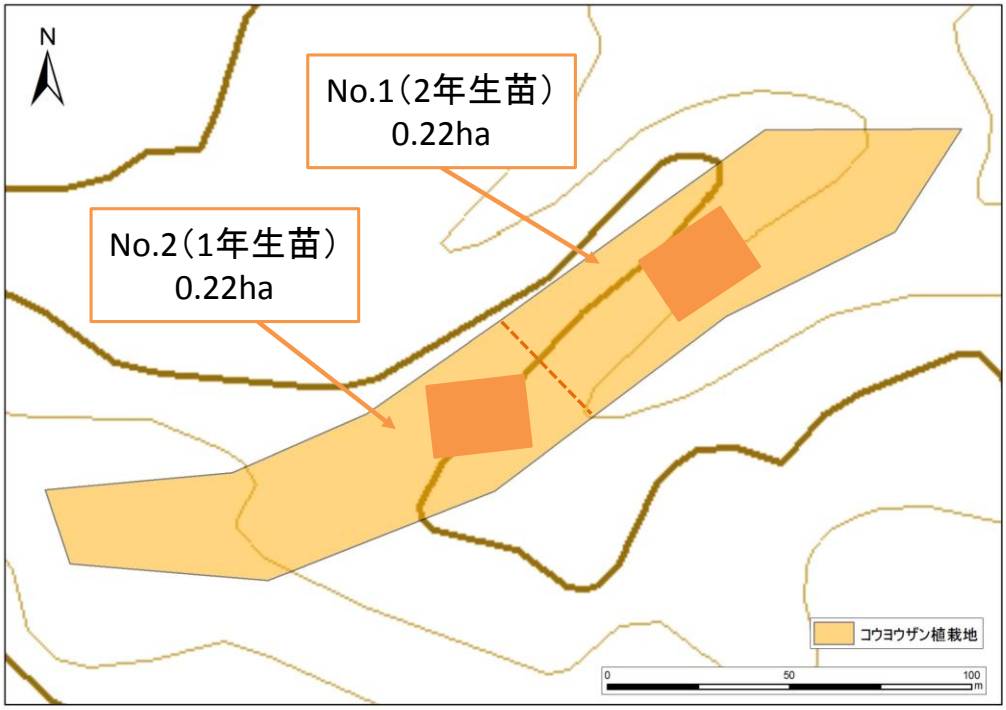
	
1 年生苗（H30.8 月）	2 年生苗（H30.8 月）

	
2 年生苗：主軸折れ（H30.8 月）	2 年生苗：主軸枯れ（H30.8 月）

	
1 年生苗（H30.11 月）	2 年生苗：萌芽（H30.11 月）

6.1.2.　広島県　北広島町（コウヨウザン）（No.2）

（1）位置図



（２）植栽地の概要

【前生林】広葉樹、一部スギ

【前生林の林齢】72 年生

【伐採】平成 29 年 3 月

【前生林分の蓄積量】約 150m^3*

*本実証地を含む全地域（約 0.5ha）の伐採前に調査し算出された、当該地域内の蓄積量

実証試験地	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（No.2）	2 年生（No.1）	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	11.7℃（平均気温）/　1798.7mm（年降水量）/　325cm（年降雪量）（平年値、大朝）		
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 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 年 9 月 6,8 日		

（３）調査プロット概要

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.2	11.1×22.4m	38 本	
2 年生苗	No.1	10.9×24.4m	38 本	
合計			76 本	

（4）植栽木の成長状況

広島県における調査結果を表 6-6、図 6-10～6-11 に示す。苗齢別の成長量では、2 年生苗が主軸折れ等の影響を受け、樹高はマイナスとなっている（図 6-12）。また、根元径の成長量について見てみると、苗齢による根元径の成長量に有意差は見られなかった（図 6-13～6-14）。

表 6-6 広島県北広島町の調査データ

試験処理区（苗齢）	測定項目	H29.12 月 18 日	H30.11 月 2 日	成長量
1 年生苗	平均根元径（cm）	0.4	0.6	0.2
	標準偏差	0.1	0.2	-
	平均樹高（cm）	13.1	18.3	5.2
	標準偏差	4.8	11.3	-
	平均形状比	37	31.3	-5.6
	標準偏差	11	12.1	-
2 年生苗	平均根元径（cm）	0.8	0.8	0.1
	標準偏差	0.1	0.3	-
	平均樹高（cm）	41.3	33.0	-8.4
	標準偏差	11.4	18.4	-
	平均形状比	52	35.5	-16.9
	標準偏差	9	15.2	-

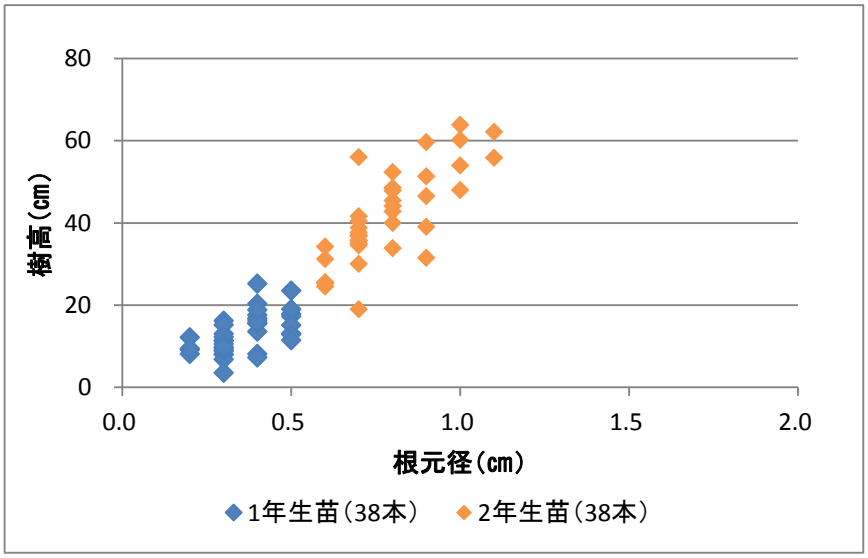


図 6-10 広島県北広島町に植栽したコウヨウザンの形状（平成 29 年 12 月）

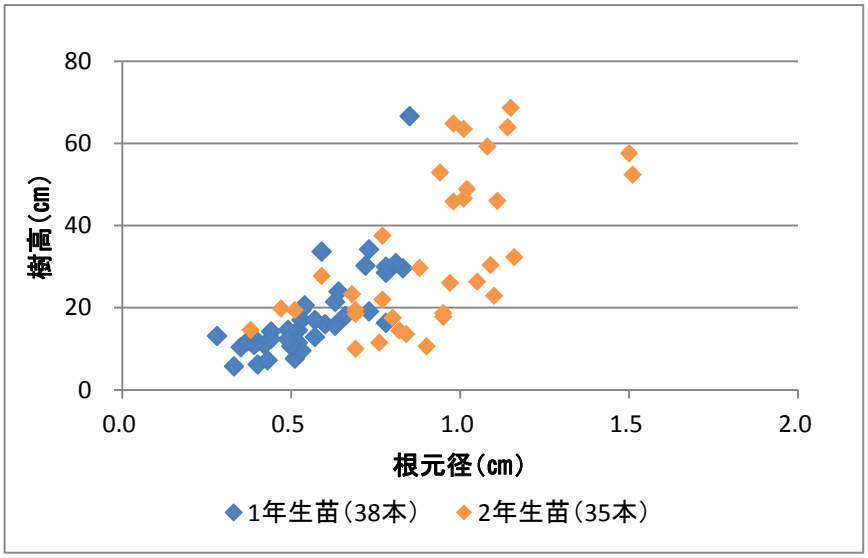


図 6-11 広島県北広島町に植栽したコウヨウザンの形状（平成 30 年 11 月）

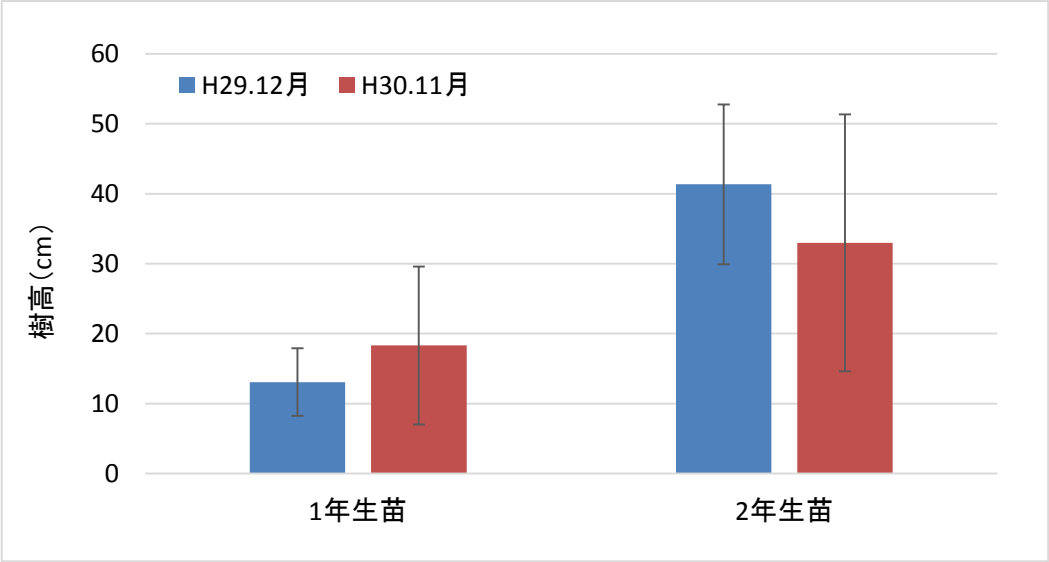


図 6-12 広島県北広島町に植栽したコウヨウザンの平均樹高（苗齢別）

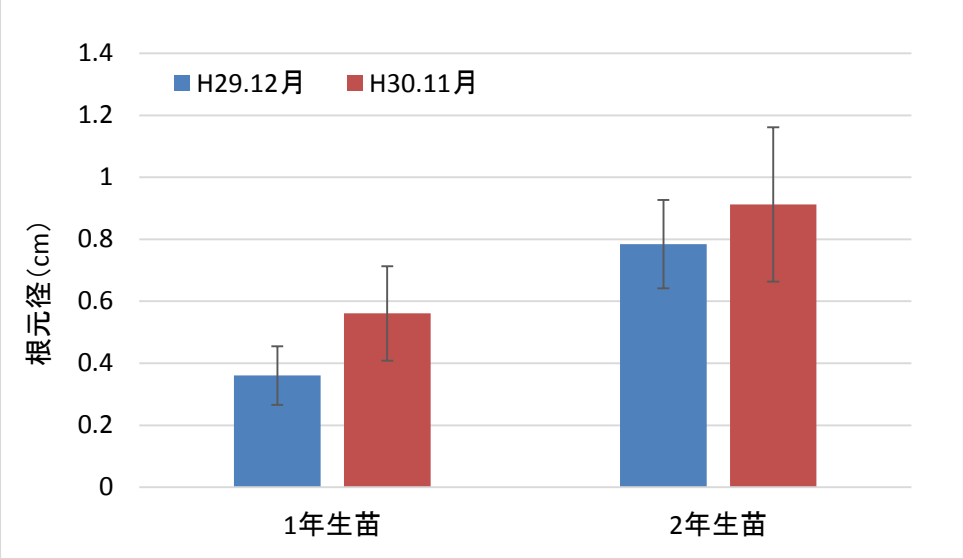


図 6-13 広島県北広島町に植栽したコウヨウザンの平均根元径（苗齢別）

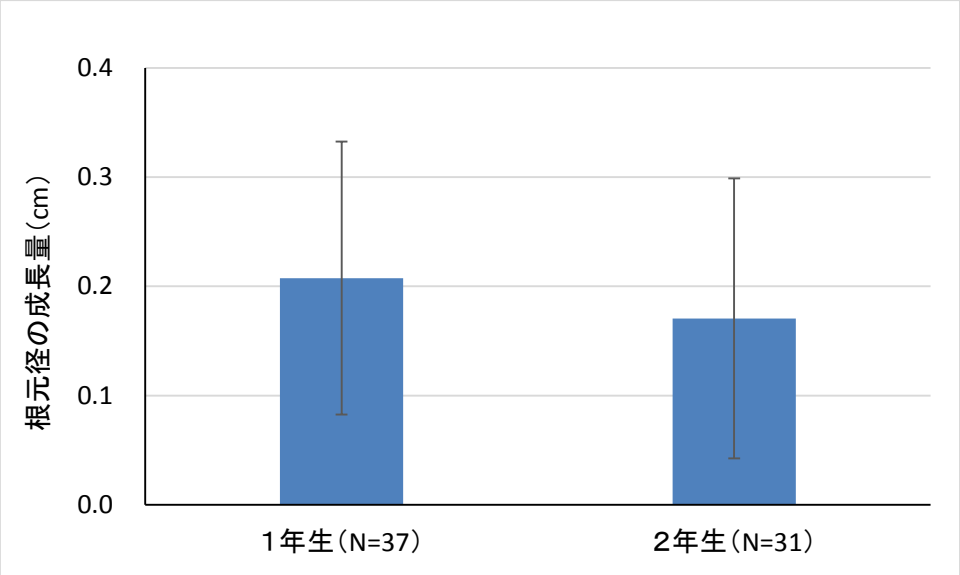


図 6-14 広島県北広島町に植栽したコウヨウザンの根元径の成長量（苗齢別）

※萌芽や主軸折れ等により根元径が小さくなっている個体は除いている

（5）植栽木の被害状況

1 年生苗と 2 年生苗を比較すると、1 年生苗がウサギによる食害を多く受け、健全率は 2 年生苗が高い結果となった（図 6-15）。但し、2 年生苗ではウサギ食害のほか、寒害によるものと思われる主軸枯れが確認された。

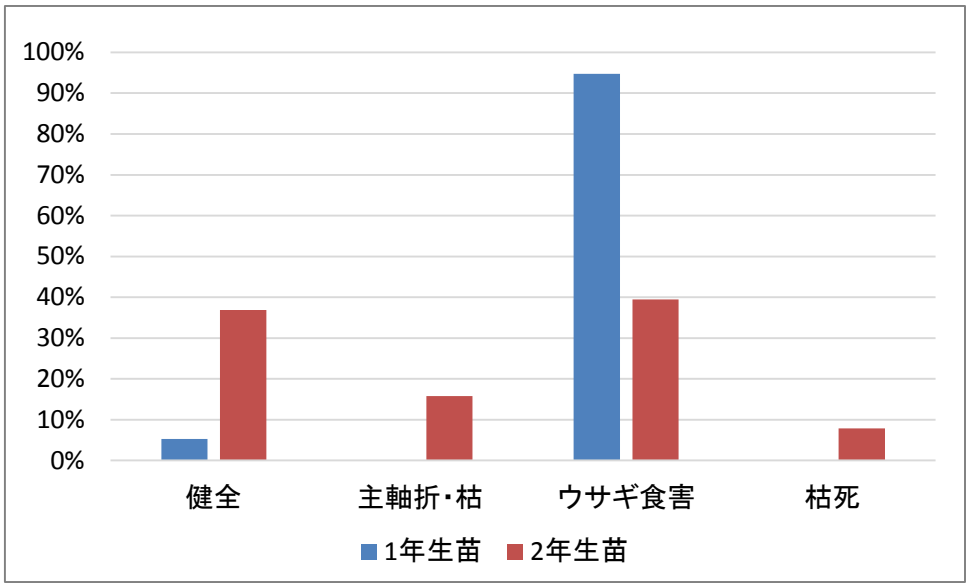


図 6-15 広島県北広島町コウヨウザンの生育状況（平成 30 年 11 月）

（6）作業人工

植栽地における下刈り時間を記録し、苗齢による作業人工数の違いを調査した（表 6-7、図 6-16）。

下刈りにかかった人工数は、1 年生苗の方が 2 年生苗よりも 0.6 人日/ha 多くかかった。また、1 年生苗は小さく、下刈り時の誤伐が危惧されたため、印（テープ）を付けた。現場からは、以下の意見が聞かれている。

・1 年生苗は小さいため、テープ付けの際、見つけるのに時間がかかった。

・1 年生苗は小さいため、下刈りの際、誤って一緒に刈らないよう注意して実施した。

植栽人工と合わせたトータルコストについては後述「第 7 章植栽・保育に関するガイドラインの作成に向けた検討」で記載する。

表 6-7 コウヨウザン下刈りにかかった人工数（苗齢別）

苗齢	面積（ha）	下刈りにかかった人工数（人日/ha）	目印（テープ）付けにかかった人工数（人日/ha）	合計人工数（人日/ha）
1 年生	0.22	6.4	3.6	10.0
2 年生	0.22	5.8	0	5.8

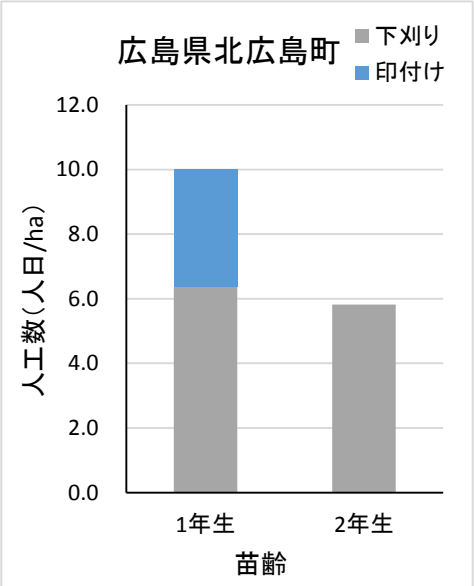


図 6-16 コウヨウザン下刈りにかかった人工数（苗齢別）

（7）下刈りコスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 6-8 に示す。

2 年生苗と比較し、1 年生苗で多くの経費がかかっている。これは、1 年生苗は小さいため、誤伐を防ぐために目印をつける必要があったため、その分経費が上乗せされていることが理由である。

なお、下刈り単価については、前述（6）作業人工における「下刈り」の作業人工差（約 1.1 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。

表 6-8 下刈り等にかかった経費（苗齢別）

項目	1 年生苗木					2 年生苗木				
	量		単価(円)	経費(円)	備考	量		単価(円)	経費(円)	備考
印付	1	ha	176,364	176,364	下刈りは人力及び機械	1	ha	0	0	下刈りは人力及び機械
下刈り	1	ha	161,090	161,090		1	ha	147,282	147,282	
計	1	ha	－	337,454		1	ha	－	147,282	

また、広島県の標準単価表を基に下刈りコストを整理した（表 6-9）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

補助に該当する樹種の標準単価と比較し、本実証地の 2 年生苗は標準単価を少し上回る程度だったが、1 年生苗は大きく上回った。これは、特に 1 年生苗は誤伐を防ぐために印（テープ）を付けるのに時間を要した分、より多くのコストがかかる結果となった。

表 6-9 広島県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	下刈り	合計	合計：参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円/ha	円	円
該当樹種	－	125,000	125,000	(116,279)

（8）現地写真

下刈り前（1 年生苗）

下刈り後（1 年生苗）

下刈り前（2 年生苗）

下刈り後（2 年生苗）

目印（ピンクテープ）の付与

目印（ピンクテープ）付与後

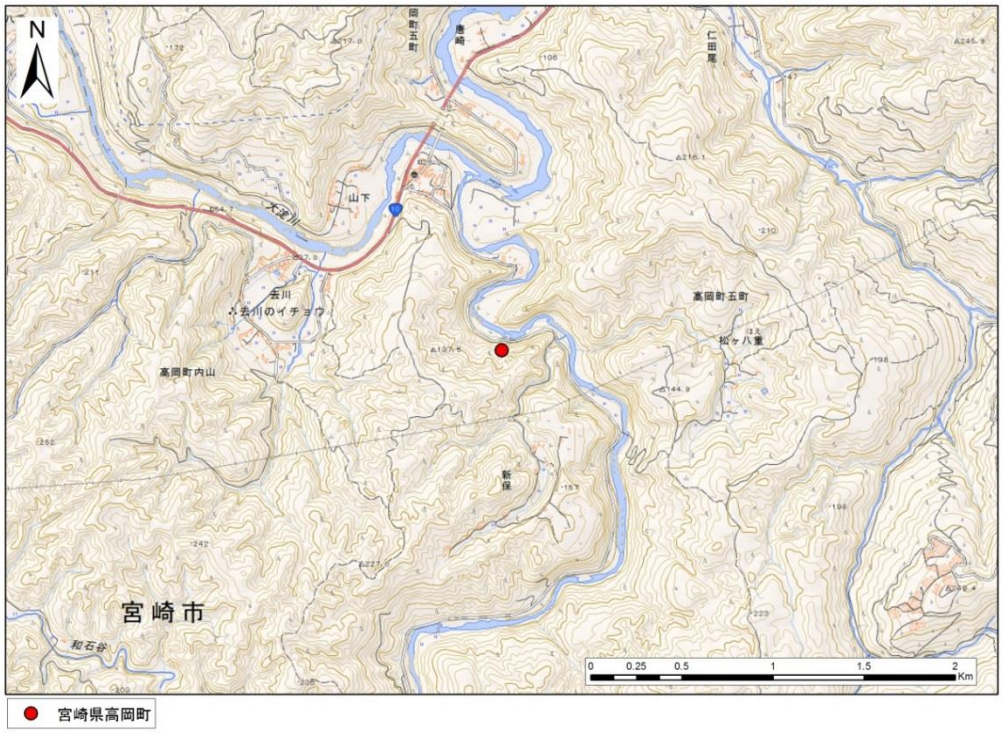
	
1 年生苗のプロット（H29.12 月）	1 年生苗のプロット（H30.11 月）

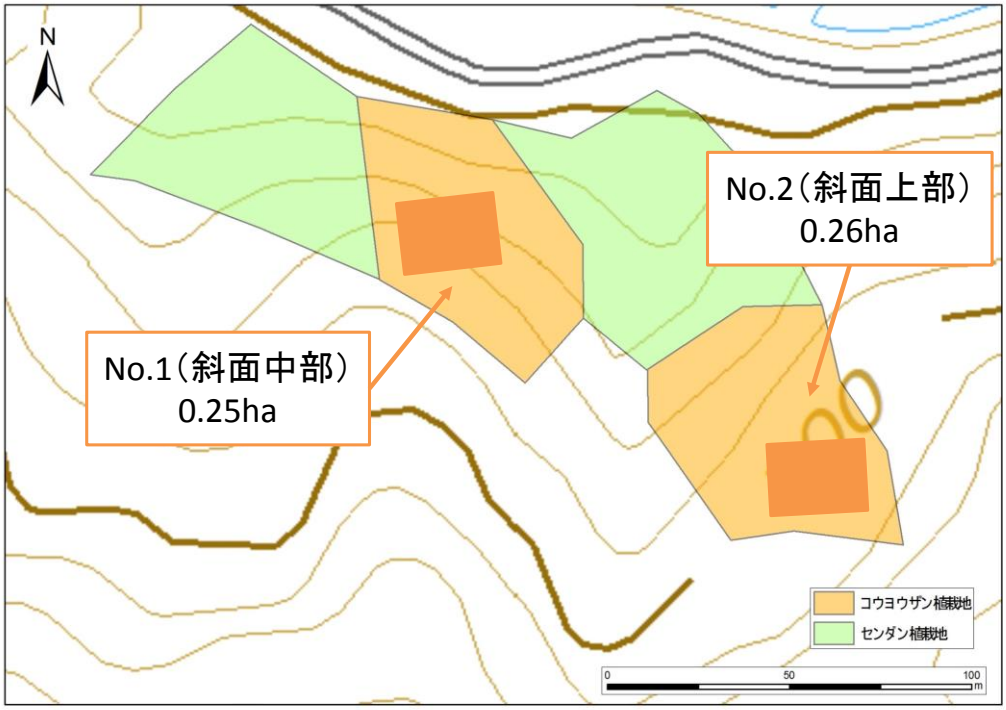
	
2 年生苗のプロット（H29.12 月）	2 年生苗のプロット（H30.11 月）

	
1 年生苗：ウサギ食害（H30.11 月）	2 年生苗：主軸枯れ（H30.11 月）

6.1.3.　宮崎県　宮崎市（コウヨウザン）（No.3）

（1）位置図





（２）植栽地の概要

【前生林】スギ、一部ヒノキ、広葉樹

【前生林の林齢】66 年生

【伐採】平成 28 年 10 月～平成 29 年 3 月

【前生林分の蓄積量】2,880m^3*

*本実証地を含む全地域（4.45ha）の伐採前に調査し算出された、当該地域内の蓄積量

実証試験地	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（No.1）	斜面上部（No.2）	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	17.4℃（平均気温）/　2508.5mm（年降水量）/　0cm（年降雪量）（平年値、宮崎市）		
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 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 年 8 月 22,23 日		

（３）調査プロット概要

試験処理区	プロット No.	プロット形	調査本数	備　考
斜面中部	No.1	10.9×24.4m	36 本	
斜面上部	No.2	11.1×22.4m	37 本	
合計			73 本	

（4）植栽木の成長状況

宮崎市に設定された調査地では 2 年生苗が入手困難であったことから 1 年生苗のみの植栽となっている。そのため、斜面中部と斜面上部での立地環境とコウヨウザンの成長差を検討する試験設計とした。

宮崎県における調査結果を表 6-10、図 6-17～6-18 に示す。成長量では、斜面上部でウサギ食害の影響を受け、樹高はマイナスとなっている（図 6-19）。また、根元径の成長量について t 検定を行った結果、斜面中部・上部の違いによる根元径の成長量に有意差は見られなかった（図 6-20～6-21）。

表 6-10 宮崎県宮崎市高岡町の調査データ

試験処理区（立地）	測定項目	H29.12 月 28 日	H30.10 月 22 日	成長量
1 年生苗 斜面中部	平均根元径（cm）	0.5	0.6	0.1
	標準偏差	0.1	0.2	-
	平均樹高（cm）	19.5	23.9	4.3
	標準偏差	3.8	15.0	-
	平均形状比	40.2	41.2	1.1
	標準偏差	10.6	22.3	-
1 年生苗 斜面上部	平均根元径（cm）	0.5	0.6	0.1
	標準偏差	0.1	0.2	-
	平均樹高（cm）	21.8	10.7	-11.1
	標準偏差	3.1	3.5	-
	平均形状比	43.6	18.4	-25.2
	標準偏差	7.7	7.0	-

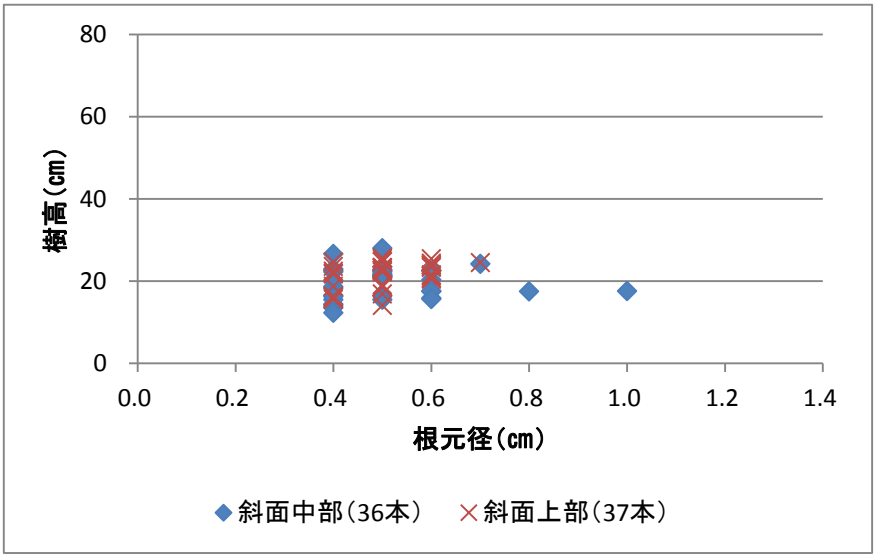


図 6-17 宮崎県宮崎市に植栽したコウヨウザンの形状（平成 29 年 12 月）

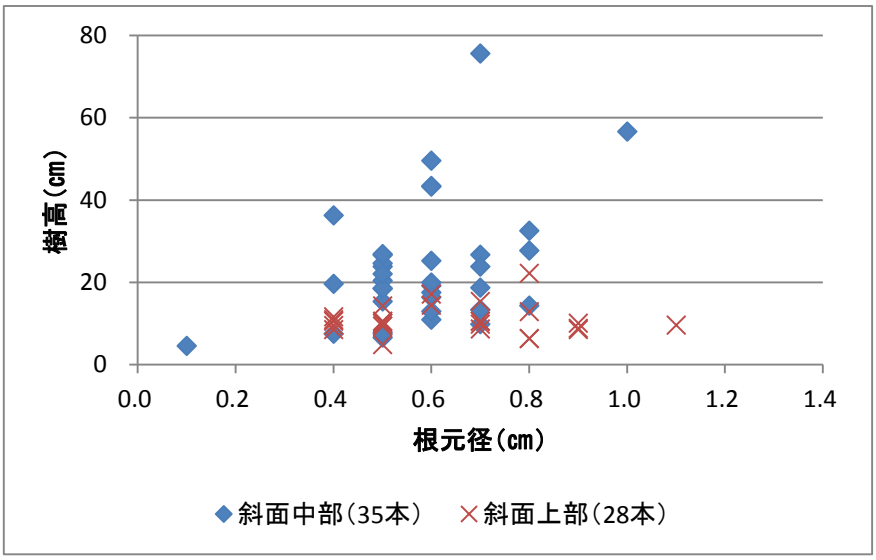


図 6-18 宮崎県宮崎市に植栽したコウヨウザンの形状（平成 30 年 10 月）

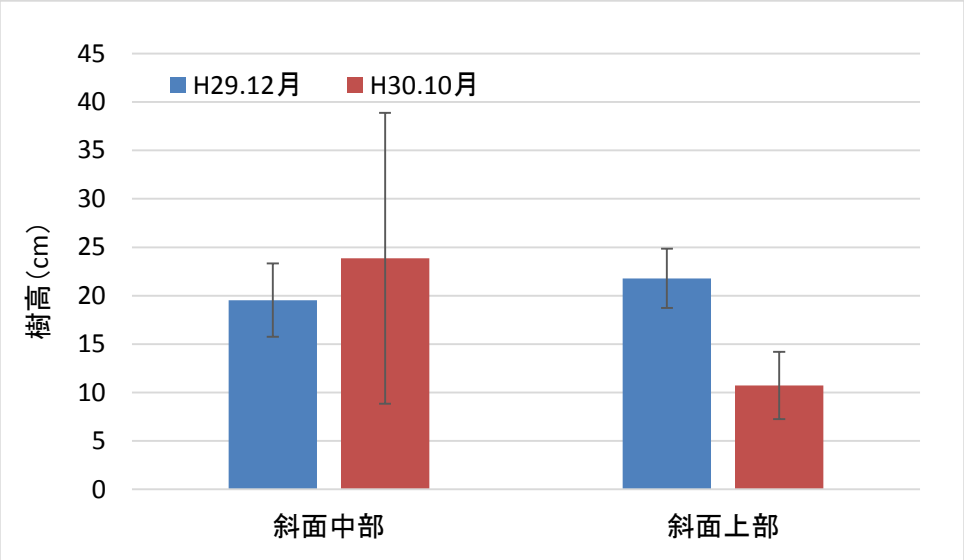


図 6-19 宮崎県宮崎市に植栽したコウヨウザンの平均樹高（立地別）

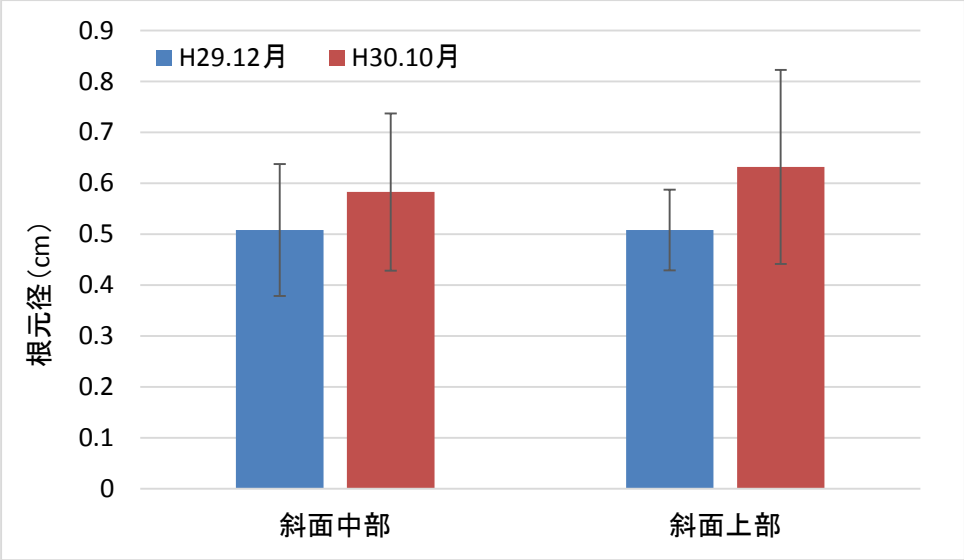


図 6-20 宮崎県宮崎市に植栽したコウヨウザンの平均根元径（立地別）

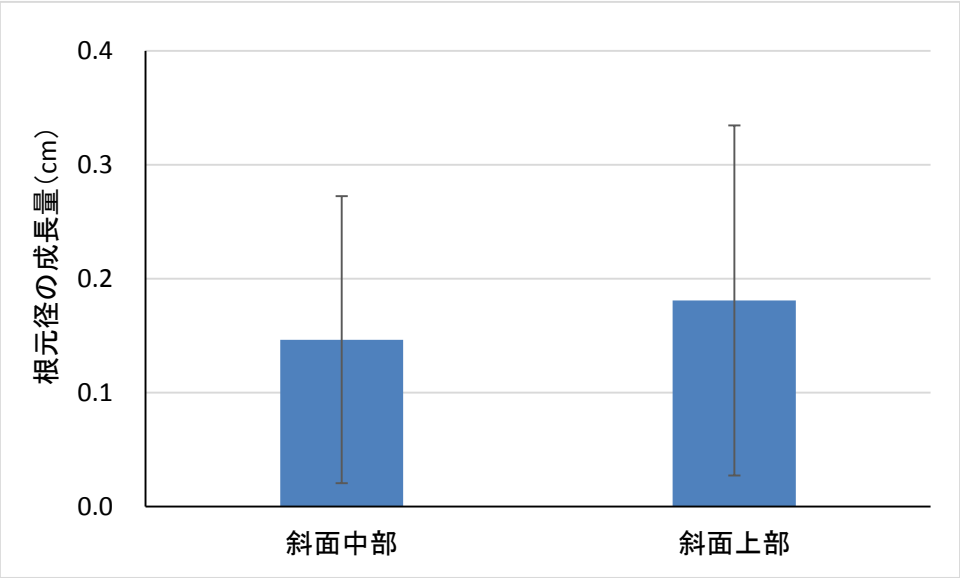


図 6-21 宮崎県宮崎市に植栽したコウヨウザンの根元径の成長量（苗齢別）
※萌芽や主軸折れ等により根元径が小さくなっている個体は除いている

（5）植栽木の被害状況

斜面中部と斜面上部のいずれもウサギの食害が多く認められた（図 6-22）。斜面中部で 92%、斜面上部でも 54%の食害率である。食害のない健全な植栽木は斜面中部で 6%、上部で 22%である。ただし、枯死・消失した個体は斜面中部で僅かで、ほとんどが生存している状態である。一方で、斜面上部では 22%が枯死・消失する結果となった。

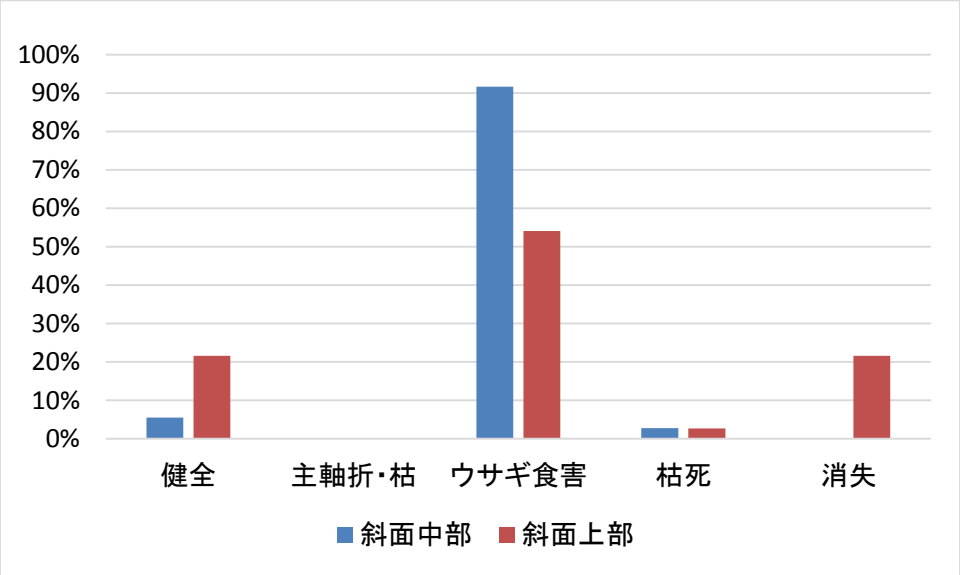


図 6-22 宮崎県宮崎市コウヨウザンの生育状況（平成 30 年 10 月）

（6）作業人工

植栽地における下刈り時間を記録し、作業人工数を整理した（表 6-11）。なお、本植栽地は全て 1 年生苗を植栽したため、苗齢による作業人工数の違いの検討はない。

表 6-11 コウヨウザン下刈りにかかった人工数

苗齢	面積（ha）	下刈りにかかった人工数（人日/ha）
1 年生	0.51	5.5

（7）下刈りコスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 6-12 に示す。

表 6-12 下刈りにかかった経費

項目	1 年生苗木				
	量		単価（円）	経費（円）	備考
下刈り	1	ha	118,333	118,333	
計	1	ha	－	118,333	

宮崎県の標準単価表を基に下刈りコストを整理した（表 6-13）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

補助に該当する樹種の標準単価と比較し、本実証地の下刈りは標準単価とほぼ同程度の結果となった。

表 6-13 宮崎県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	下刈り	合計	合計：参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円/ha	円	円
該当樹種	－	129,000	129,000	（120,000）

（8）現地写真

	
下刈り前（1 年生苗）	下刈り後（1 年生苗）

	
下刈り前（2 年生苗）	下刈り後（2 年生苗）

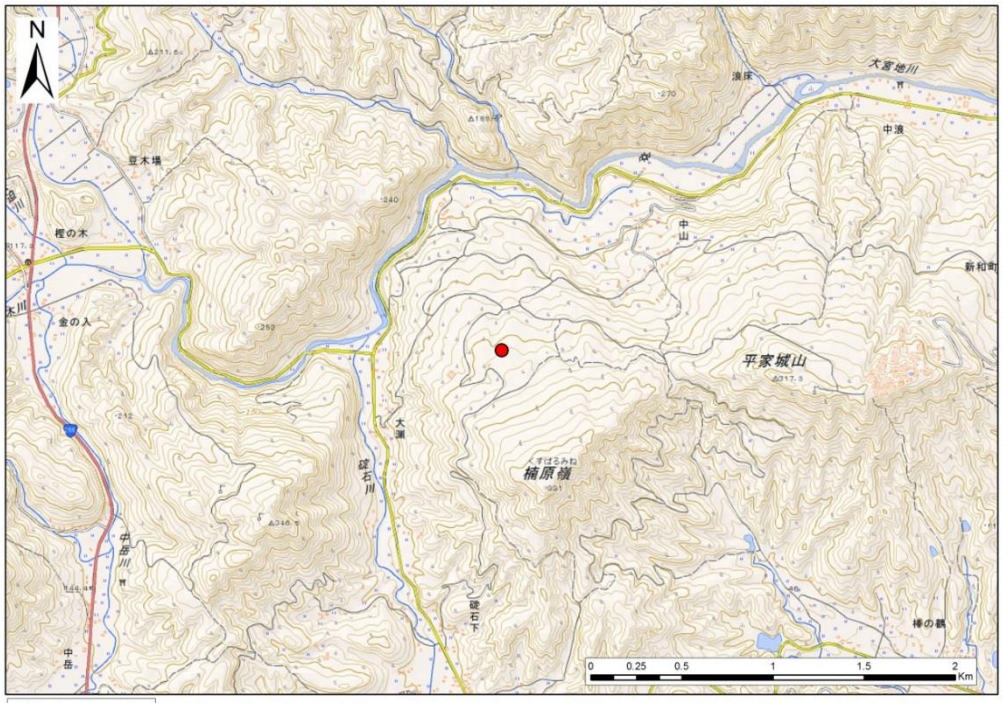
	
斜面中部（No.1）（H29.12 月）	斜面中部（No.1）（H30.10 月）

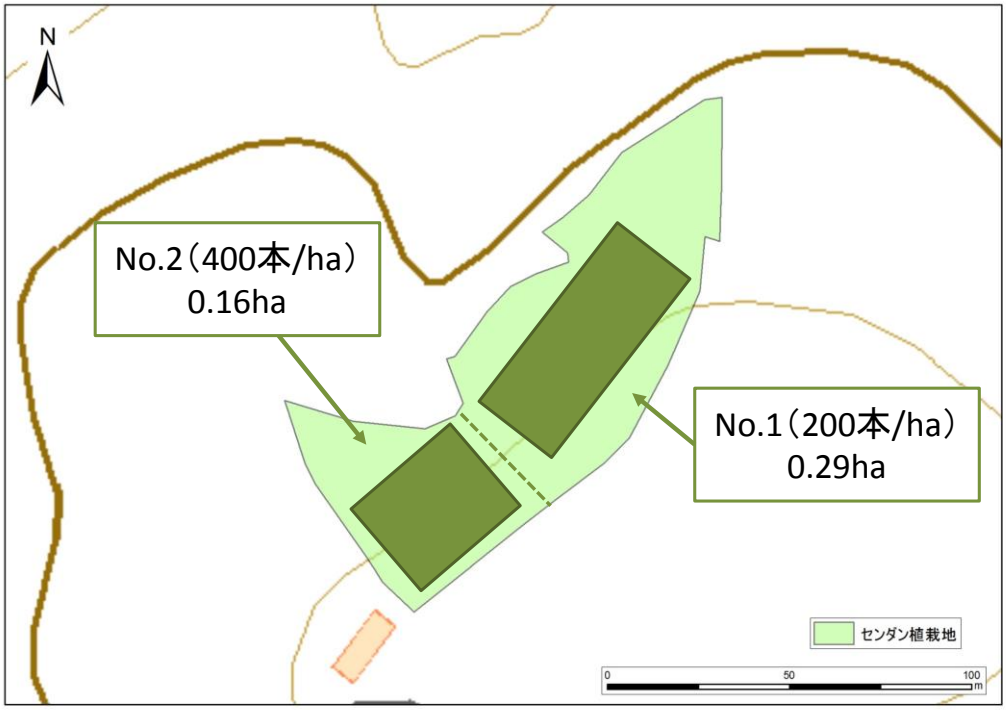
	
斜面上部・尾根（No.2）（H29.12 月）	斜面上部・尾根（No.2）（H30.10 月）

	
ウサギの糞（No.1）（H30.10 月）	ウサギ食害（No.2）（H30.10 月）

6.1.4.　熊本県　天草市（センダン）（No.4）

（1）位置図





（２）植栽地の概要

【前土地利用区分】畑(サツマイモ)

【非農地通知】平成 29 年 12 月受理

【備考】サツマイモ畑の前はミカン畑

実証試験地	熊本県天草市新和町碇石（荒廃農地）		
苗木種	センダン　裸苗		
植栽密度	200 本/ha（No.1）	400 本/ha（No.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	11.7℃（平均気温）/　1798.7mm（年降水量）/　325cm（年降雪量）（平年値、大朝）		
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 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 年 8 月 20,23,25,26 日		

本実証地は、荒廃農地を林地へ転用してセンダン植栽を実施した地域である。

（３）調査プロット概要

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

（4）植栽木の成長状況

熊本県における調査結果を表 6-14、図 6-23～6-24 に示す。成長量では、400 本/ha で根元径・樹高ともに成長量が小さかった（t 検定、P<0.05）。これは、植栽密度による影響ではなく、400 本/ha 区により繁茂していたセイタカアワダチソウによる影響が大きいと考えられる。植栽木の周囲の植生によっては、下刈りが遅れるとセンダンの成長を有意に抑制してしまうおそれがあることから、適期に下刈りを行う必要がある。

なお、芽かきにより樹高が前年度を下回っている植栽木は外して成長量の検定を行っている。

表 6-14 熊本県天草市の調査データ

試験処理区（植栽密度）	測定項目	H30.1 月 29 日	H30.10 月 18 日	成長量
植栽密度 200 本/ha	平均根元径（cm）	1.1	2.1	1.0
	標準偏差	0.3	0.7	-
	平均樹高（cm）	110.0	142.3	32.3
	標準偏差	15.5	43.2	-
	平均形状比	101.4	66.2	－35.3
	標準偏差	25.1	15.1	-
植栽密度 400 本/ha	平均根元径（cm）	1.3	1.6	0.3
	標準偏差	0.4	0.3	-
	平均樹高（cm）	102.1	109.7	7.7
	標準偏差	10.2	33.7	-
	平均形状比	83.5	68.6	－15.0
	標準偏差	19.5	21.7	-

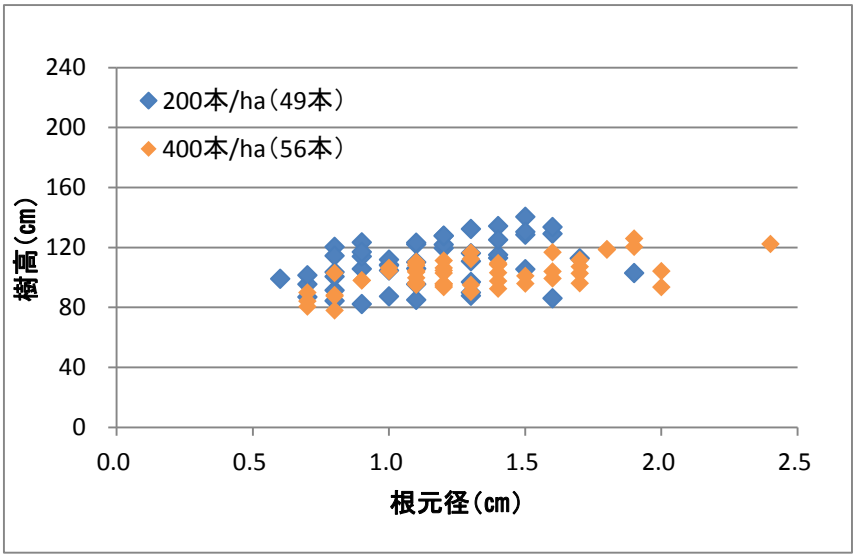


図 6-23 熊本県天草市に植栽したセンダンの形状（平成 30 年 1 月）

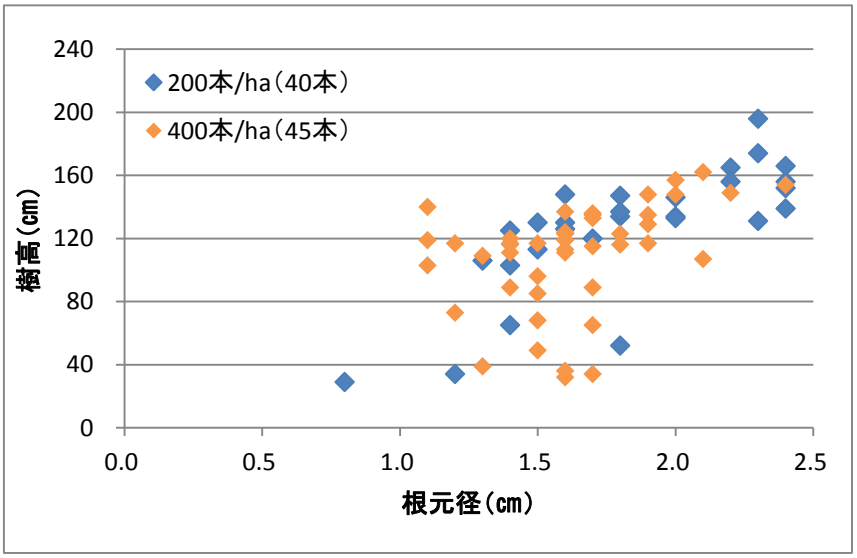


図 6-24 熊本県天草市に植栽したセンダンの形状（平成 30 年 10 月）

（5）植栽木の被害状況

植栽後 1 年目の夏に当たる本年度 8～9 月に調査を行ったところ、センダンは芋虫による葉の食害、カミキリ虫による幹の被害を多く受けていた（図 6-25～6-26）。これらの食害は、下刈り作業が適期にできずセンダンが雑草木に覆われていた時期に発生したと考えられ、下刈りを適期に実施することで回避できたと思われる。

なお、センダンの 80%は両区とも健全な状態にあり（図 6-27）、前述のとおり樹高や根元径はそれぞれ増加していた。ただし、下刈りが適期に実施されていれば、これらの平均樹高成長等は更に大きくなった可能性もある。

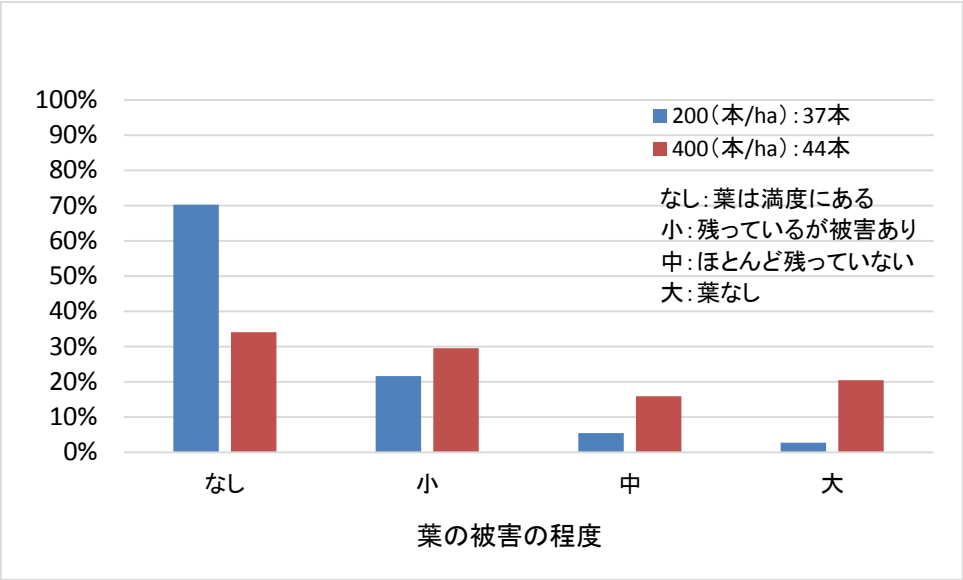


図 6-25 熊本県天草市センダンの芋虫による葉の食害状況（平成 30 年 8,9 月）

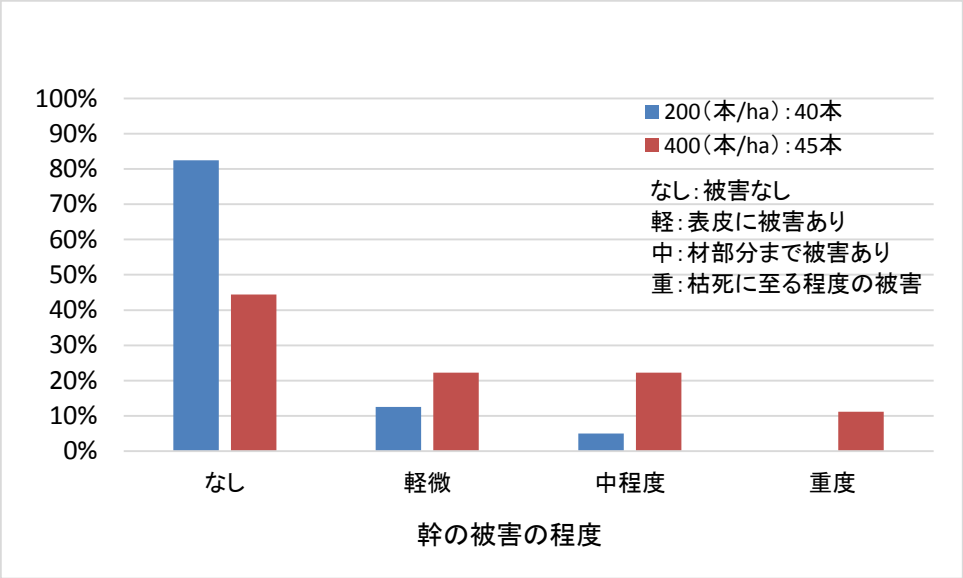


図 6-26 熊本県天草市センダンのカミキリ虫による幹の被害状況（平成 30 年 8,9 月）

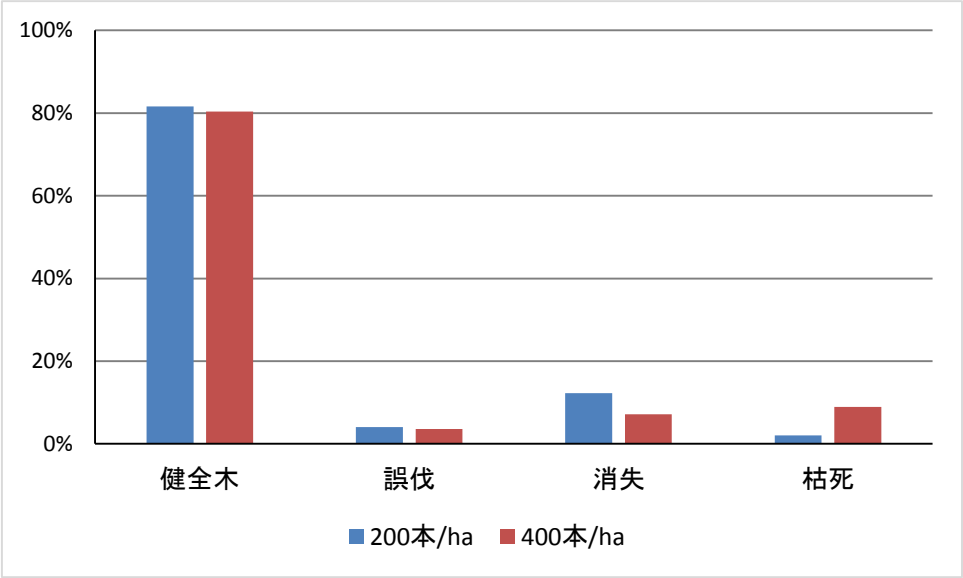


図 6-27 熊本県天草市センダンの生育状況（平成 30 年 10 月）

（6）作業人工

植栽地における下刈り時間を記録し、植栽密度による作業人工数の違いを調査した（表6-15、図 6-28）。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ている。

一方、芽かきについては、400 本/ha 区（植栽本数 56 本）では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（植栽本数 49 本）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る。

表 6-15 センダンの下刈り及び夏芽かきにかかった人工数（植栽密度別）

植栽密度（本/ha）	面積（ha）	植栽本数（本）	下刈りにかかった人工数（人日/ha）	芽かきにかかった人工数（人日/ha）	合計（人日/ha）
200	0.29	49	9.3	1.0	10.3
400	0.16	56	10.2	0.6	10.8

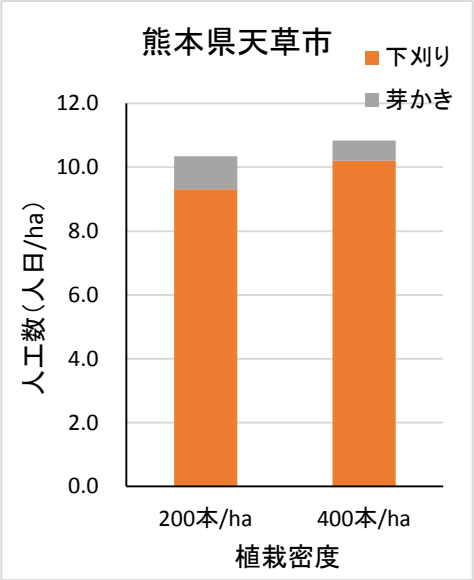


図 6-28 センダン下刈り及び夏芽かきにかかった人工数（苗齢別）

（7）下刈り及び芽かきコスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 6-16 に示す。

400 本/ha 区の下刈りは 200 本/ha 区に比べて約 2 倍の経費がかかった。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周囲に繁茂し、より多くの時間がかかったことが理由として挙げられる。

芽かきについては、両区で大きな違いは見られなかった。今回の芽かきコスト計算は夏芽かきのみで、また夏芽があまり発生していなかったことから、コストは多くかからなかった。

なお、下刈り単価については、前述（6）作業人工における「下刈り」の作業人工差（約 1.1 倍差）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。

表 6-16 下刈り及び夏芽かきにかかった経費

項目	200 本/ha					400 本/ha				
	量		単価(円)	経費(円)	備考	量		単価(円)	経費(円)	備考
下刈り	1	ha	149,678	149,678		1	ha	297,458	297,458	
芽かき	1	ha	19,346	19,346		1	ha	21,185	21,185	
計	1	ha	－	169,024		1	ha	－	318,643	

熊本県の標準単価表を基に下刈りコストを整理した（表 6-17）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

標準単価と比較し、200 本/ha 区の下刈りは標準単価とほぼ同程度だったが、400 本/ha 区の下刈りは標準単価の約 2 倍となった。前述したとおり、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周囲に繁茂し、より多くの時間がかかったことが理由として挙げられる。

表 6-17 熊本県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	下刈り	合計	合計:参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円/ha	円	円
共通	－	144,000	144,000	(133,953)

（8）現地写真

	
下刈り前（200 本/ha）	下刈り後（200 本/ha）

	
下刈り前（400 本/ha）	下刈り後（400 本/ha）

	
芽かき作業（200 本/ha）	芽かき作業（400 本/ha）

	
センダンの樹高を上回るセイタカアワダチソウ（H30.8 月）	セイタカアワダチソウの下刈り

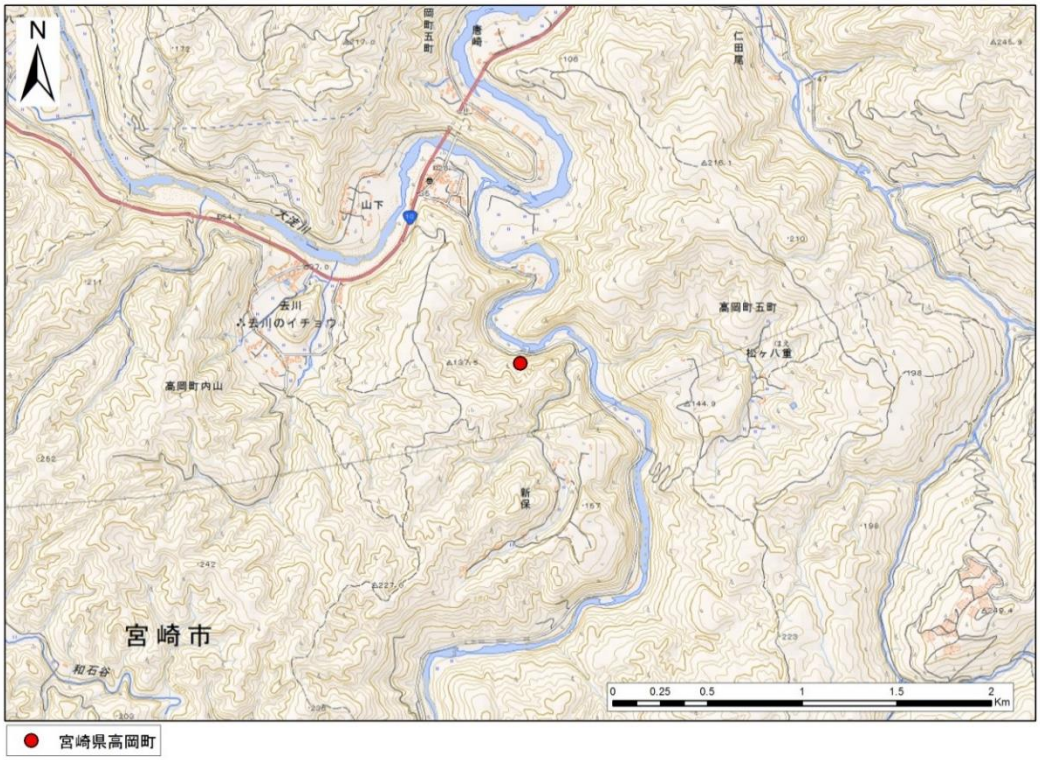
	
カミキリ虫による幹の被害（H30.8 月）	芋虫による葉の食害（H30.8 月）

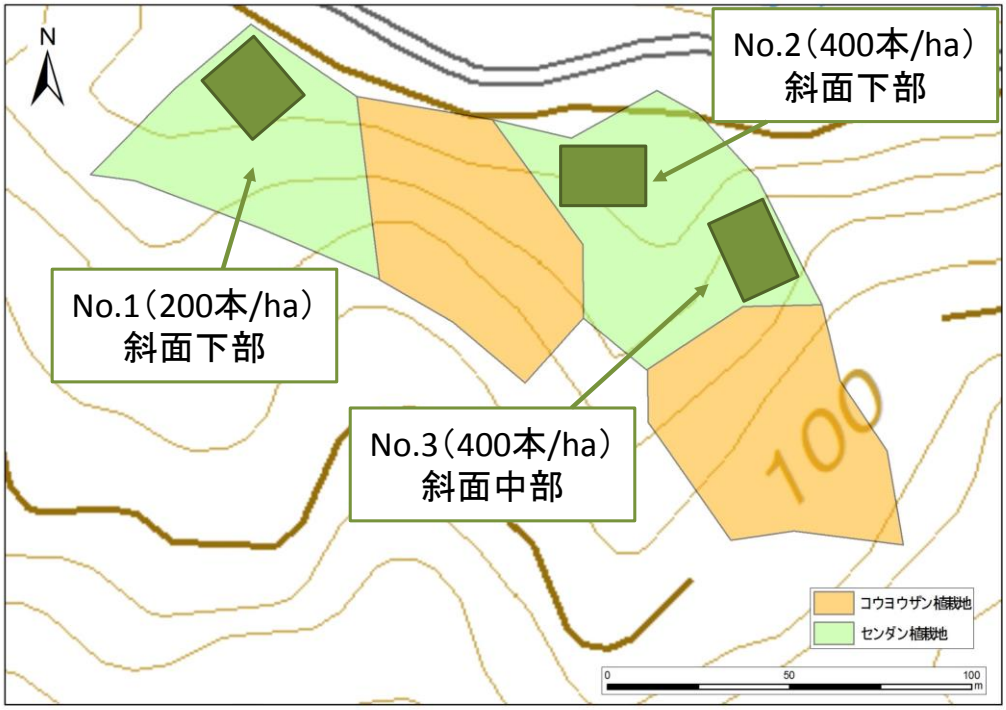
	
200 本/ha 区（No.1）（H30.1 月）	200 本/ha 区（No.1）（H30.10 月）

	
400 本/ha 区（No.2）（H30.1 月）	400 本/ha 区（No.2）（H30.8 月）

6.1.5.　宮崎県　宮崎市（センダン）（No.5）

（1）位置図





（2）植栽地の概要

【前生林】スギ、一部ヒノキ、広葉樹

【前生林の林齢】66 年生

【伐採】平成 28 年 10 月～平成 29 年 3 月

【前生林分の蓄積量】2,880m^3*

*本実証地を含む全地域（4.45ha）の伐採前に調査し算出された、当該地域内の蓄積量

実証試験地	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	17.4℃（平均気温）/　2508.5mm（年降水量）/　0cm（年降雪量） （平年値、宮崎市）			
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 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 年 8 月 16,17,18 日			

（3）調査プロット概要

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 ＋飛地あり	36 本	
400 本/ha 平坦～斜面下部	No.2	29.7×28.7m ＋飛地あり	38 本	
400 本/ha 斜面中部	No.3	17.5×40.6m	30 本	
合計			104 本	

（4）植栽木の成長状況

宮崎県における調査結果を表 6-18、図 6-29～6-30 に示す。成長量では、200 本/ha 及び 400 本/ha、また平坦～斜面下部及び斜面中部で、根元径・樹高ともに成長量に差異は見られなかった（t 検定、P>0.05）。

なお、芽かきにより樹高が前年度を下回っている植栽木は外して成長量の検定を行っている。

表 6-18 宮崎県宮崎市の調査データ

試験処理区（植栽密度・立地）	測定項目	H29.12 月～H30.1 月	H30.10 月 22 日	差
植栽密度 200 本/ha（平坦～斜面下部）	平均根元径（cm）	1.2	1.9	0.7
	標準偏差	0.3	0.6	-
	平均樹高（cm）	108.3	142.8	34.5
	標準偏差	14.1	32.9	-
	平均形状比	94.2	79.1	－15.2
	標準偏差	13.8	19.4	-
植栽密度 400 本/ha（平坦～斜面下部）	平均根元径（cm）	1.2	2.2	1.0
	標準偏差	0.3	0.8	-
	平均樹高（cm）	111.3	155.6	44.4
	標準偏差	12.4	42.2	-
	平均形状比	92.0	73.2	－18.8
	標準偏差	16.1	15.3	-
植栽密度 400 本/ha（斜面中部）	平均根元径（cm）	1.2	1.8	0.6
	標準偏差	0.3	0.6	-
	平均樹高（cm）	112.0	126.1	14.2
	標準偏差	18.2	42.2	-
	平均形状比	97.1	73.0	－24.2
	標準偏差	26.0	25.6	-

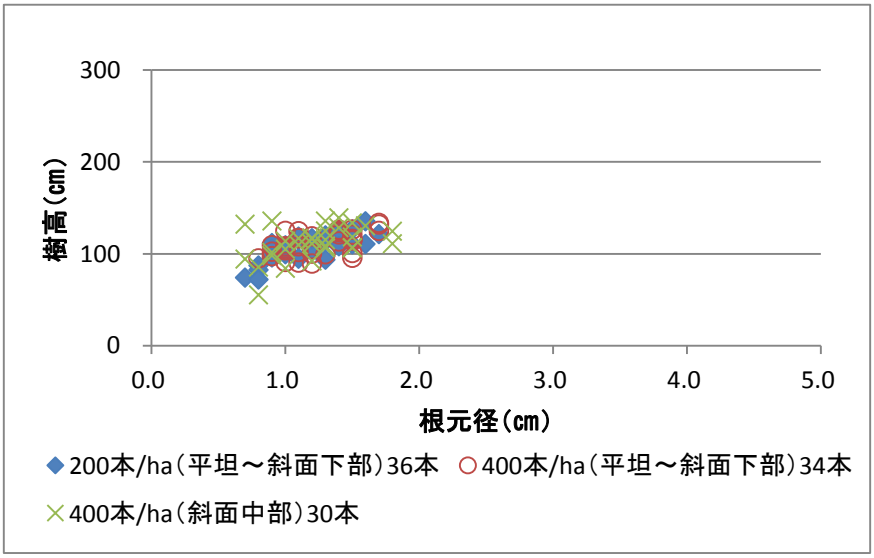


図 6-29 宮崎県宮崎市に植栽したセンダンの形状（平成 29 年 12 月～平成 30 年 1 月）

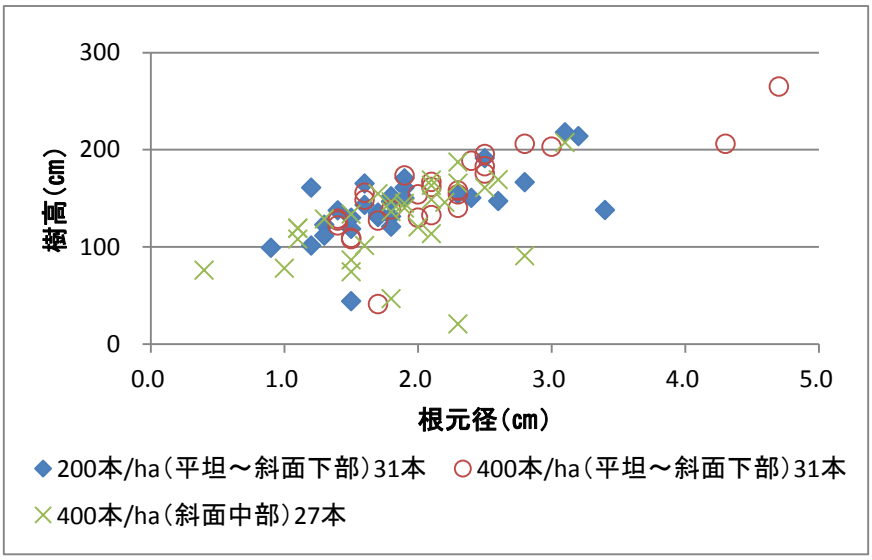


図 6-30 宮崎県宮崎市に植栽したセンダンの形状（平成 30 年 10 月）

（5）植栽木の被害状況

植栽後 1 年目の夏に当たる本年度 8～9 月に調査を行ったところ、芋虫による葉の食害、カミキリ虫による幹の被害を受けている個体はそれぞれ 200 本/ha（平坦～斜面下部）で 8%、36%、400 本/ha（平坦～斜面下部）で 0%、31%、400 本/ha（斜面中部）で 3%、24%見られた（図 6-31～6-32）。但し、今後の成長に影響を及ぼす程度のものは少なく（図 6-33）、前述のとおり根元径や樹高はそれぞれ増加していた。

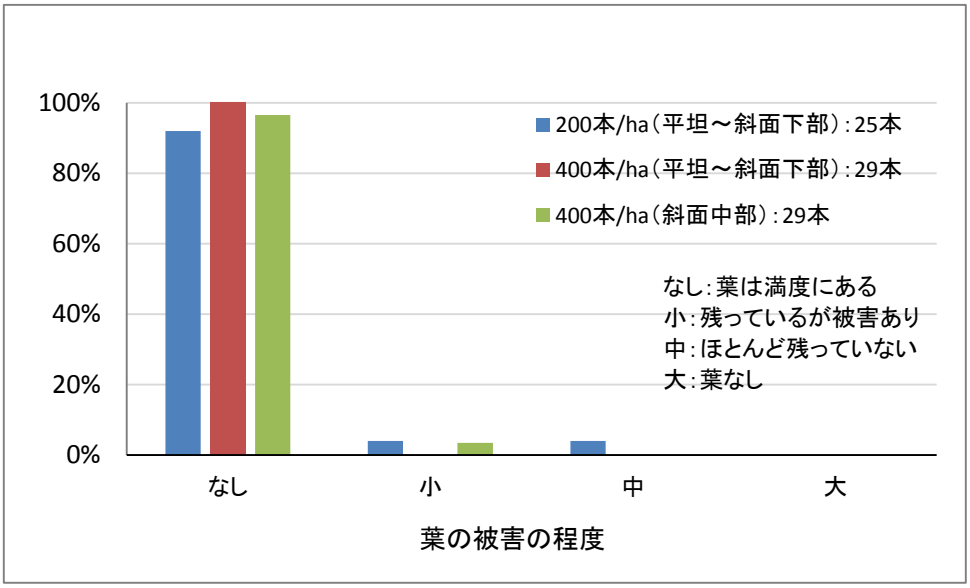


図 6-31 宮崎県宮崎市センダンの芋虫による葉の食害状況（平成 30 年 8 月）

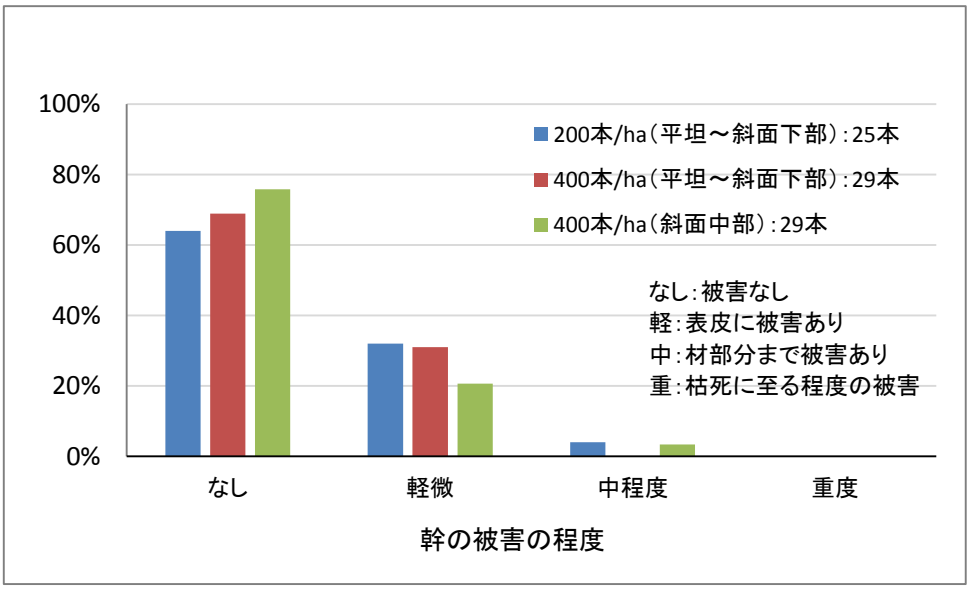


図 6-32 宮崎県宮崎市センダンのカミキリ虫による幹の被害状況（平成 30 年 8 月）

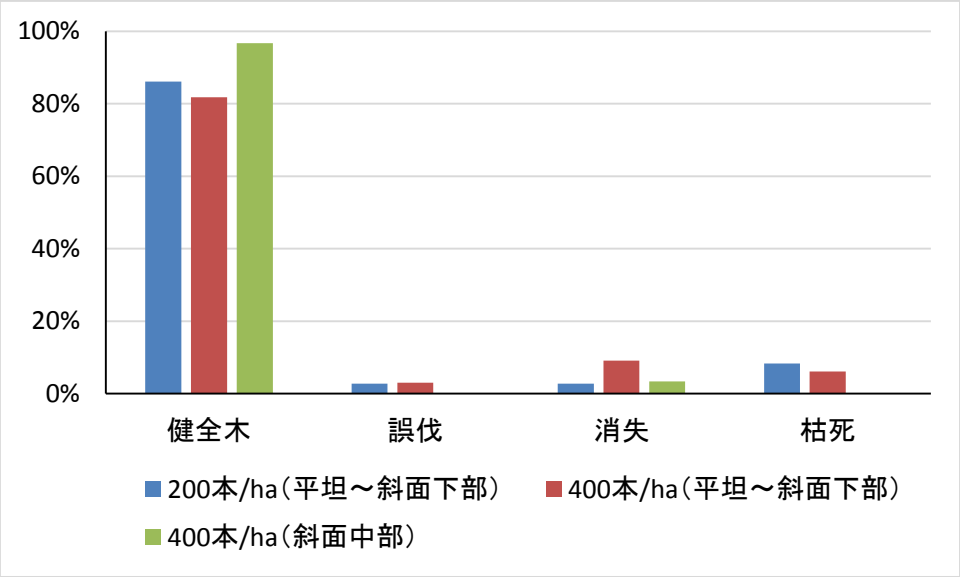


図 6-33 熊本県天草市センダンの生育状況（平成 30 年 10 月）

（6）作業人工

植栽地における下刈り時間を記録し、植栽密度による作業人工数の違いを調査した（表6-19、図 6-34）。200 本/区と 400 本/ha 区を比較し、植栽密度による下刈り、芽かきにかかる作業人工に大きな差は見られなかった。

表 6-19 センダンの下刈り及び夏芽かきにかかった人工数（植栽密度別）

植栽密度（本/ha）	面積（ha）	かかった人工数（人日/ha）		合計（人日/ha）
		下刈り	芽かき	
200	0.25	6.3	0.4	6.7
400	0.29	6.0	0.6	6.6

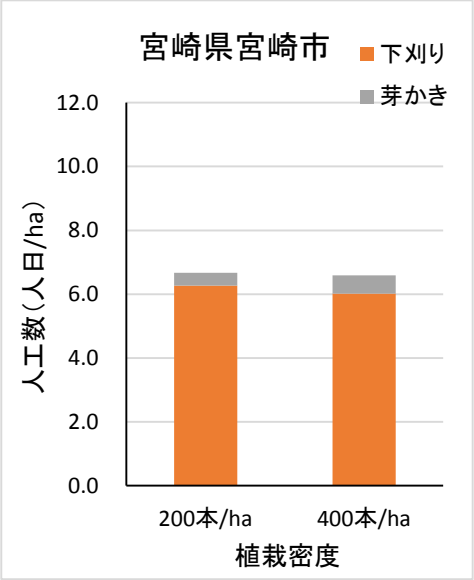


図 6-34 センダン下刈り及び夏芽かきにかかった人工数（植栽密度別）

（7）下刈りコスト

1ha あたりの実際に掛かった経費〔税抜き〕を表 6-20 に示す。

下刈り作業について現場からは、「200 本/ha 区は 400 本/ha 区に比べて密度が低いため植栽木を気にする頻度が少なく、比較的やりやすかった」との意見が聞かれた。しかし、結果としては 200 本/ha 区の経費は 400 本/ha 区を上回る結果となっており、これは地形の影響が原因と考えられる。

芽かきについては、植栽密度が高く、1ha 当たりの本数が多い 400 本/ha で 200 本/ha に比べ 1.2 倍の経費がかかった。

なお、下刈り単価については、前述（6）作業人工における「下刈り」の作業人工差（約 1.04 倍差）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。

表 6-20 下刈り及び夏芽かきにかかった経費

項目	200 本/ha					400 本/ha				
	量		単価(円)	経費(円)	備考	量		単価(円)	経費(円)	備考
下刈り	1	ha	123,198	123,198		1	ha	101,898	101,898	
芽かき	1	ha	49,902	49,902		1	ha	61,809	61,809	
計	1	ha	－	173,100		1	ha	－	163,707	

宮崎県の標準単価表を基に下刈りコストを整理した（表 6-21）。なお、標準単価については、共通仮設費（7.5%）が含まれる。そのため、共通仮設費を除いたものを独自に算出した結果として参考値を記載した。

標準単価と比較し、両区とも標準単価とほぼ同程度だった。

表 6-21 宮崎県森林整備事業の標準単価

樹種	植栽本数	下刈り	合計	合計:参考値（共通仮設費除く）
	本/ha	円/ha	円	円
共通	－	129,000	144,000	（120,000）

（8）現地写真

	
下刈り前（200 本/ha）	下刈り後（200 本/ha）

	
下刈り前（400 本/ha）	下刈り後（400 本/ha）

	
芽かき作業（200 本/ha）	芽かき作業（400 本/ha）

	
カミキリ虫による幹の被害（H30.8 月）	芋虫による葉の食害（H30.8 月）

	
プロット No.1（H29.12 月）	プロット No.1（H30.10 月）

	
プロット No.2（H29.12 月）	プロット No.2（H30.10 月）

	
プロット No.3（H30.1 月）	プロット No.3（H30.10 月）

6.2. 全体のまとめ

本年度は、平成 29 年度の調査事業で実施した 5 箇所の植栽地において、現地調査、下刈り及び芽かき（センダン）作業を実施し、植栽木の成長状況、下刈り作業等の生産性及びコストについて調査を実施した。その結果について次に示す。

6.2.1. 植栽木の特性

➢ センダンの植栽木について

センダンは、平成 29 年度、熊本県天草市と宮崎県宮崎市に植栽し、今年度それらの成長状況について調査を実施した。平成 30 年 8,9 月の調査で、両箇所において芋虫による葉の食害と、カミキリ虫による幹の被害を確認しており、特に、以前の土地利用が農地で、周囲にミカン畑のある熊本県天草市でその被害率は高かった。

また、熊本県天草市の 400 本/ha 区では、センダンの背丈を超えるセイタカアワダチソウが繁茂したことにより、センダンの成長が抑えられるとともに、芋虫やカミキリ虫による被害の程度や被害率を高めていた。これは、平成 30 年度は下刈りが適期より遅れたことが原因と考えられることから、今後はセイタカアワダチソウなど他の草本がセンダンを被圧する前に、下刈りを行う必要がある。

植栽密度別の植栽木の生存率の詳細については後述 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の章で述べる。

➢ コウヨウザンの植栽木について

コウヨウザンは、平成 29 年度、富山県立山町と広島県北広島町で 1 年生苗と 2 年生苗、宮崎県宮崎市で 1 年生苗を植栽し、今年度それらの成長状況について調査を実施した。

富山県及び広島県の 2 年生苗の植栽地で主軸枯れが多く、また広島県と宮崎県でウサギ食害が多く見られた。

苗齢別の植栽木の生存率やウサギ食害率の詳細については後述 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の章で述べる。

6.2.2. 下刈り作業等のコスト

全実証地の下刈り等の経費を表 6-22～6-23 に示した。

下刈り作業で最もコストが高かったのは、富山県のコウヨウザン 1 年生苗の植栽地であった。1 年生苗は小さく、苗木を見つけるのに時間を要したことや、下層植生の生育が旺盛だったことが要因と考えられる。また、富山県は積雪地域で、割竹を刺し植栽木周囲の土を踏み固める根踏みの作業があり、根踏みを含めさらにコストがかかる結果となった。

熊本県天草市のセンダン 400 本/ha 区で下刈りコストが高かったのは、植栽密度によるものではなく、その区でセイタカアワダチソウが繁茂していたことによるものと考えられる。センダン植栽地の芽かきに係る経費については、夏芽かきのみであり、夏芽があまり発生していなかったことから、多くかからなかった。

表 6-22 下刈り作業等コスト一覧（コウヨウザン）

No.	地域	樹種	規格	苗齢 1年生苗	内訳					苗齢 2年生苗	内訳				
					数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考		数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考
1	富山県立山町	コウヨウザン	裸苗	根踏み(円/ha)	1	ha	169,196	169,196	下刈りは人力及び機械	根踏み(円/ha)	1	ha	107,140	107,140	下刈りは人力及び機械
				下刈り(円/ha)	1	ha	300,117	300,117		下刈り(円/ha)	1	ha	210,504	210,504	
				計	1	ha	－	469,313		計	1	ha	－	317,644	
2	広島県北広島町	コウヨウザン	裸苗	印付け(円/ha)	1	ha	176,364	176,364	下刈りは人力及び機械	根踏み(円/ha)	1	ha	0	0	下刈りは人力及び機械
				下刈り(円/ha)	1	ha	161,090	161,090		下刈り(円/ha)	1	ha	147,282	147,282	
				計	1	ha	－	337,454		計	1	ha	－	147,282	
3	宮崎県宮崎市	コウヨウザン	裸苗	下刈り(円/ha)	1	ha	118,333	118,333	下刈りは機械						－
				計	1	ha	－	118,333		計	1	ha	－	－	

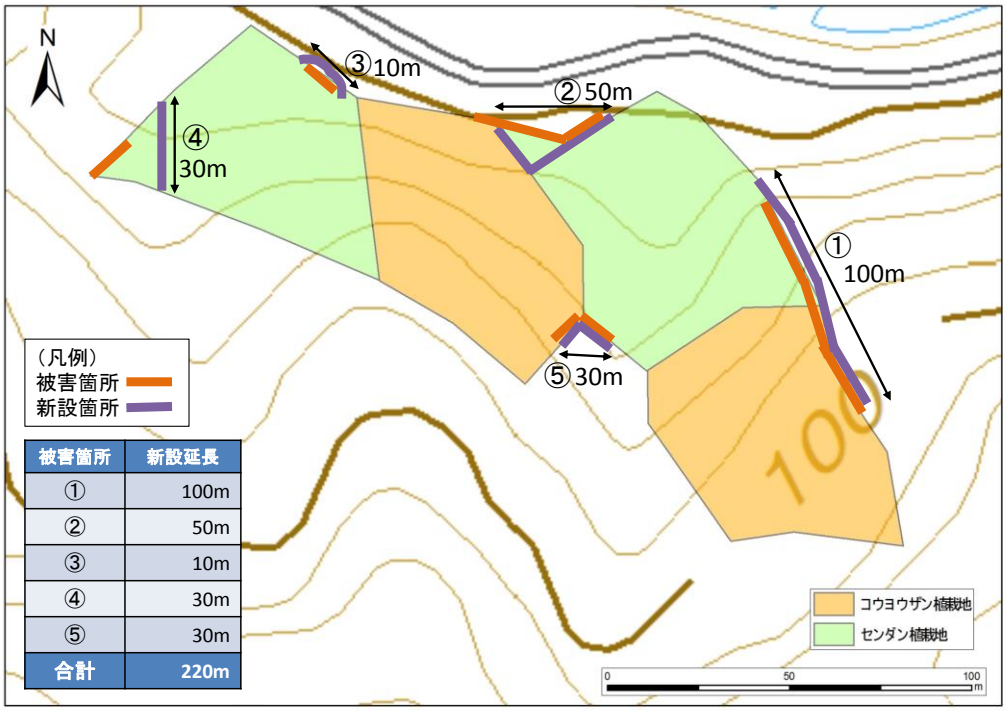
表 6-23 下刈り作業等コスト一覧（センダン）

No.	地域	樹種	規格	植栽密度 200本/ha区	内訳					植栽密度 400本/ha区	内訳				
					数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考		数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考
4	熊本県天草市	センダン	裸苗	下刈り(円/ha)	1	ha	149,678	149,678	下刈りは人力及び機械	下刈り(円/ha)	1	ha	297,458	297,458	下刈りは人力及び機械
				芽かき(円/ha)	1	ha	19,346	19,346		芽かき(円/ha)	1	ha	21,185	21,185	
				計	1	ha	－	169,024		計	1	ha	－	318,643	
5	宮崎県宮崎市	センダン	裸苗	下刈り(円/ha)	1	ha	123,198	123,198	下刈りは機械	下刈り(円/ha)	1	ha	101,898	101,898	下刈りは機械
				芽かき(円/ha)	1	ha	49,902	49,902		芽かき(円/ha)	1	ha	61,809	61,809	
				計	1	ha	－	173,100		計	1	ha	－	163,707	

6.3. その他

獣害防止柵の新設

平成 29 年度の調査事業で宮崎県宮崎市高岡町の植栽地（平成 29 年度新規植栽地 No.3 及び No.5）に設置した獣害防止柵について、台風 24 号の影響により損壊した箇所において概ね 220m の新設を実施した（図 6-35）。



被害箇所	新設延長
①	100m
②	50m
③	10m
④	30m
⑤	30m
合計	220m

図 6-35 宮崎市高岡町の植栽地における獣害防止柵被害箇所と新設箇所

台風による被害箇所①（損壊状況）

台風による被害箇所①（柵の新設）

台風による被害箇所②（損壊状況）

台風による被害箇所②（柵の新設）

台風による被害箇所③（損壊状況）

台風による被害箇所③（柵の新設）

台風による被害箇所④（損壊状況）

台風による被害箇所④（柵の新設）

台風による被害箇所⑤（損壊状況）

台風による被害箇所⑤（柵の新設）

7. 植栽・保育に関するガイドラインの作成に向けた検討

7.1. ガイドライン作成の目的

多様で健全な森林への誘導や林業の成長産業化に向けて、早く大きく成長する早生樹への期待が高まっており、主伐後の再造林の実施のほか、農地として再生利用が困難な荒廃農地の森林としての利用に当たっても、多面的機能を発揮させる観点から、早生樹の本格的な利用に向けた取組を進めることが重要となっている。そのような中、早生樹に関する研究事業や実証調査が盛んになってきているが、本格的に研究等が開始されて日が浅く、育苗、植栽立地、施業体系等不明な点が多い。また、試験研究情報等も一元的に整理されていない。

本事業では、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通して得られた結果を基に、早生樹利用による森林整備のための、植栽・保育に関するガイドラインを作成することを目的としており、昨年度は、ガイドラインの対象者や早生樹の位置づけ、樹種毎の留意点、荒廃農地における植栽について検討を行った。本年度は、昨年度の事業内容を踏まえ、ガイドラインについて骨子を検討・作成することとした。

7.2. ガイドラインの検討

最終年度（平成 31 年度）にガイドラインを作成するために、本年度はガイドラインの骨子を作成し、樹種ごとの中身について検討した。

7.2.1. 骨子

ガイドラインの骨子として、図 7-1 を提案した。

ガイドライン（骨子）（案）

１．背景等

　　早生樹の種苗生産や需要・供給について

２．対象者

　　行政の施策担当者

３．「早生樹」の位置づけ

４．植栽・保育情報の提供

（１）センダン

はじめに（植栽密度試験の理由等）

① 各植栽密度（200 本/ha・400 本/ha）の評価

② 芽かきについて（手法や時期、効果等について）

③ 植栽適地について

（２）コウヨウザン

はじめに（苗齢試験の理由等）

① 各苗齢（1 年生苗・2 年生苗）の評価

② 植栽適地について

（３）その他

① チャンチンモドキ（成長状況の評価）

② ヤナギ類（成長状況の評価）

図 7-1 ガイドラインの骨子（案）

7.2.2.　センダン

（1）はじめに

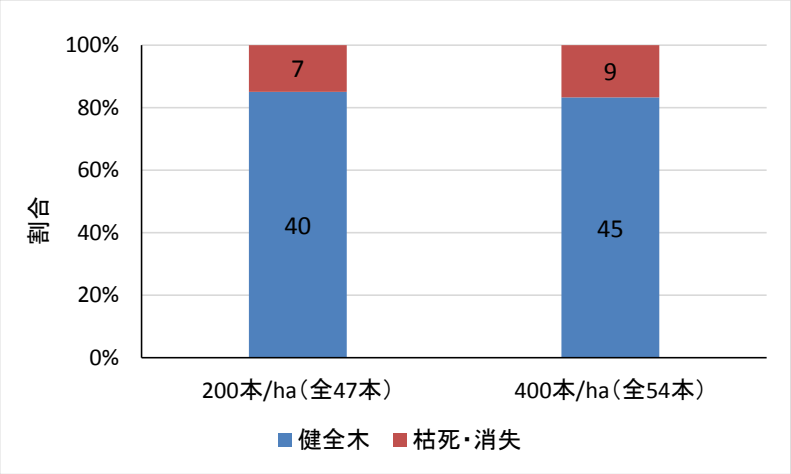
熊本県では、センダンの植栽密度を 400 本/ha（植栽間隔 5m×5m）としている。この密度に対して、単木当たりの葉量を更に増やし、より肥大成長を促進させ伐期を短縮させる視点から、200 本/ha（植栽間隔 7m×7m）の植栽密度による比較試験を実施した。植栽後の生育状況等の調査を定期的に実施するとともに、植栽、芽かき及び下刈り等の作業コストに関わる調査も併せて実施し、初期保育のあり方について考察した。

（2）各植栽密度（200 本/ha・400 本/ha）の評価

① 生育について

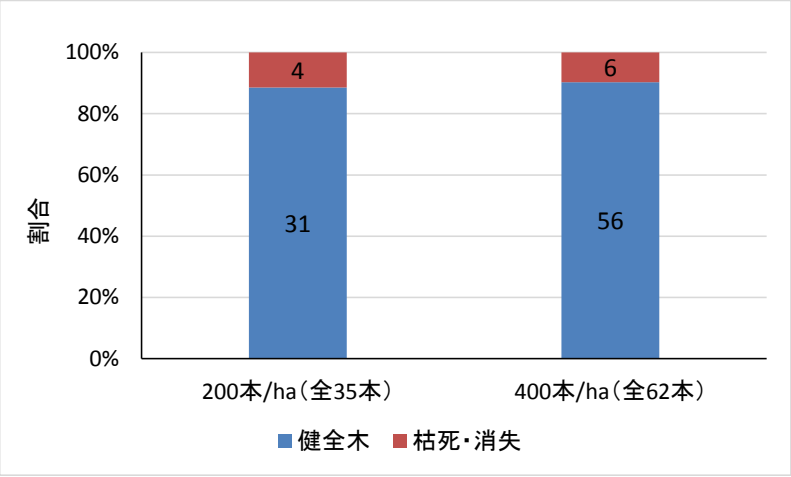
本事業の実証植栽地である熊本県天草市（平成 29 年度新規植栽地 No.4）及び宮崎県宮崎市（平成 29 年度新規植栽地 No.5）における植栽木の生存率を図 7-2～7-3 に示す。カイ二乗検定を行った結果、両区において P>0.05 で植栽密度による生存率の違いに有意差は見られなかった。

来年度、愛知県豊田市の植栽地（平成 30 年新規植栽地 No.1）において、立地環境（畑跡地、排水処理有り水田跡地、排水処理無し水田跡地）の違いによる生存率（活着率）について同様のデータ分析を行う。



（カイ二乗検定：P=0.808）

図 7-2 センダン植栽木の植栽密度別の生存と枯死本数（熊本県天草市）



（カイ二乗検定：P=0.785）

図 7-3 センダン植栽木の植栽密度別の生存と枯死本数（宮崎県宮崎市）

② コストについて

本事業の実証植栽地である熊本県天草市及び宮崎県宮崎市における下刈り及び夏芽かきの人工数を表 7-1、図 7-4 に示す。

熊本県天草市で 200 本/ha 区に比べ 400 本/ha 区で多くの人工数がかかっているが、これは植栽密度による違いではなく、400 本/ha 区により繁茂していたセイタカアワダチソウによる影響が大きいと考えられる。芽かきのコストについては、両区で大きな違いは見られなかったが、通常想定されるよりも夏芽が少なかったため、一般的なデータとしては使えないと考えられる。来年度に春芽かきも含めた調査を実施し、これを合わせて考察する必要がある。

また、植栽から 1 年目の下刈り及び夏芽かきにかかった経費を表 7-2 に示す。トータルコストは、熊本県と宮崎県の両区で 400 本/ha 区が 200 本/ha 区を上回っている。200 本/ha 区に比べ 400 本/ha 区で植栽本数が多い分、苗木代及び植栽に経費が多くかかったこと等が理由として挙げられる。

表 7-1 平成 29 年度実証植栽地における初期保育にかかった人工数

場所	植栽密度（本/ha）	面積（ha）	単位面積当たりの作業人工（人工/ha）※1 日=7.5 時間		
			下刈り	夏芽かき	合計
熊本県天草市	200	0.29	9.3	1.0	10.3
	400	0.16	10.2	0.6	10.8
宮崎県宮崎市	200	0.25	6.3	0.4	6.7
	400	0.29	6.0	0.6	6.6

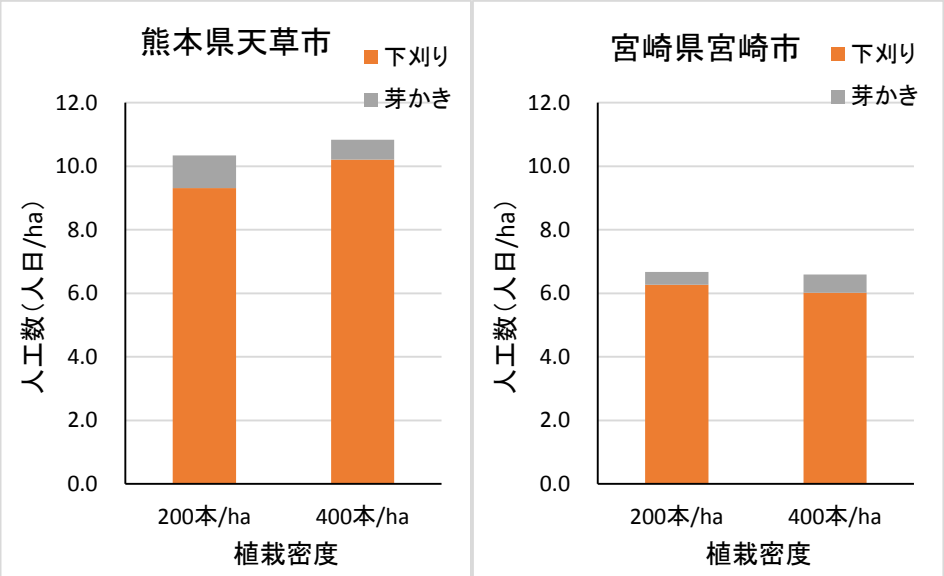


図 7-4 平成 29 年度実証植栽地における初期保育にかかった人工数

表 7-2 平成 29 年度実証植栽地における植栽作業から下刈り及び芽かきにかかったコスト

地域	植栽密度 200本/ha区	内訳					植栽密度 400本/ha区	内訳				
		数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考		数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考
熊本県天草市	地拵え(円/ha)	1	ha	354,397	354,397	地拵え及び下刈りは、人力及び機械	地拵え(円/ha)	1	ha	354,397	354,397	地拵え及び下刈りは、人力及び機械
	苗木（円/ha）	200	本	110	22,000		苗木（円/ha）	400	本	110	44,000	
	植栽（円/ha）	200	本	320	64,000		植栽（円/ha）	400	本	320	128,000	
	下刈り(円/ha)	1	ha	149,678	149,678		下刈り(円/ha)	1	ha	297,458	297,458	
	芽かき（円/ha）	1	ha	19,346	19,346		芽かき（円/ha）	1	ha	21,185	21,185	
	計	1	ha	－	609,421		計	1	ha	－	845,040	
宮崎県宮崎市	地拵え(円/ha)	1	ha	79,810	79,810	地拵えは人力、下刈りは機械	地拵え(円/ha)	1	ha	79,810	79,810	地拵えは人力、下刈りは機械
	苗木（円/ha）	200	本	110	22,000		苗木（円/ha）	400	本	110	44,000	
	植栽（円/ha）	200	本	74	14,800		植栽（円/ha）	400	本	74	29,600	
	下刈り(円/ha)	1	ha	123,198	123,198		下刈り(円/ha)	1	ha	101,898	101,898	
	芽かき（円/ha）	1	ha	49,902	49,902		芽かき（円/ha）	1	ha	61,809	61,809	
	計	1	ha	－	289,709		計	1	ha	－	317,117	

（3）芽かきについて

各地域の既存のセンダン調査林分の一覧を表 7-3 に示す。既存植栽地である熊本県甲佐町のセンダン林分（17 年生）において、芽かきを行った個体と行っていない個体に分けて樹高測定等の調査を行った。その調査データを基に t 検定を行った結果、樹高については P>0.05 で芽かきの有無による有意差は見られなかったが、直幹高（地際から直材が取れるまでの高さ（長さ））については P<0.05 で芽かきの有無による有意差が見られた（表 7-4、図 7-5）。このため、芽かきを行うことで、通直材が取れる長さを長くできることがデータで示された。

なお、芽かきについては、以下の情報が文献調査より得られている。

- 芽かきにより低密度での植栽でも通直性を高めることが可能（表 3-6 文献 6）
- 年 2 回（4 月下旬～5 月と 10 月）の芽かきを行うことにより、幹曲がりを小さく出来ることを示唆（表 3-6 文献 11）

表 7-3 センダン既存植栽地の調査地一覧

No.	場所	所有形態*	処理区分	植栽面積（ha）	植栽密度（本/ha）	林齢	土地	標高（m）	斜面方位	年降水量（mm）	壮/若
1	熊本県苓北町	民	２年生	0.047	299	2	水田跡地	195	ENE	2,076	若齢
2			５年生	0.090	389	5					
3	熊本県甲佐町	民（県）	芽かき有	0.1	1,111	17	畑跡地	32	－	2,205	壮齢
4			芽かき無								
5	宮崎県高岡町	国	－	0.16	2,800	21	山地	162	ENE	2,509	壮齢
6	宮崎県高岡町	民	－	2.86	2,500	17	山地	122	NE	2,509	壮齢
7	宮崎県延岡市	民	－	0.14	3,500	18	山地	450	N	2,292	壮齢
8	兵庫県宍粟市	民	－	0.3	400	3	水田跡地	198	W	1,740	若齢
9	熊本県人吉市	民（県）	斜面下部	0.8	3,000	24	山地	260	WNW	2,390	壮齢
10			斜面上部					280	NNW		
11	宮崎県えびの市	国	－	1.24	3,000	30	山地	676	NE	2,569	壮齢
12	熊本県天草市	民	－	－	400	2	山地	330	W	2,076	若齢

*所有形態：「民」は民有林、「民（県）」は県有林、「国」は国有林

表 7-4 芽かきの有無による成長の違い（熊本県甲佐町 17 年生）

項目	直幹高（m）		樹高（m）	
芽かきの有無	あり	なし	あり	なし
平均	5.8	3.2	16.7	15.9
標準偏差	0.8	0.5	1.2	0.9
標本数	24	6	24	6
自由度	28		28	
t 値	7.43		1.35	
P 値	0.00		0.19	

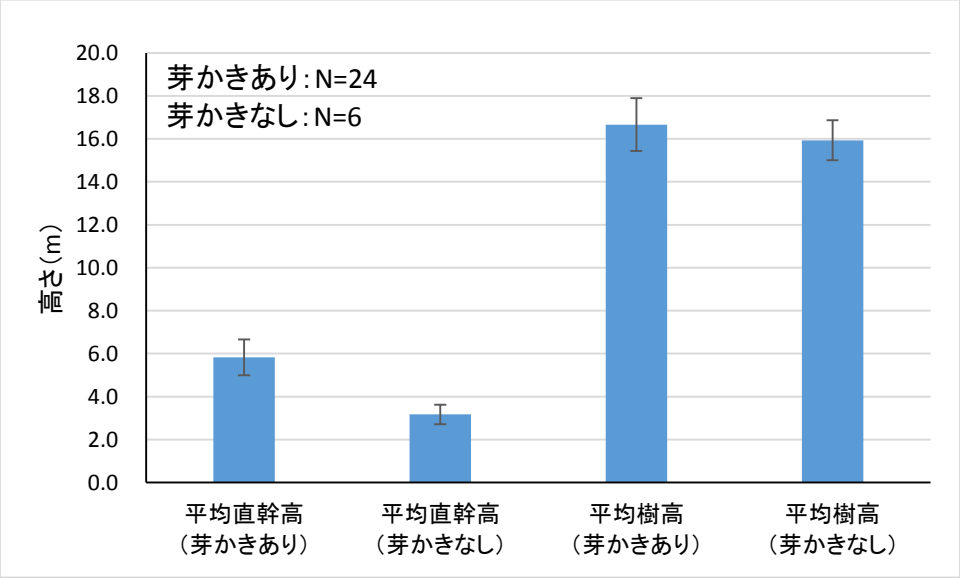


図 7-5 芽かき処理の有無と樹高・直幹高の関係（熊本県甲佐町 17 年生）

（4）植栽適地と保育管理について

① 既存植栽地の調査結果について

表 7-3 に示した各地域の既存のセンダン調査林分の調査結果を図 7-6～7-10 に示す。

調査林分の中では、熊本県甲佐町のセンダン 17 年生林分（No.3,4）の生育が良く、連年成長量は今回の調査林分 14 箇所のうちで最も高かった（図 7-10）。芽かきや下刈りのほか、間伐も計画的に実施していること、また畑跡地で土地の生産力も高く、施肥も行われていることが理由と考えられる。

一方、宮崎県えびの市の 30 年生林分（No.11）においては、植栽密度 3,000 本/ha の 1.24ha のセンダン植林地であったが、現在ではほとんどのセンダンが枯れて消失し、確認できたセンダン生立木は僅か 15 本であった。現在、林冠を形成しているのはタブノキやウラジロガシなどの常緑を主とする広葉樹類であった。当該林分は 11 年生時の除伐以降、19 年間保育を行っていない。その間に雑草木が優占的な状況となり、陽樹であるセンダンの衰退・枯死により現況に至ったのではないかと思われる。

以上の両林分の調査から、第一に植栽に当たってその適地を選択することは重要であるが、その上で、センダン以外の高木による被圧が起こらないよう、保育作業を確実に実施していくことがセンダン林分育成にとって不可欠であることを示唆している。

また、植栽適地については、以下の情報が文献調査より得られている。

- 京都府立大学附属大野演習林（京都府南丹市美山町）でも、11 年目には直径 30cm、20 年目には直径 50cm に成長しており、降雪があり比較的冷涼な地域（平均気温 12.9℃：気象庁「美山」）でも優れた成長量が見込める（表 3-4 文献 1）
- 標高 480m の試験地（鳥取県）では、積雪による幹折れが発生（被害率 92.1%）。幹の折損部からは萌芽が発生したが成長は不良であり、積雪地での植栽は不適と推察（表 3-4 文献 6）
- センダンの良好な初期成長には、標高が低いこと、傾斜が緩いこと、光環境が良いことが必要。気温が高く、表層土壌が厚い場所、北斜面よりも南斜面が適していると推察（表 3-4 文献 7）
- 土壌水分や養分が豊富な谷筋や平地で成林し、斜面上部や尾根上で成長不良（表 3-6 文献 6）
- センダンこぶ病は、造林地にあらかじめ風雨をさえぎる防風林等を設けておき、センダンに直接風が当たらないように風当たりの程度をコントロールすることで、被害軽減の可能性（表 3-6 文献 15）

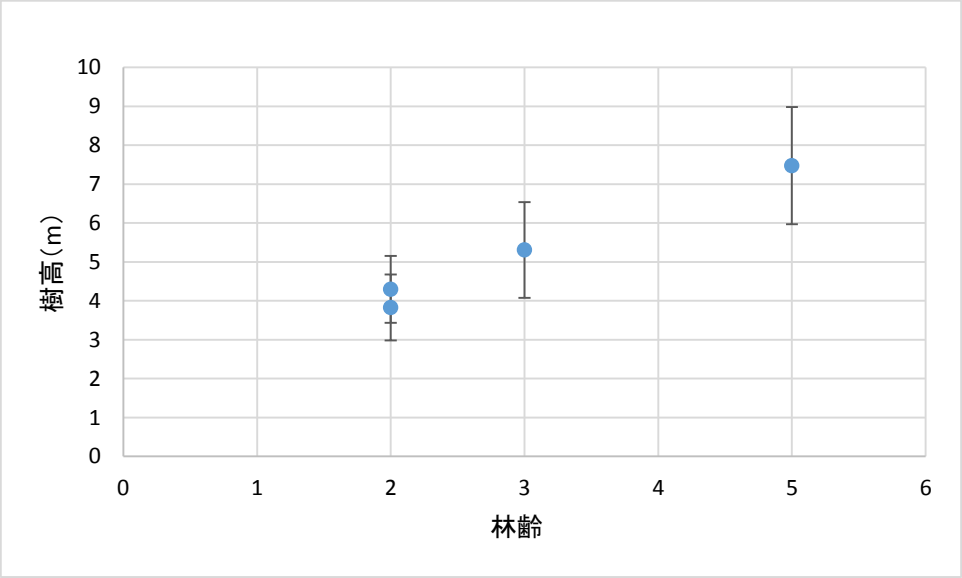


図 7-6 センダン各調査地（若齢林）における林齢と樹高の関係

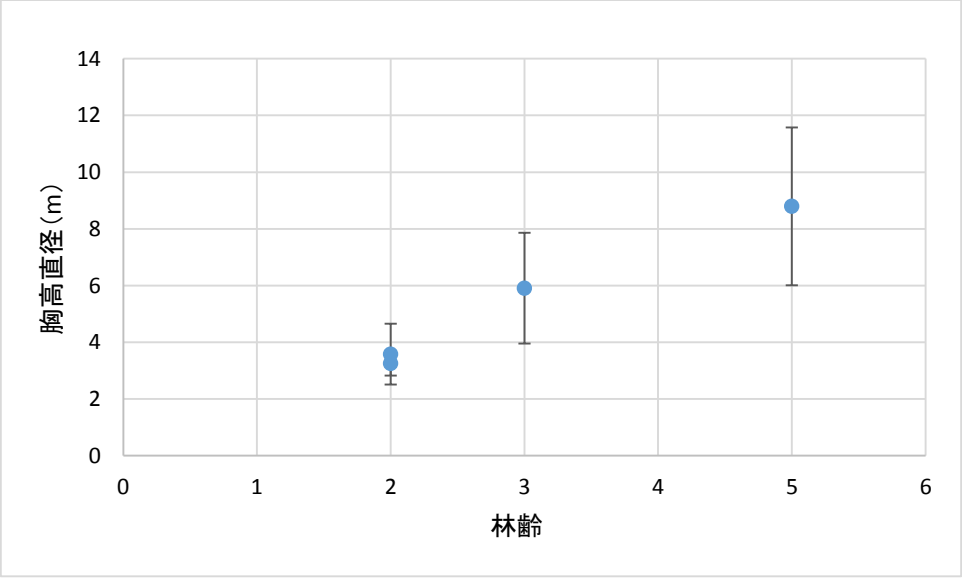


図 7-7 センダン各調査地（若齢林）における林齢と胸高直径の関係

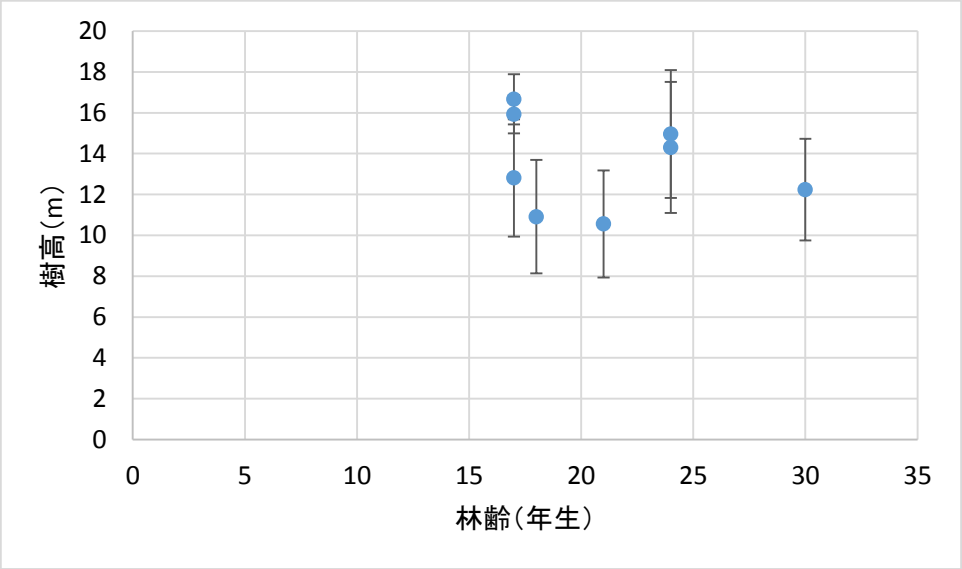


図 7-8 センダン各調査地（壮齢林）における林齢と樹高の関係

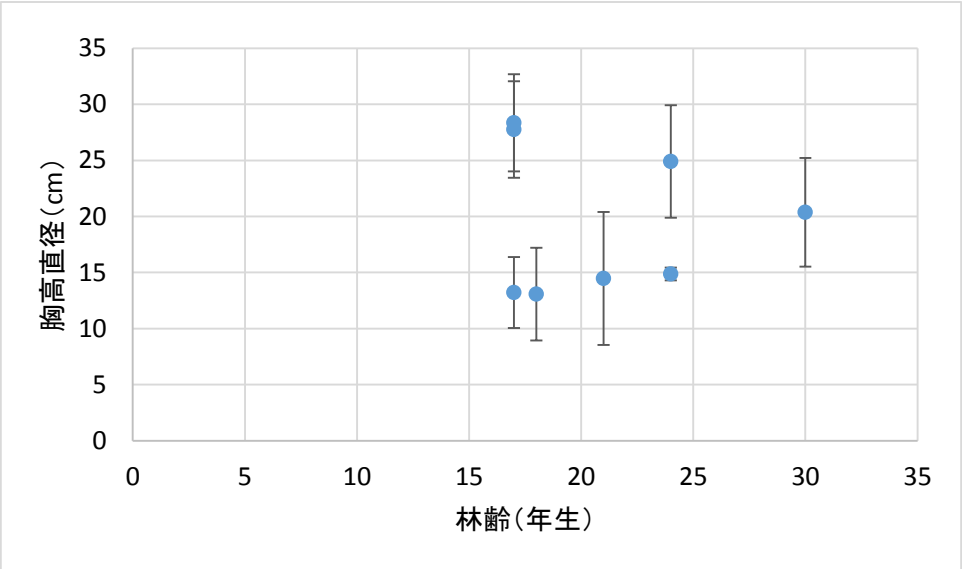


図 7-9 センダン各調査地（壮齢林）における林齢と胸高直径の関係

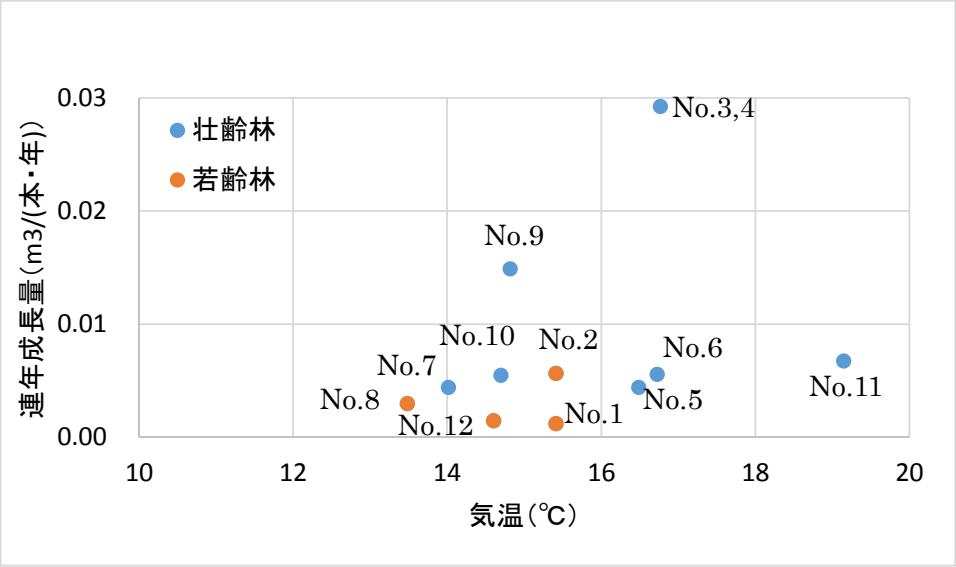


図 7-10 センダン各調査地における 1 本当たりの連年成長量

（森林総合研究所「幹材積計算プログラム」「広葉樹 I 」にて計算）

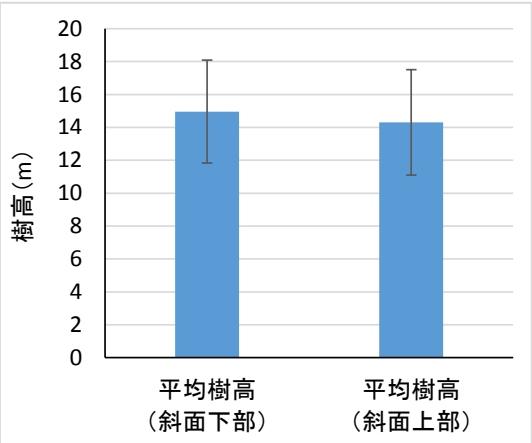
	
熊本県甲佐町（No.3,4）	宮崎県えびの市（No.11）

② 斜面下部と上部における成長の違いについて

斜面下部と上部で毎木調査を行った熊本県人吉市の結果を表 7-5、図 7-11 に示す。調査データを基に t 検定を行った結果、樹高については P>0.05 で斜面下部・上部による有意差は見られなかったが、胸高直径については P<0.05 で、斜面下部・上部による有意差が見られ、斜面下部でセンダンの胸高直径が大きいことが認められた。

表 7-5 斜面下部・上部による成長の違い（熊本県人吉市 24 年生）

項目	樹高（m）		胸高直径（cm）	
斜面	下部	上部	下部	上部
平均	15.0	14.3	24.9	14.9
標準偏差	3.1	3.2	5.0	0.6
標本数	7	3	7	3
自由度	8		8	
t 値	0.30		3.34	
P 値	0.77		0.01	



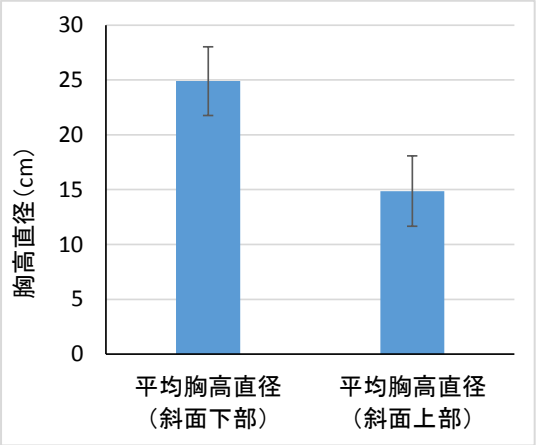


図 7-11 斜面下部・上部による成長の違い（熊本県人吉市 24 年生）

③ 新規植栽地における初期成長の違いについて

本事業の実証植栽地の各プロットにおける樹高と胸高直径を図 7-12～7-13 に示す。宮崎市高岡町（平成 29 年度新規植栽地 No.5）の 3 プロット間において、平成 29 年度から平成 30 年度までに成長した量（芽かき等によって樹高が低くなった個体は除いている）について分散分析を行ったところ、樹高・胸高直径ともに成長量に差は見られなかった。つまり、植栽後一年では、植栽密度及び平坦～斜面下部・斜面中部の立地の違いによっては成長量に差は出なかった。

一方、熊本県天草市（平成 29 年度新規植栽地 No.4）の 2 プロット間で同様に成長量について t 検定を行ったところ、樹高・胸高直径ともに $P<0.05$ で有意差が見られた。これは、植栽密度による違いではなく、周辺環境、つまり 400 本/ha 区でセンダンを覆うほどのセイタカアワダチソウが繁茂しており、その被圧の影響を受けたことによるものと思われる。

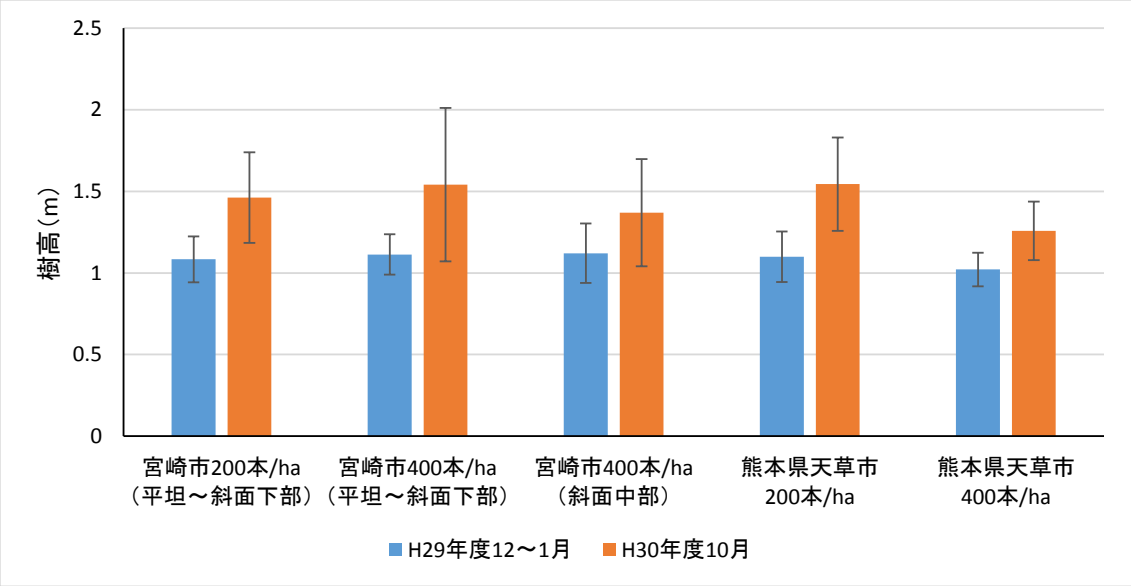


図 7-12 実証植栽地の各プロットにおける平均樹高の変化

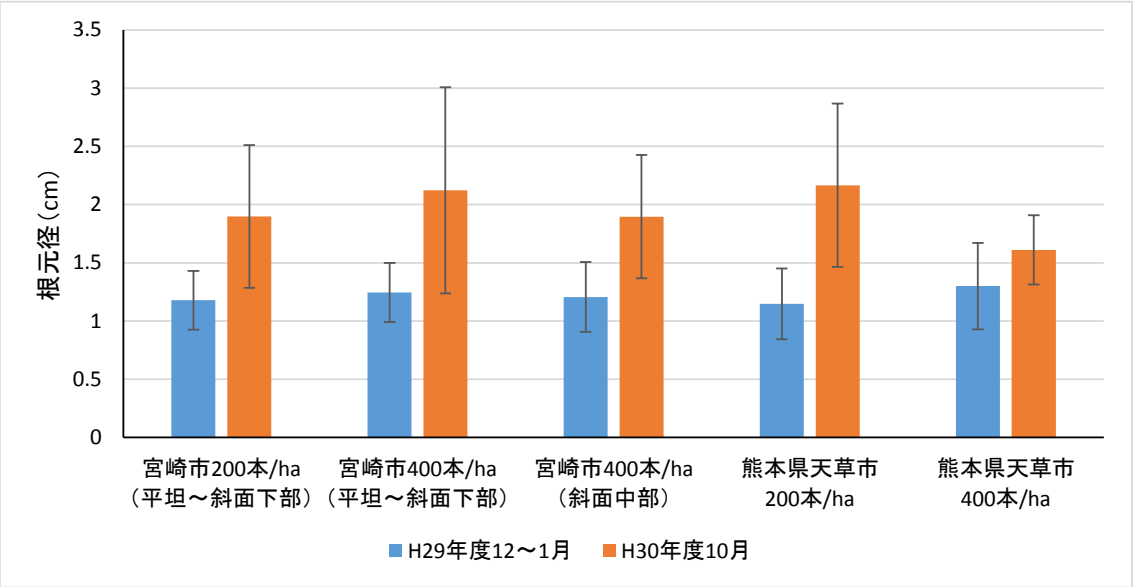


図 7-13 実証植栽地の各プロットにおける平均胸高直径の変化

7.2.3. コウヨウザン

（1）はじめに

本事業では、コウヨウザンの苗木の苗齢と、植栽・下刈り等の作業コストの関係や、生育状況とウサギ等による食害との関係を通じて、コウヨウザンの初期保育のあり方について考察した。

（2）苗齢（1 年生苗・2 年生苗）による違い

各地域のコウヨウザン調査林分（既存植栽地）の一覧を表 7-6 に示す。

表 7-6 コウヨウザン既存植栽地の調査地一覧

No.	場所	所有形態*	処理区分	植栽面積（ha）	植栽密度（本/ha）	林齢	標高(m)	斜面方位	年降水量（mm）	壮/若
1	広島県庄原市	民	斜面下部	0.637	3,000	55	310	WSW	1,467	壮齢
2			斜面上部				373			
3	広島県尾道市	民	－	0.4	2,700	2	191	ENE	1,227	若齢
4	広島県北広島町	民	－	1.0	1,600	1	462	SSW	1,799	若齢
5	高知県土佐清水市	国	残り株	0.3	900	30	543	W	2,301	壮齢
6			主幹							
7	熊本県菊池市	国	－	0.13	3,846	60	620	SSW	1,882	壮齢
8	大分県日田市	民(県)	－	0.03	2,000	4	167	－	1,810	若齢
9	鹿児島県伊佐市	国	1 年生	7.71	2,270	1	435	NNW	2,573	若齢
10			3 年生			1	440	NW		
11	鹿児島県志布志市	国	－	0.44	2,398	4	153	WSW	2,263	若齢

*所有形態：「民」は民有林、「民（県）」は県有林、「国」は国有林

① 生育について

◆ 生存率と健全率

本事業の実証植栽地である富山県立山町（平成 29 年度新規植栽地 No.1）及び広島県北広島町（平成 29 年度新規植栽地 No.2）、既存植栽地である鹿児島県伊佐市における各苗齢について植栽木の生存率及び健全率の違いを表 7-7、図 7-14～7-17 に示す。

生存率については、富山県、広島県及び鹿児島県の 3 地域で 1 年生苗と 2 年生以上の苗の間で有意差は見られなかった（図 7-14～7-17）。健全率については、1 年生苗と 2 年生以上の苗の間で地域ごとに傾向が異なる結果となった。

ウサギの食害が多かった広島県では、1 年生苗の方が 2 年生苗より食害を受けやすかった（図 7-16）が、鹿児島県では 1 年生苗と 3 年生苗で食害率の違いは見られなかった（図 7-17）。

また、ウサギの食害が見られなかった富山県では、寒害や積雪圧によると思われる主軸折れ等が年度最初の調査時点（8 月 1 日）で確認され、2 年生苗の方でその被害が多く発生していたが（図 7-14）、成長休止期に入る時点の調査（11 月 6 日）では、多くの被害苗について萌芽再生枝の主軸化が進み健全化していた（図 7-15）。

また、ノウサギ対策については、以下の情報が文献調査より得られている。

- 島根県内のコウヨウザン 1 年生苗の事例では、ニホンノウサギは餌が豊富な時期であっても、コウヨウザンを選好的に摂食するため、植栽する場合はノウサギ対策が必須である（表 3-5 文献 6）

表 7-7　コウヨウザンの苗齢と植栽後の生存率及び健全率

地域	生存率	健全率	被害の内容
富山県	有意差なし	1 年生苗＞2 年生苗	寒害、積雪圧
広島県	有意差なし	2 年生苗＞1 年生苗	ウサギ食害、寒害
鹿児島県	有意差なし （1 年生苗と 3 年生苗）	有意差なし （1 年生苗と 3 年生苗）	ウサギ食害、寒害

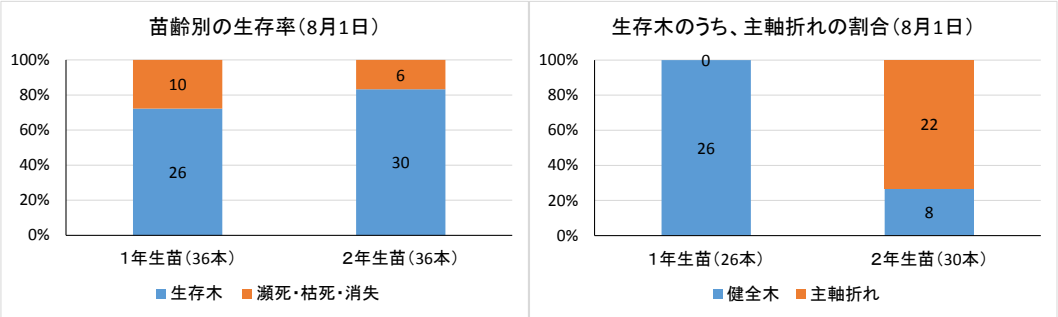


図 7-14 富山県におけるコウヨウザン植栽木の生育状況（平成 30 年 8 月）

（カイ二乗検定の結果：生存率に有意差なし（左図）、1 年生苗で有意に健全（右図））

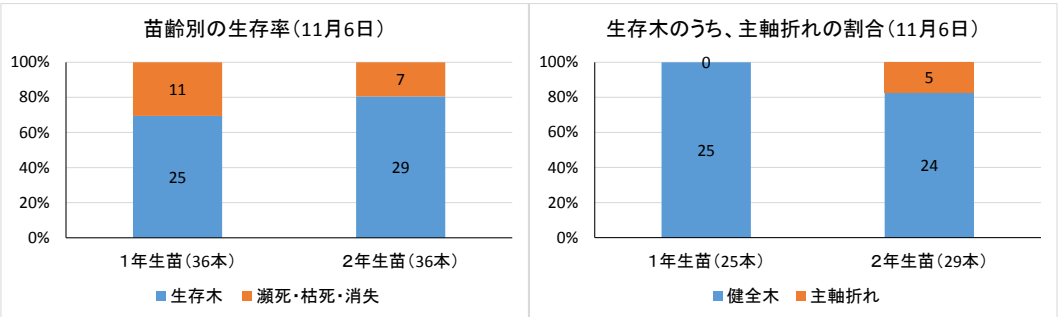


図 7-15 富山県におけるコウヨウザン植栽木の生育状況（平成 30 年 11 月）

（カイ二乗検定の結果：生存率に有意差なし（左図）、1 年生苗で有意に健全（右図））

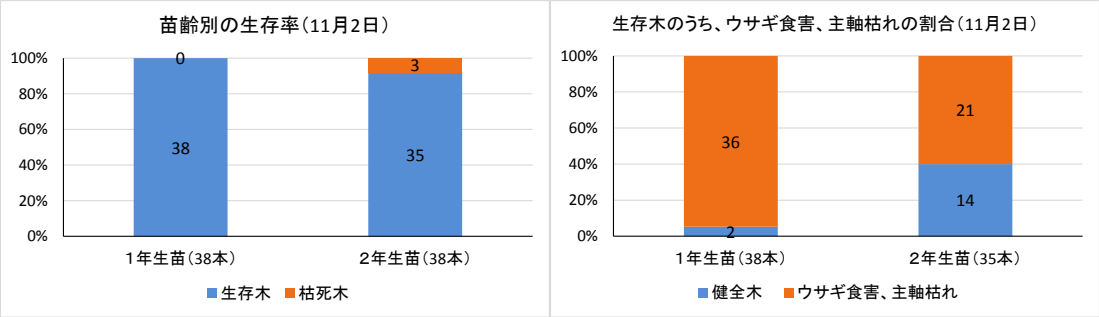


図 7-16 広島県におけるコウヨウザン植栽木の生育状況（平成 30 年 11 月）

（カイ二乗検定の結果：生存率に有意差なし（左図）、2 年生苗で有意に健全（右図））

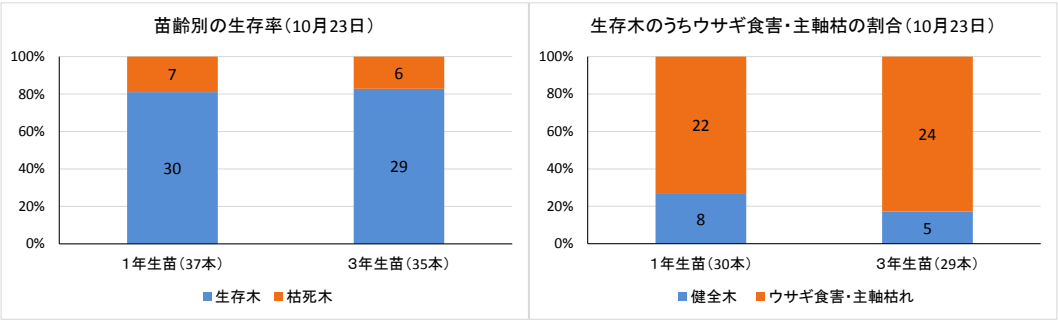


図 7-17 鹿児島県におけるコウヨウザン植栽木の生育状況（平成 30 年 10 月）

（カイ二乗検定の結果：生存率、健全率ともに有意差なし）

◆　成長量

平成 29 年度実証植栽地である富山県立山町、広島県北広島町及び宮崎県宮崎市において、平成 29 年度（富山県は平成 30 年 8 月に初期調査）から平成 30 年度までに成長した根元径の量（萌芽による主軸変更等により根元径が小さくなった個体は除いている）について、t 検定を行った結果、富山県では 2 年生苗の方が 1 年生苗に比べて有意に大きかった（$P<0.05$）（図 7-18）が、広島県では苗齢による有意差は認められなかった（図 7-19）。また、宮崎県では、斜面中部と上部において根元径の成長量に有意差は認められなかった（図 7-20）。

また、樹高の成長量についても同様に t 検定を行った結果、全地域において 1 年生苗の方が 2 年生苗に比べて有意に大きかった（$P<0.05$）（図 7-21～7-22）。富山県と広島県の両区で 2 年生苗の樹高成長量はマイナスとなっており、1 年生苗と比較し、2 年生苗でより多くの主軸折れ等の被害を受けたためである。宮崎県では、斜面中部の樹高成長量が斜面上部に比べて有意に大きかった（$P<0.05$）（図 7-23）。斜面中部・上部ともに植栽木のほとんどがウサギの食害を受けていたが、斜面中部と比較して林縁に近い斜面上部で、ウサギの接近が容易で、より大きな被害を受けたものと考えられる。

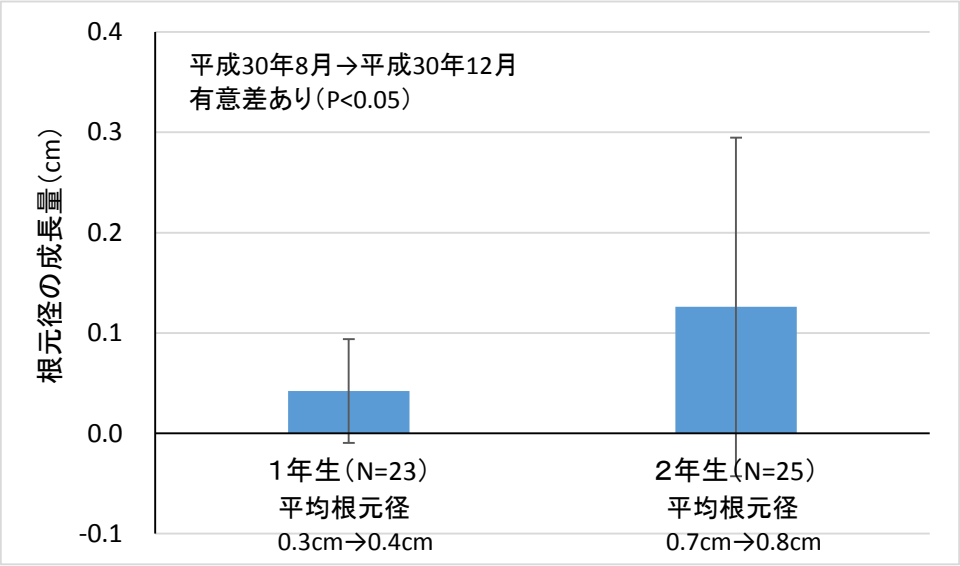


図 7-18 富山県におけるコウヨウザン植栽木の根元径の成長量（苗齢別）
（※萌芽による主軸変更等により根元径が小さくなっている個体は除く）

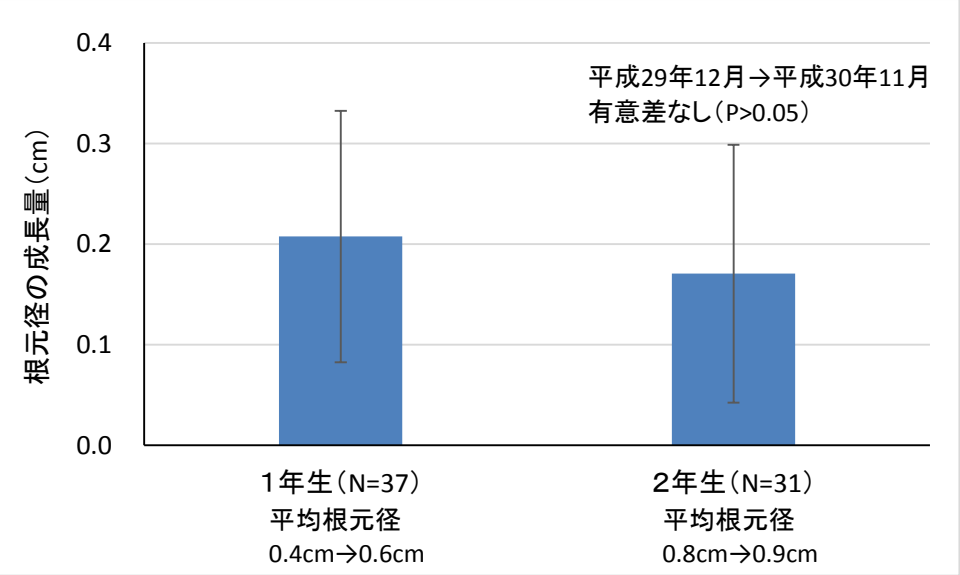


図 7-19 広島県におけるコウヨウザン植栽木の根元径の成長量（苗齢別）
（※萌芽による主軸変更等により根元径が小さくなっている個体は除く）

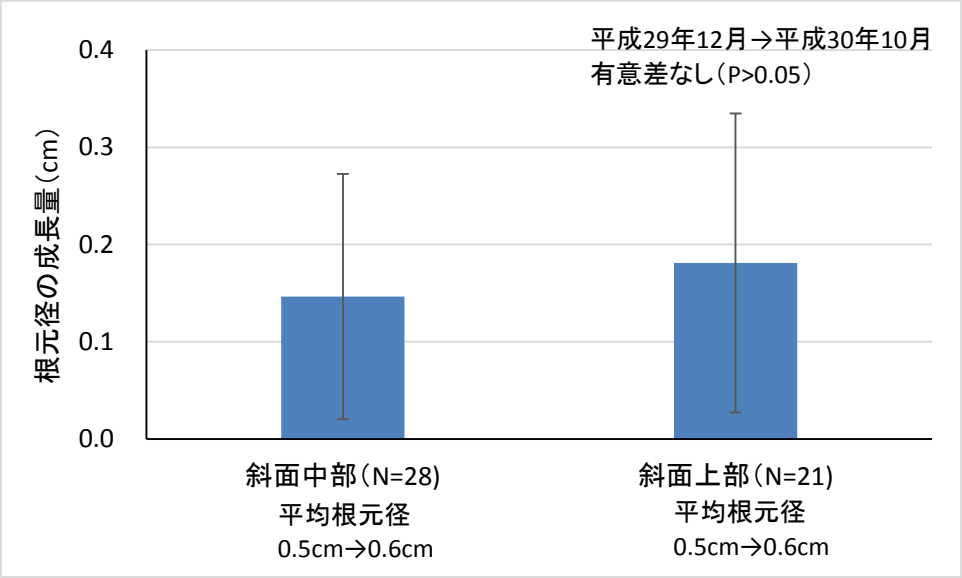


図 7-20 宮崎県におけるコウヨウザン植栽木の根元径の成長量（立地別）
（※萌芽による主軸変更等により根元径が小さくなっている個体は除く）

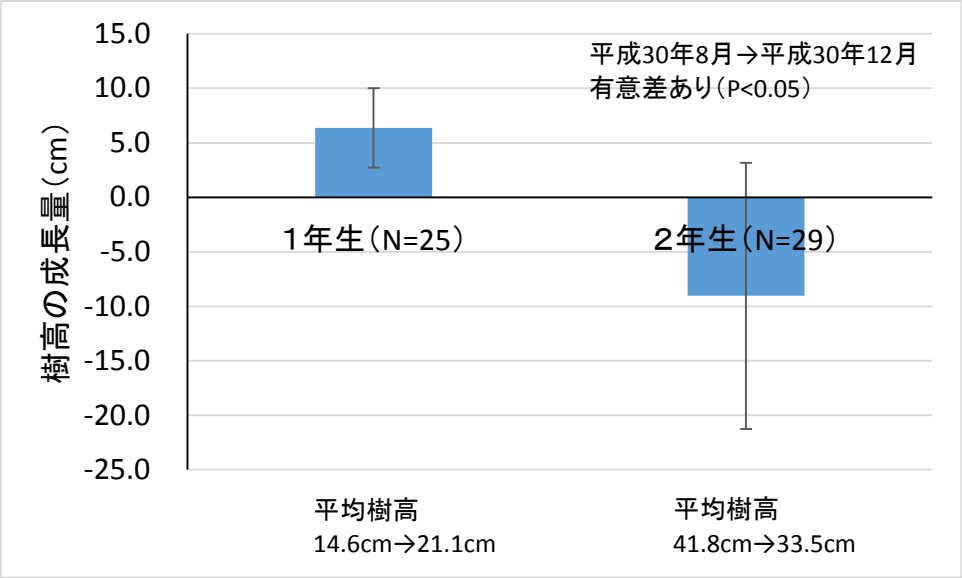


図 7-21 富山県におけるコウヨウザン植栽木の樹高の成長量（苗齢別）

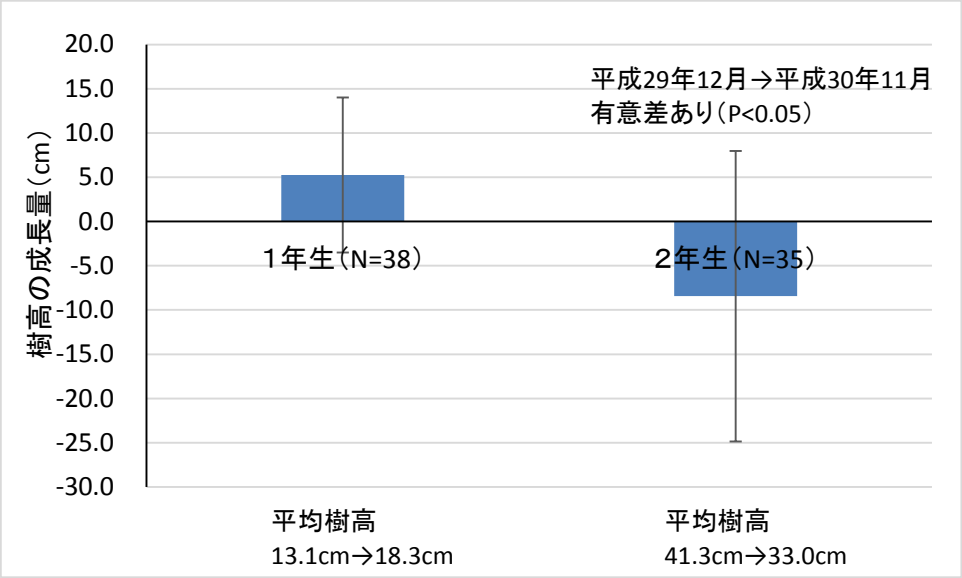


図 7-22 広島県におけるコウヨウザン植栽木の樹高の成長量（苗齢別）

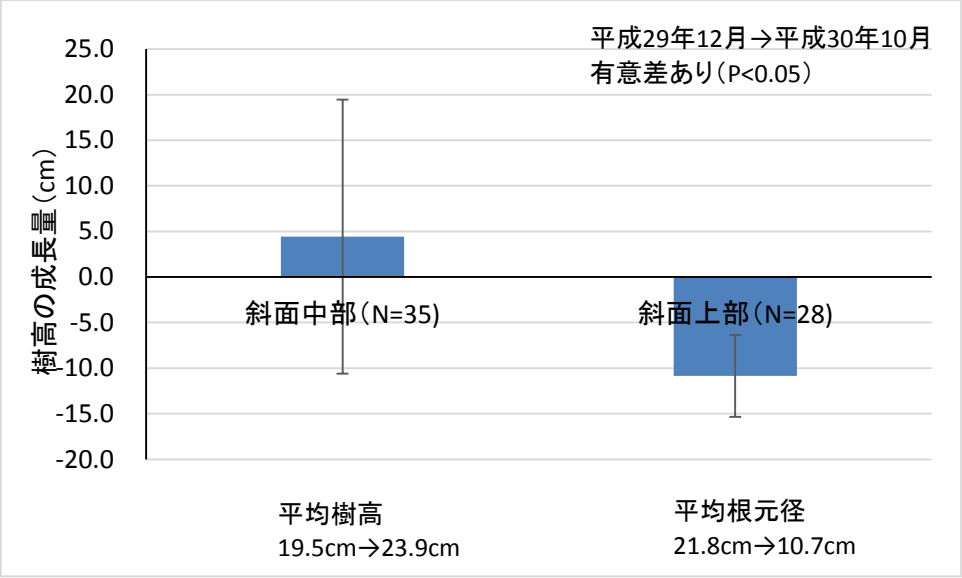


図 7-23 宮崎県におけるコウヨウザン植栽木の樹高の成長量（立地別）

② コストについて

平成29年度実証植栽地である富山県立山町及び広島県北広島町における植栽及び下刈りの人工数を表 7-8、図 7-24 に示す。なお、宮崎県宮崎市の調査地においては、植栽密度による試験を実施していないため、評価の対象外とした。両区において、植栽人工は１年生苗と２年生苗で大きな差異は見られなかった。一方、下刈り人工については１年生苗が２年生苗をいずれの調査地でも上回った。1 年生苗は小さく、植栽地点に誤伐防止等のための目印をつける作業が必要であり、また植栽木を探し出すのに時間がかかったためである。このため、植栽後 2 年目までの植栽・保育にかかるトータル人工は２年生苗が１年生苗を下回った。

また、植栽から 1 年目の下刈りにかかった経費を表 7-9 に示す。富山県と広島県の両区で、2 年生苗の方が苗木代を含め植栽にかかる経費が多くかかったが、誤伐防止等のために 1 年生苗で 2 年生苗より多くの保育経費（根踏み、印付け及び下刈り）がかかった。このため、トータルコストで比較してみると、1 年生苗は 2 年生苗の 0.96 倍（富山県）及び 1.05 倍（広島県）と、その差はほとんどなかった。

表 7-8 平成 29 年度実証植栽地におけ植栽及び下刈りにかかった人工数

場所	苗齢	面積（ha）	単位面積当たりの作業人工（人工/ha）※1 日=7.5 時間		
			植栽	下刈り	合計
富山県立山町	１年生	0.23	3.8	5.6	9.5
	２年生	0.23	3.9	3.8	7.7
広島県北広島町	１年生	0.22	2.8	10.0	12.8
	２年生	0.22	3.1	5.8	9.0

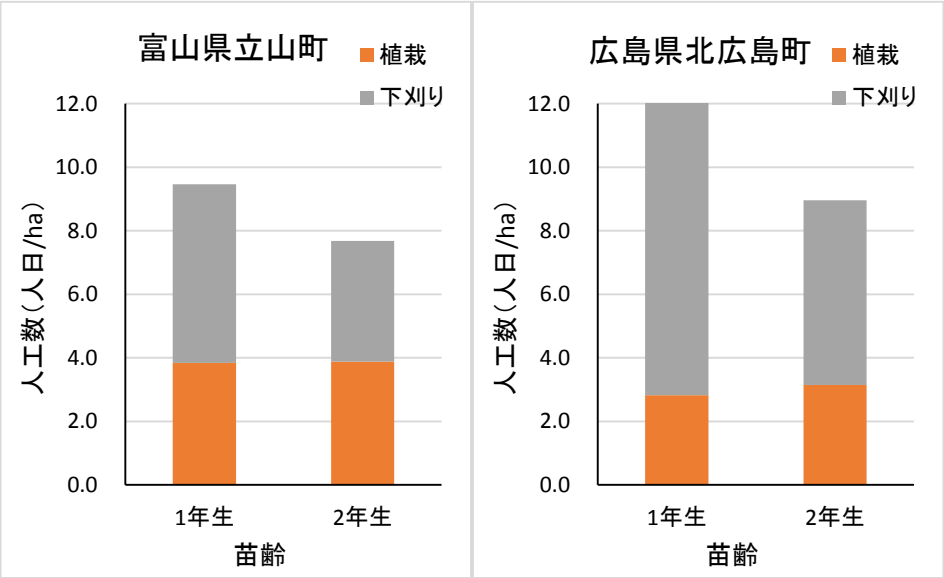


図 7-24 平成 29 年度実証植栽地におけ植栽及び下刈りにかかった人工数

表 7-9 平成 29 年度実証植栽地における植栽作業から下刈りにかかったコスト

地域	苗齢 1年生苗	内訳					苗齢 2年生苗	内訳				
		数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考		数量	単位	単価（円）	経費（円）	備考
富山県立山町	地拵え(円/ha)	1	ha	400,000	400,000	地拵えは人力、下刈りは人力及び機械	地拵え(円/ha)	1	ha	400,000	400,000	地拵えは人力、下刈りは人力及び機械
	苗木（円/ha）：1年生	1,600	本	77	123,200		苗木（円/ha）：2年生	1,600	本	166	265,600	
	植栽（円/ha）	1,600	本	94	150,000		植栽（円/ha）	1,600	本	131	210,000	
	根踏み(円/ha)	1	ha	169,196	169,196		根踏み(円/ha)	1	ha	107,140	107,140	
	下刈り（円/ha）	1	ha	300,117	300,117		下刈り（円/ha）	1	ha	210,504	210,504	
	計	1	ha	－	1,142,513		計	1	ha	－	1,193,244	
広島県北広島町	地拵え(円/ha)	1	ha	57,813	57,813	地面拵えは人力（刈り払いのみ）、下刈りは人力及び機械	地拵え(円/ha)	1	ha	57,813	57,813	地面拵えは人力（刈り払いのみ）、下刈りは人力及び機械
	苗木（円/本）：1年生	1,500	本	77	115,500		苗木（円/本）：2年生	1,500	本	166	249,000	
	植栽（円/本）	1,500	本	86	128,291		植栽（円/本）	1,500	本	103	153,949	
	印付け(円/ha)	1	ha	176,364	176,364		根踏み(円/ha)	1	ha	0	0	
	下刈り（円/ha）	1	ha	161,090	161,090		下刈り（円/ha）	1	ha	147,282	147,282	
	計	1	ha	－	639,058		計	1	ha	－	608,044	

（３）植栽適地について

表 7-6 に示した各地域の既存のコウヨウザン調査林分の調査結果を図 7-25 に示す。調査林分の中では、広島県庄原市の斜面下部（No.1）において林分材積は約 1,400m³/ha で、連年成長量は約 25m³/ha とスギを上回り、生育が良好であった。同じ広島県庄原市の斜面上部（No.2）及び熊本県菊池市（No.7）ではそれぞれ 55 年生、60 年生であるが、林分材積は約 600m³/ha で、連年成長量は約 10m³/（ha・年）となり、スギと同程度の成長量を示した。

また、広島県庄原市においては、斜面下部と上部に区分し調査を行った（表 7-10、図 7-26～7-27）。樹高、胸高直径及び折損・枯死率のいずれの項目においても、P<0.05 で有意差が見られ、斜面下部の方が斜面上部に比べて成長が良く、かつ被害も少ないことが示された。

また、植栽適地については、以下の情報が文献調査より得られている。

- コウヨウザンは地形的にはスギに適した斜面下部の林分での成長が最も良く、ヒノキに適した斜面中部の林分でも良い成長を示している一方、斜面上部や尾根筋及び照葉樹林帯から外れる寒冷な林分での成長は良くない（表 3-5 文献 5）
- 生育の適地は、照葉樹林帯、年平均気温 12℃以上、温かさ指数 90 以上、寒さ指数－15 以上の地域で植栽可能と推定（表 3-7 文献 21）
- 現存するコウヨウザン林分は、関東地方、近畿・東海地方から北陸地方にかけての地域に多く植栽されており、年降水量においては、約 1,000～3,000mm の範囲に植栽されているため、日本の気候では制限要因にはなっていないことが示唆（表 3-7 文献 21）

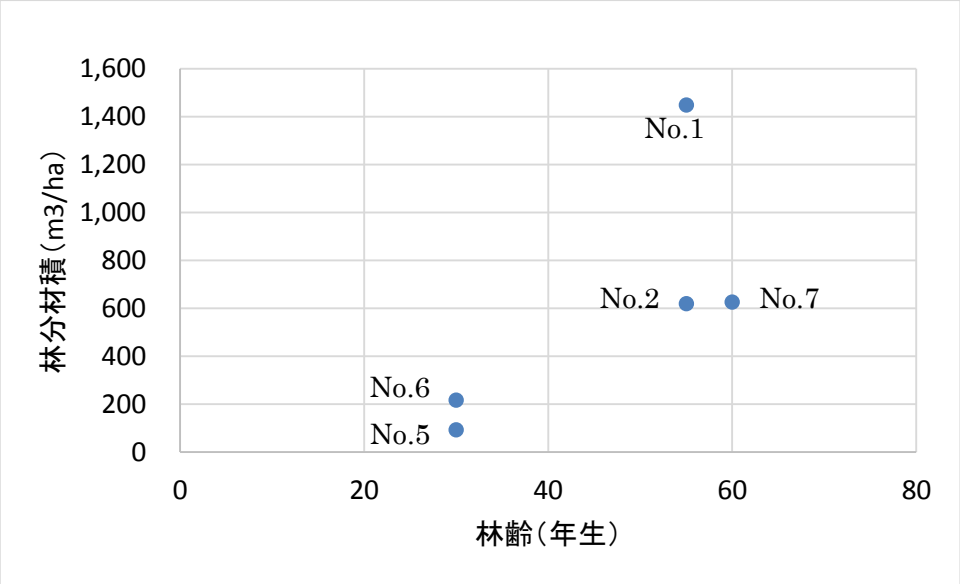
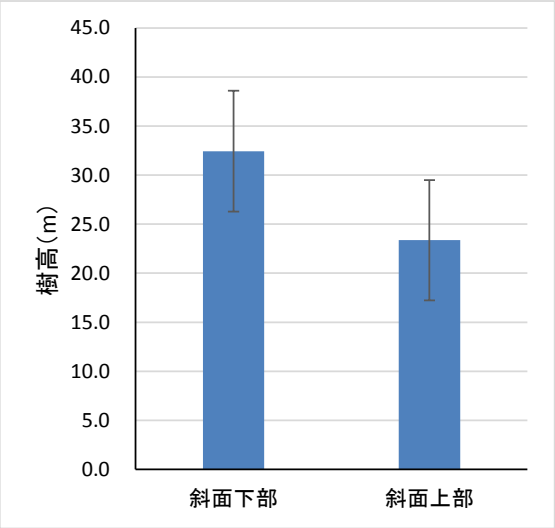


図 7-25 コウヨウザン調査地（壮齢林）における林分材積

（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）

表 7-10 斜面下部・上部による成長の違い（広島県庄原市 55 年生）

項目	樹高（m）		胸高直径（cm）	
斜面	下部	上部	下部	上部
平均	32.4	23.4	39.0	29.4
標準偏差	6.2	6.1	11.6	11.2
標本数	49	45	49	45
自由度	92		92	
t 値	7.15		4.09	
P 値	0.00		0.00	



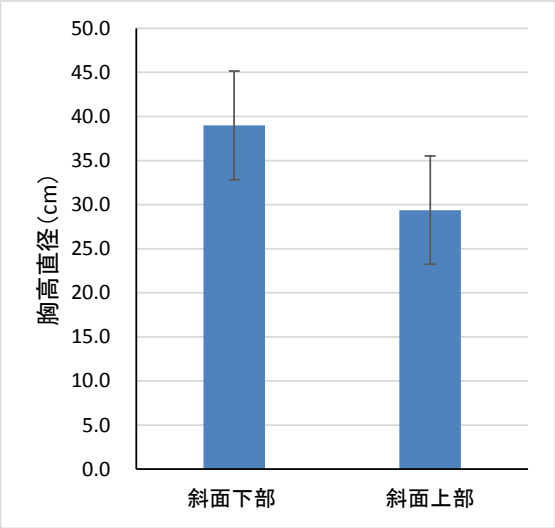
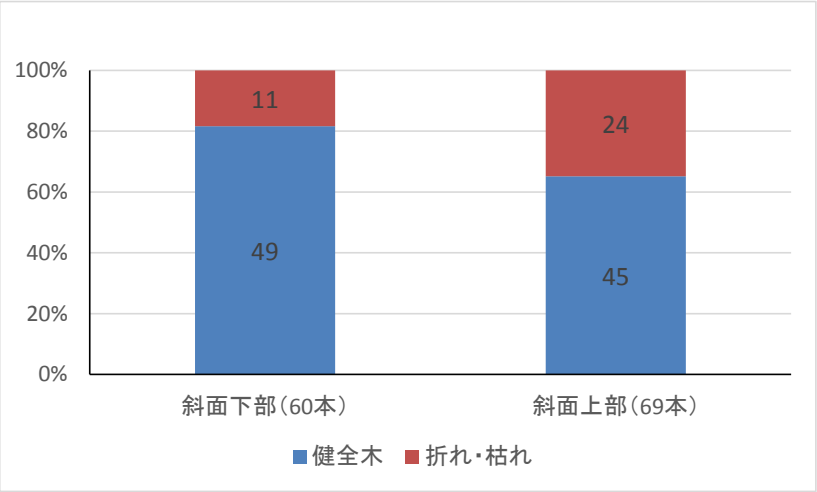


図 7-26 斜面下部・上部における樹高及び胸高直径の違い（広島県庄原市 55 年生）



（カイ二乗検定：P=0.036）

図 7-27 斜面下部・上部における健全率の違い（広島県庄原市 55 年生）

今後の課題

本事業で実施したそれぞれの項目についての課題を以下にとりまとめる。

➢　文献調査について

早生樹に関する文献は、昨年度及び本年度で概ね収集・整理した。しかし、これから公表されるものや、文献の中身が精査できなかった資料などが存在する。そのため、今後もデータ蓄積のための情報を収集する必要があると考える。

➢　既存植栽地の調査について

本年度は、センダン及びコウヨウザン、チャンチンモドキの既存植栽地を調査した。

センダンについては、ヒアリング調査時、熊本県天草市において平成 30 年 3 月に植栽した 8 箇所のセンダン林分があるとの情報を得たものの、本年度は現地調査を実施することができなかった。8 箇所のうち、4 箇所は畑・水田跡地、3 箇所はヒノキ林等の伐採跡地、1 箇所は苗畑の跡地とのことである。熊本県天草広域本部が市町村や森林組合等に呼びかけて芽かきを行うなど、管理も徹底されている。植栽場所の違いによって樹高成長に差が認められるとのことである。植栽適地の判定に関わる情報は、今後のセンダン植栽を推進していく中で一番重要な情報である。次年度には、これらの植栽地にて成長調査や土壌調査を行うことにより、植栽適地に関わる情報を収集・蓄積することが有益であると考える。

➢　早生樹に関する実態調査について

昨年度、種苗生産に関する情報が概ね網羅され、本年度、センダンとコウヨウザンについて需要供給と収益性に関する情報が概ね網羅された。新たな用途の開発等について、あるいは商品開発について、情報を収集することが必要と考える。

➢　実証的植栽試験の保育作業について

昨年度及び本年度の植栽樹種は、センダンとコウヨウザンであった。次年度においても、植栽地の初期保育（芽かきや下刈り等）を実施し、初期成長やコストについて調査を行うことが望ましい。特に芽かきについては、本年度は夏芽かきのみで、あまり夏芽が出ていなかったため、解析に必要なデータが得られていないと考えられることから、次年度において、これらの芽かきの情報を収集する必要がある。

また、平成 29 年度植栽地の熊本県天草市では、下刈り前にセイタカアワダチソウがセンダンの背丈を超える高さまで成長し、センダンの成長に負の影響を及ぼしていた。特に、耕作放棄地での雑草木の再生力は強力で繁茂は激しく、当該地の下刈りについては、適切な時期に適切な回数実施することが不可欠であることが分かった。来年度は出来うる限り早期に下刈りを実施する必要がある。

コウヨウザンについては、ウサギによる食害が多くの地域で課題となっているため、忌避剤を含めたウサギの対策について検討する必要がある。

平成 30 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

平成 31 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