

令和3年度
低密度植栽技術の導入・早生樹利用による
森林整備手法に係る追跡調査委託事業
報告書

令和4（2022）年3月

林野庁

目 次

1. 事業の概要.....	1
1-1. 事業名.....	1
1-2. 事業の背景と目的.....	1
1-3. 事業内容.....	1
2. 事業成果の要約.....	9
2-1. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査.....	9
2-2. 低密度植栽における施業体系の整理.....	10
2-3. 早生樹利用による森林整備手法追跡調査.....	11
3. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査.....	14
3-1. 調査概要.....	14
3-1-1. 追跡調査の内容.....	14
3-1-2. 下刈りに関する聞き取り調査.....	19
3-2. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査結果.....	20
3-2-1. 茨城県 日立市（ヒノキ）（No.1）.....	22
3-2-2. 茨城県 日立市（スギ）（No.2）.....	38
3-2-3. 富山県 立山町（スギ）（No.3）.....	52
3-2-4. 岐阜県 高山市（カラマツ）（No.4）.....	65
3-2-5. 宮崎県 椎葉村（スギ）（No.5）.....	79
3-3. 植栽密度と下刈り回数との関係.....	93
3-4. 低密度植栽におけるつる植物の繁茂状況について.....	95
3-5. 低密度植栽技術実証植栽地における聞き取り調査.....	99
3-6. 低密度植栽技術指針、事例集及びパンフレットの改訂.....	102
4. 低密度植栽における施業体系の整理.....	103
5. 早生樹利用による森林整備手法追跡調査.....	117
5-1. 調査概要.....	117
5-2. センダン実証植栽地における追跡調査結果.....	120
5-2-1. 愛知県 豊田市（センダン）（No.1）.....	121
5-2-2. 熊本県 天草市（センダン）（No.2）.....	132
5-2-3. 宮崎県 宮崎市（センダン）（No.3）.....	141
5-2-4. センダン実証植栽地の調査結果まとめ.....	150
5-3. コウヨウザン植栽地における追跡調査結果.....	152
5-3-1. 富山県 立山町（コウヨウザン）（No.1）.....	153
5-3-2. 広島県 北広島町（コウヨウザン）（No.2）.....	161
5-3-3. 宮崎県 宮崎市（コウヨウザン）（No.3）.....	175

5-3-4. コウヨウザンの調査結果まとめ.....	190
5-4. コウヨウザン実証植栽地における聞き取り調査	192
5-5. 早生樹ガイドラインの改訂	194
6. 学識経験者等からの意見聴取.....	195
6-1. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査について	195
6-2. 低密度植栽における施業体系の整理について	197
6-3. 早生樹利用による森林整備手法追跡調査について	199

1. 事業の概要

1-1. 事業名

令和3年度低密度植栽技術の導入・早生樹利用による森林整備手法に係る追跡調査委託事業

1-2. 事業の背景と目的

主伐後の再造林を確実なものとするためには再造林の低コスト化を推進することが不可欠となっている。このため、平成27(2015)年度から令和元(2019)年度にかけて「低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業(以下、「低密度調査」という。)」を実施し、低密度植栽技術施業指針及び低密度植栽技術導入のための事例集を作成した。また、平成29(2017)年度から令和元(2019)年度にかけては、造林に係る初期費用を比較的短い期間で回収することができる早生樹の本格的な利用を進めることが重要となっていることを踏まえ、「早生樹による森林整備手法検討調査委託事業(以下、「早生樹調査」という。)」を実施し、早生樹利用による森林整備手法ガイドラインを作成した。

本事業では、低密度調査及び早生樹調査で設定した実証植栽地の生育状況等について追跡調査を行うことにより、低密度植栽技術施業指針及び早生樹利用による森林整備手法ガイドライン等の更新・充実を図ることを目的とする。

1-3. 事業内容

本事業は前述の目的を達成するため、過年度に低密度調査及び早生樹調査で設定した実証植栽箇所(以下「実証植栽地」という)において追跡調査を実施し、植栽木の生育状況等を把握することにより、低密度調査で作成した「スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針(以下「低密度植栽技術指針」という)」、「低密度植栽技術導入のための事例集(以下「低密度植栽事例集」という)」、「林業従事者向けパンフレット(以下「パンフレット」という)」、また早生樹調査で作成した「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン(以下「早生樹ガイドライン」という)の改訂を実施することとし、以下(1)～(5)を実施した。

本年度の実施事項については、林野庁担当者との協議を経て、調査項目ごと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、事業実施計画書に明記し提出した。

また、林野庁担当者との打合せ及び協議は、事業実施計画書の作成時、意見聴取の実施時、進捗の報告時、業務の取りまとめの検討時等に実施した。

(1) 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査

①低密度植栽技術実証植栽地における現地調査

平成 27 (2015) 年度から平成 29 (2017) 年度に低密度調査で植栽した 19 箇所の実証植栽地 (図 1-1、表 1-1) のうち、5 箇所 (図や表の灰色塗り以外の箇所) について、次の調査を行った。

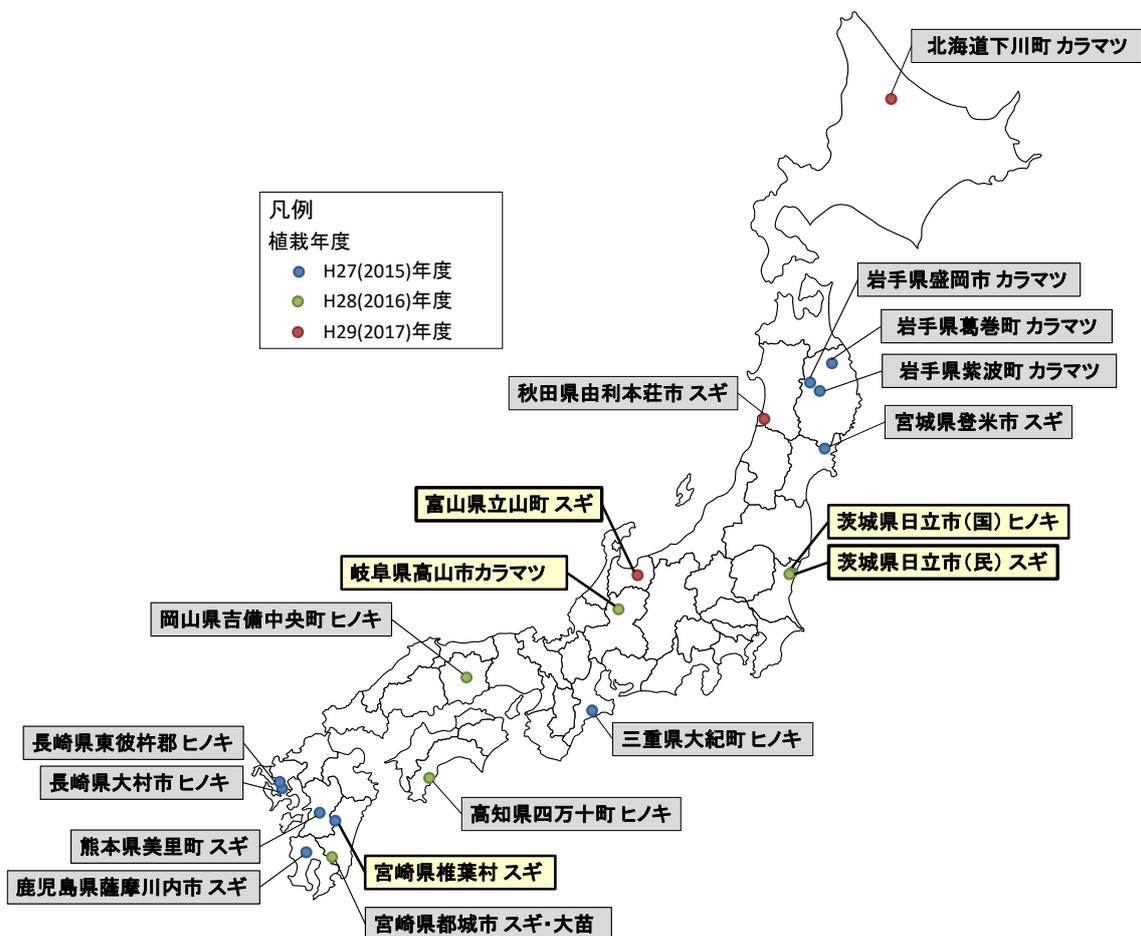


図 1-1 低密度植栽技術実証植栽地の位置図 (灰色塗りの箇所は、今年度調査の対象外)

表 1-1 低密度植栽技術実証植栽地の一覧（灰色塗りの箇所は、今年度調査の対象外）

No	地域	場所	植栽年月	苗種	植栽密度 (本/ha)	プロット 数	R2 (2020) 追跡調査
	北海道地方	北海道下川町	H29(2017).11	カラマツ	1,100、1,600、2,500	6	
	東北地方	岩手県紫波町	H27(2015).12	カラマツ	1,600、2,500	6	実施
		岩手県盛岡市	H27(2015).12	カラマツ	1,100、1,600、2,500	6	実施
		岩手県葛巻町	H27(2015).11	カラマツ	1,600、2,500	6	実施
		宮城県登米市	H27(2015).12	スギ	1,100、1,600、2,500	6	
		秋田県 由利本荘市	H29(2017).11	スギ	1,100、1,600、2,500	6	
1	関東地方	茨城県日立市 (国有林)	H28(2016).11	ヒノキ	1,100、1,600、2,500	8	
2		茨城県日立市 (民有林)	H28(2016).10	スギ	1,100、1,600、2,500	6	
3	中部地方	岐阜県高山市	H28(2016).10	カラマツ	1,100、1,600、2,500	6	
4		富山県立山町	H29(2017).12	スギ	1,100、1,600、2,500	6	
	近畿・ 中国地方	三重県大紀町	H28(2016).2	ヒノキ	1,600、2,500	5	
		岡山県 吉備中央町	H28(2016).12	ヒノキ	1,100、1,600、2,500	6	実施
	四国地方	高知県 四万十町	H29(2017).2	ヒノキ	1,100、1,600、2,500	6	
	九州地方	長崎県大村市	H28(2016).1	ヒノキ	1,600、2,500	5	実施
		長崎県 東彼杵町	H28(2016).1	ヒノキ	1,100、1,600、2,500	6	実施
		熊本県美里町	H28(2016).2	スギ	1,700、2,500	6	実施
5	九州地方	宮崎県椎葉村	H28(2016).2	スギ	1,100、1,600、2,500	6	実施
	九州地方	宮崎県 都城市	H29(2017).1	スギ (大苗)	1,100、1,600、2,500	6	実施
			H29(2017).1	スギ (普通苗)	2,500	2	
			鹿児島県 薩摩川内市	H27(2015).12	スギ	1,600、2,500	6

ア. 夏期調査

すでに設定されている調査プロット内において、下刈り前における植栽木の樹高、樹冠幅及び植栽木と競合している雑草木の樹高等を計測し、さらに植栽木と雑草木の競合状態について調査した。また簡易な植生調査を実施し、これらのデータから植栽密度ごとに下刈りの必要性を判断した（各プロット内における植栽木の本数は30～40本で設定されている）。

なお、下刈りは森林所有者が実施することを原則とし、後日、森林所有者に対してアンケートを行い、下刈りの実施状況、下刈り終了の判断基準、植栽密度の違いによる下刈り作業の難易や誤伐の発生状況等について把握した。

イ. 秋冬期調査

すでに設定されている調査プロット内の植栽木について、成長休止期における樹高、地際直径、胸高直径、樹冠幅、成立本数等を調査し、低密度調査の結果とあわせて整理した。

②低密度植栽技術実証植栽地における聞き取り調査

①において追跡調査を実施した実証植栽地以外の14箇所について、植栽木と雑草木の競合関係や下刈りの実施状況等を把握するため、森林所有者に聞き取りを行った。

③技術指針、事例集及びパンフレットの改訂

本事業の調査結果を踏まえ、林業従事者向けに低密度調査で作成した低密度植栽技術指針、低密度植栽事例集、パンフレットの改訂を行った。

(2) 低密度植栽における施業体系の整理

①低密度植栽における施業体系の作成

低密度植栽技術の調査事例や研究論文等を収集・分析し、低密度調査で得られた成果と合わせ、低密度植栽における植栽から主伐までの施業内容及び留意事項等について整理した。

②低密度植栽が生産される木材に及ぼす影響に関する調査

低密度植栽により生産された木材の生産量や強度・形質について調査事例や研究論文等を収集・分析し、情報を整理した。

(3) 早生樹利用による森林整備手法追跡調査

①センダン・コウヨウザン実証植栽地における現地調査

平成 29(2017)度から令和元(2019)年度に早生樹調査で植栽した 11 箇所の実証植栽地 (図 1-2、表 1-2 及び表 1-3) のうち、センダンを植栽した 3 箇所 (表 1-2) 及びコウヨウザンを植栽した 3 箇所 (表 1-3 の灰色塗り以外の箇所) について、次の調査を行った。

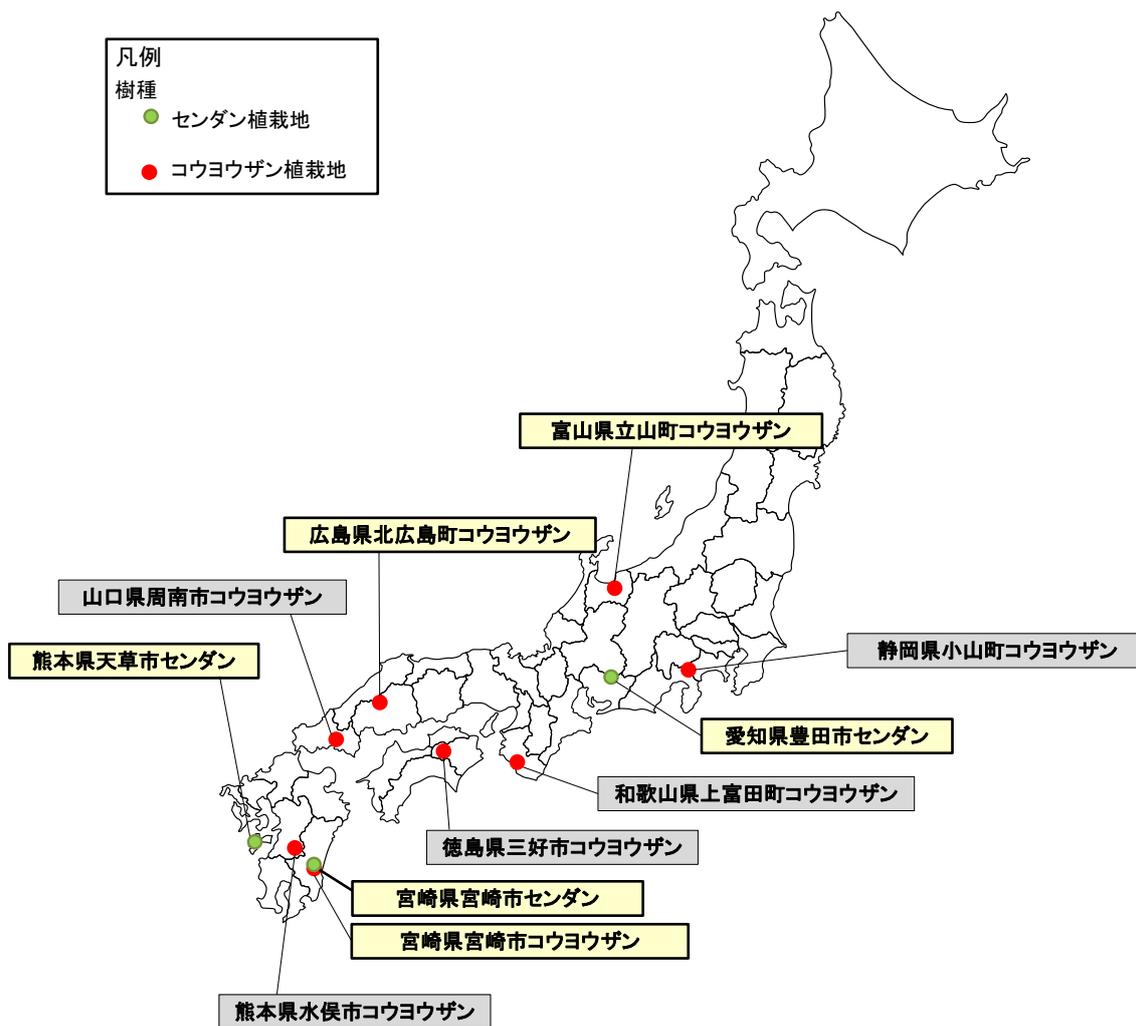


図 1-2 センダン・コウヨウザン実証植栽地の位置図
(灰色塗りの箇所は、今年度調査の対象外)

表 1-2 センダン実証植栽地の一覧

No.	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)		調査 プロット
1	愛知県豊田市	H30(2018).12	400	0.42		3
2	熊本県天草市	H30(2018).1	400	0.16	0.45	2
			200	0.29		
3	宮崎県宮崎市	H29(2017).12	400	0.25	0.54	3
			200	0.29		

表 1-3 コウヨウザン実証植栽地の一覧（灰色塗りの箇所は、今年度調査の対象外）

No.	場所	植栽年月	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	調査 プロット
1	富山県立山町	H29(2017).11	1,600	0.45	2
	静岡県小山町	H30(2018).10	1,600	0.50	6
	和歌山県上富田町	H30(2018).11	1,600	0.50	6
2	広島県北広島町	H29(2017).12	1,500	0.43	6
	山口県周南市	R1(2019).6	1,600	0.46	6
	徳島県三好市	R1(2019).6	1,600	0.50	6
	熊本県水俣市	R1(2019).7	2,100	0.50	6
3	宮崎県宮崎市	H29(2017).12	1,600	0.51	6

- ア. 既に設定されている調査プロット内の植栽木について、樹高、地際直径、形状、状態及び成立本数等を調査した。なお、コウヨウザンについては、ノウサギによる被害状況についても調査を行った。
- イ. アの現地調査の結果、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。なお、コウヨウザンについては、令和元（2019）年度に設置したノウサギ防除資材の効果についても検証した。
- ウ. 調査プロットごとに、早生樹調査の際に撮影を行った場所と同じ場所で林況写真を撮影した。
- エ. 令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した施業の内容や施業に要した経費について、ヒアリング等により情報を収集して整理した。

②センダン・コウヨウザン実証植栽地聞き取り調査

①において追跡調査を実施した実証植栽地以外の5箇所の実証植栽地（全てコウヨウザン植栽地）において、コウヨウザンの生育状況等を把握するため、森林所有者に聞き取りを行った。

③ガイドラインの改訂

本事業の調査結果を踏まえ、過年度に早生樹調査で作成した早生樹ガイドラインの改訂を行った。

（4）学識経験者等からの意見聴取

事業の実施にあたり、上記の（1）～（3）における調査結果や作成した資料等について、学識経験者より技術的指導及び助言等を受けた。

なお、上記の（1）及び（2）については低密度調査において検討委員を委嘱していた7名（表1-4）に、（3）については早生樹調査において検討委員を委嘱していた5名（表1-5）に対して意見聴取を実施した。意見聴取の実施時期及び主な聴取内容等については表1-6のとおりである。なお、新型コロナウイルス感染対策のため、意見の聴取はメールまたはWEB会議システムを使用して行った。

聴取した意見の概要については、「6. 学識経験者等からの意見聴取（195～202ページ）」に後述する。

表 1-4 （1）及び（2）について意見を聴取した学識経験者（五十音順・敬称略）

氏名	所属	専門
今富 裕樹	東京農業大学 地域環境科学部 森林総合科学科 教授	森林施業
駒木 貴彰	前ノースジャパン素材流通協同組合 経営企画管理部長	森林経営
澁谷 正人	北海道大学大学院 農学研究院 造林学研究室 教授	造林
寺岡 行雄	鹿児島大学 農学部 農林環境科学科 教授	森林経営
橋本 良二	岩手大学 名誉教授	造林・植物生理
大矢 信次郎	長野県林業総合センター 育林部 主任研究員	森林施業
山川 博美	森林総合研究所 九州支所 森林生態系研究グループ 主任研究員	造林・低コスト再造林

表 1-5 (3) について意見を聴取した学識経験者（五十音順・敬称略）

氏名	所属	専門
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)	森林施業・造林
五味 高志	東京農工大学 農学府 国際環境農学専攻 教授	水土保全
田中 和博	京都先端科学大学 バイオ環境学部 教授	森林経営・計画
松田 方典	広島県森林整備・農業振興財団 総務部 参事	造林：コウヨウザン
横尾 謙一郎	熊本県林業研究・研修センター 育林環境部長	森林施業・造林： センダン

表 1-6 意見聴取の実施時期及び主な検討内容

項目	実施時期	主な検討内容
(1) 低密度植栽技術実証 植栽地における追跡調査	令和4(2022)年 1～2月	・今年度の調査結果について ・低密度植栽技術指針、低密度植栽 事例集、パンフレットの改訂に ついて
(2) 低密度植栽における 施業体系の整理	令和3(2021)年 9月	・低密度植栽における施業体系に ついて
(3) 早生樹利用による森 林整備手法追跡調査	令和4(2022)年 2月	・今年度の調査結果について ・早生樹ガイドラインの改訂につ いて

(5) 事業報告書の作成・提出

上記(1)～(4)において調査・検討した内容を事業報告書に取りまとめ、令和4(2022)年3月4日に印刷物15部及び電子媒体(DVD-R)2部を林野庁に提出した。

2. 事業成果の要約

本事業の内容及び成果を、以下に要約した。

2-1. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査

【追跡調査の概要】(14～92 ページ)

平成 27 (2015) 年度から令和元 (2019) 年度の 5 ヶ年にかけて実施された「低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業」における全 19 箇所の実証植栽地のうち、以下の 5 箇所について、令和 3 (2021) 年度に年 2 回の追跡調査(夏期調査及び秋冬期調査)を実施した。

- ・茨城県日立市 (ヒノキ)
- ・茨城県日立市 (スギ)
- ・富山県立山町 (スギ)
- ・岐阜県高山市 (カラマツ)
- ・宮崎県椎葉村 (スギ)

【下刈り回数に関する検証結果】(93～94 ページ)

令和 3 (2021) 年度の追跡調査の結果を基に、5 箇所の実証植栽地において植栽密度によって下刈り回数に差が生じるかどうかの検証を行い、さらに令和 2 (2020) 年度に追跡調査を実施した 10 箇所の実証植栽地における検証結果と合わせて整理した。その結果、実証植栽地により以下の 3 つに分類できた。

①低密度植栽区と通常密度の植栽区の両方とも、下刈りの終了が判断できた実証植栽地

- | | | |
|------------|--------------------------|------------------------------|
| ・茨城県日立市 | (平成 28 (2016) 年度植栽、スギ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・熊本県美里町 | (平成 27 (2015) 年度植栽、スギ) | → 3 回目の下刈りで終了
(初回の下刈りを省略) |
| ・宮崎県椎葉村 | (平成 27 (2015) 年度植栽、スギ) | → 5 回目の下刈りで終了 |
| ・宮崎県都城市 | (平成 28 (2016) 年度植栽、スギ) | → 2 回目の下刈りで終了
(初回の下刈りを省略) |
| ・鹿児島県薩摩川内市 | (平成 27 (2015) 年度植栽、スギ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・茨城県日立市 | (平成 28 (2016) 年度植栽、ヒノキ) | → 3 回目の下刈りで終了 |
| ・長崎県大村市 | (平成 27 (2015) 年度植栽、ヒノキ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・長崎県東彼杵町 | (平成 27 (2015) 年度植栽、ヒノキ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・岩手県紫波町 | (平成 27 (2015) 年度植栽、カラマツ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・岩手県盛岡市 | (平成 27 (2015) 年度植栽、カラマツ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・岩手県葛巻町 | (平成 27 (2015) 年度植栽、カラマツ) | → 4 回目の下刈りで終了 |
| ・岐阜県高山市 | (平成 28 (2016) 年度植栽、カラマツ) | → 4 回目の下刈りで終了 |

②低密度植栽区と通常密度の植栽区の両方とも、もう一度下刈りを実施すれば終了であると判断できた実証植栽地

・岡山県吉備中央町（平成 28（2016）年度植栽、ヒノキ） → 4 回目の下刈りで終了

③本事業の中では、まだ下刈り終了の判断ができなかった実証植栽地

・富山県立山町（平成 29（2017）年度植栽、スギ） → 令和 3（2021）年度で
4 回目の下刈り

以上の結果から、本事業では低密度植栽によって下刈り回数が増える事例は確認されなかったと言える。

【低密度植栽におけるつる植物の繁茂状況】（95～98 ページ）

令和 3（2021）年度の調査では、茨城県日立市（ヒノキ）と茨城県日立市（スギ）の 2 箇所の実証植栽地で、植栽木へのつる植物の巻き付きが確認された。これらの実証植栽地では、どちらも植栽密度が低いほど、つる植物に巻き付かれた植栽木の割合が大きくなった。ただし、低密度植栽区で見られたつる植物の多くは多年草のヘクソカズラだった。

低密度植栽とつる植物の関係性を検証するためには、事例をさらに増やしていくとともに、つる植物の種類により植栽木への被害にどのような違いが生じるかについても含めた検証が必要である。

【下刈りに関する聞き取り調査】（99～101 ページ）

全 19 箇所の実証植栽地について、森林所有者等に聞き取り調査を行い、令和 2（2020）年度及び令和 3（2021）年度の下刈りの実施状況等を整理した。

【低密度植栽技術指針、低密度植栽事例集、パンフレットの改訂】（102 ページ）

低密度調査で作成した低密度植栽技術指針、低密度植栽事例集、パンフレットについて、本事業における調査結果を踏まえて改訂を行った。

2-2. 低密度植栽における施業体系の整理

【内容及び調査結果】（103～116 ページ）

低密度植栽が実施された林分について調査した文献等を収集・分析し、低密度調査で得られた知見と合わせ、低密度植栽における植栽から主伐までの施業内容やそれぞれの施業における留意事項等について整理した。また、低密度植栽で生産された木材の強度や材積等について情報の整理を行った。

2-3. 早生樹利用による森林整備手法追跡調査

【追跡調査の概要】(117～191 ページ)

平成 29 (2017) 年度から令和元 (2019) 年度の 3 ヶ年にかけて実施された「早生樹による森林整備手法検討調査委託事業」で調査した全 11 箇所の実証植栽地のうち、以下の 6 箇所(センダン実証植栽地 3 箇所、コウヨウザン実証植栽地 3 箇所)について、令和 3 (2021) 年 10～12 月に追跡調査を実施した。

- ・愛知県豊田市 (センダン)
- ・熊本県天草市 (センダン)
- ・宮崎県宮崎市 (センダン)
- ・富山県立山町 (コウヨウザン)
- ・広島県北広島町 (コウヨウザン)
- ・宮崎県宮崎市 (コウヨウザン)

【センダンの植栽密度について】(132～149 ページ)

●熊本県天草市、宮崎県宮崎市(センダンを 200 本/ha と 400 本/ha で植栽)

令和 3 (2021) 年度の調査では、どちらの実証植栽地も、200 本/ha、400 本/ha とともに隣同士の植栽木の樹冠はまだほとんど接しておらず、植栽密度による植栽木への影響は少ないと考えられた。

なお、植栽密度間でセンダンの成長に差が見られたが、それらの成長差は植栽の翌年といたった早い段階から生じており、植栽地の雑草木の繁茂状況といった植栽密度以外の要因によると考えられる。

【センダンの植栽に適した立地環境について(耕作放棄地)】(121～140 ページ)

●愛知県豊田市(桑畑跡地及び水田跡地にセンダンを植栽)

畑跡地に植栽したセンダンの生存率や成長量が良好だった一方で、水田跡地の頻繁に滞水が発生するような過湿な環境に植栽されたセンダンは生存率が大きく低下しており、成長量も良好ではなかった。

このことから、水田跡地等の過湿な環境下にセンダンを植栽した場合、生育が大きく阻害されることが分かった。

●熊本県天草市(サツマイモ畑跡地にセンダンを植栽)

令和 2 (2020) 年度及び令和 3 (2021) 年度に下刈り等の施業を実施していないこともあり、セイタカアワダチソウやクズ等の雑草木が繁茂している状況が確認された。特にクズの巻き付きによるセンダンへの被害が大きく、被圧のほかに樹幹の倒伏や変形、折損といった被害の発生が確認された。

このことから、長年放棄された耕作放棄地では、セイタカアワダチソウやクズ等の繁茂に

注意が必要であり、植栽の前に除草剤を使用するなどして徹底的に除去しておく必要があると考えられた。

【センダンの植栽に適した立地環境について（山地斜面）】（141～149 ページ）

●宮崎県宮崎市（山地斜面の下部と中部にセンダンを植栽）

斜面下部に植栽したセンダンが比較的良好に生育していた一方で、斜面中部に植栽したセンダンの成長は良好でなく、主軸が枯れて根元から萌芽再生しているような状況も多く見られた。

このことから、センダンの植栽に適しているのは斜面下部であることが分かった。ただし、斜面下部に植栽したセンダンの中でも成長にばらつきが見られたため、今後はこのようなばらつきが発生した要因についても検証する必要がある。

【コウヨウザンの苗木の苗齢による生育の違い】（153～174 ページ）

●富山県立山町（コウヨウザンの1年生裸苗と2年生裸苗を植栽）

植栽から4年が経過した令和3（2021）年度の調査では、1年生苗、2年生苗ともにコウヨウザンはほとんど成長していなかった。この要因として冬期の積雪による主軸の折損や、寒害による主軸の枯損等が高い頻度で発生し、コウヨウザンの主軸がなかなか伸長できない状況であることが考えられた。

このことから、積雪が深い地域では苗齢にかかわらず成長が大きく阻害される可能性があることに注意する必要があることが分かった。

●広島県北広島町（コウヨウザンの1年生裸苗と2年生裸苗を植栽）

ノウサギによる食害が頻繁に発生しているにもかかわらず、植栽から4年が経過した令和3（2021）年12月時点におけるコウヨウザンの生存率は、1年生苗、2年生苗ともに9割を超えていた。また、令和3（2021）年12月における平均樹高は1年生苗で101.9cm、2年生苗で142.8cmと、2年生苗の方が高くなっていた。

このことから、1年生苗、2年生苗ともにコウヨウザンはノウサギによる食害では枯死しにくいと考えられた。また、ノウサギがコウヨウザンの主軸を摂食できる高さには限りがあると考えられることから、より樹高が大きい2年生苗の方がノウサギによる主軸への食害を減らすことができる可能性があることが分かった。

【コウヨウザンの植栽に適した立地環境（山地斜面）】（175～189 ページ）

●宮崎県宮崎市（山地斜面の中部と上部にコウヨウザンを植栽）

斜面中部に植栽したコウヨウザンの方が、斜面上部よりも生存率・成長量ともに良好だった。ただし、ほとんどのコウヨウザンがノウサギによる食害を受けているため、生存率や成長量の差が立地環境の違いによるものかどうかの特定はできなかった。

【防除処理別のノウサギ被害の発生状況】（161～189 ページ）

●広島県北広島町、宮崎県宮崎市（ノウサギによる食害が確認された実証植栽地）

令和元（2019）年7月に、忌避剤を散布した「忌避剤区」と、単木防護資材（ネットタイプ）を設置した「単木防護区」を設置し、植栽直後から調査していたプロットを「無処理区」とした。これらの防除資材を設置後のノウサギ被害の発生状況を、令和元（2019）年10月と令和3（2021）年11～12月にそれぞれ調査した。

令和元（2019）年10月の調査（資材の設置から約3カ月後）では、どちらの実証植栽地も無処理区及び忌避剤区にノウサギ被害が確認されたものの、単木防護区ではノウサギ被害が確認されなかった。なお、忌避剤区については、忌避剤を散布後に新たに伸長した部分が被害にあっていた。

令和3（2021）年11～12月の調査（資材の設置から約2年半後）では、単木防護区を含む全ての調査プロットでノウサギ被害が確認され、特に広島県北広島町では、単木防護区のコウヨウザンの約9割にノウサギ被害が確認された。この要因として、冬期の積雪による重み等で単木防護資材のネット部分がずり落ちていたことが考えられた。

また、広島県北広島町では、地面から約80cmの高さまでノウサギ被害が見られたが、これは冬期の積雪を足場にするにより、ノウサギが通常より高い位置まで摂食できた可能性を示唆している。

以上から、コウヨウザンのノウサギ被害に対しては単木防護資材が最も効果があるが、資材の効果を得られているか定期的に見回り、場合によりメンテナンスを行う必要があることが分かった。また、忌避剤は散布後に新たに伸長した部分には効果が薄いため、旺盛に萌芽を伸ばすコウヨウザンに使用するには定期的に散布し直す等の対策が必要であることが分かった。

【施業に関する聞き取り調査】（192～193 ページ）

全11箇所の実証植栽地の森林所有者に対して聞き取り調査を実施し、令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した施業の内容等や植栽木の生育状況等を整理した。

【早生樹ガイドラインの改訂】（194 ページ）

早生樹調査で作成した早生樹ガイドラインについて、本事業における調査結果を踏まえて改訂を行った。

3. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査

3-1. 調査概要

平成 27 (2015) 年度から平成 29 (2017) 年度にかけて植栽された全 19 箇所の実証植栽地のうち、令和 3 (2021) 年度は、平成 27 (2015) 年度植栽の 1 箇所、平成 28 (2016) 年度植栽の 3 箇所、平成 29 (2017) 年度植栽の 1 箇所の計 5 箇所の実証植栽地において追跡調査を実施した。

3-1-1. 追跡調査の内容

5 箇所の実証植栽地では、調査プロットを以下のように設定し (図 3-1)、調査プロット内の植栽木を調査対象木として、ラベリングするなどして個体を特定 (写真 3-1) している。これらの植栽木について、夏期と秋冬期の 2 回にわたり調査を実施した。

【調査プロットの設定】

- ・実証植栽地 (約 1 ヘクタール) を植栽密度ごとに区分
- ・各調査プロット内に植栽木が 36~40 本程度入るよう、植栽密度区ごとに 2~3 つの調査プロットを設置 → 調査対象木とする
- ・調査対象木にナンバーテープや ID 付きアルミタグを付け、個体 ID を特定 (写真 3-1)
- ・同一個体について調査を実施

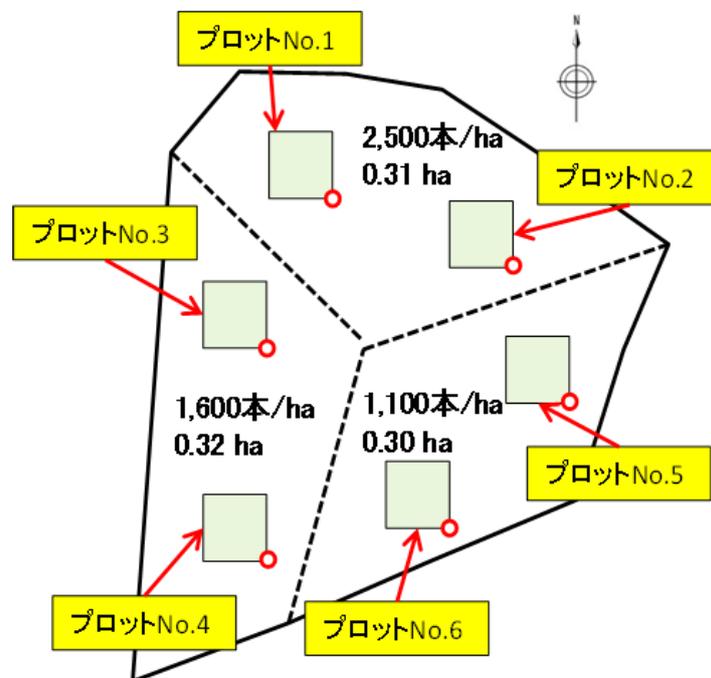


図 3-1 調査プロットの例



写真 3-1 個体 ID の特定 (ナンバーテープ (左) と ID 付きアルミタグ (右))

【調査項目】

追跡調査は、夏期（6～7月）と秋冬期（10～12月）の2回行った。平成29（2017）年度から実施している夏期調査は、可能な限り下刈りが実施される前に行い、植栽木と雑草木の競合状態などを把握した。平成27（2015）年度から実施している秋冬期調査では、成長休止期における植栽木の成長量などを把握した。調査項目は表3-1のとおりである。

なお、調査結果の取りまとめに当たっては、植栽木のうち枯死・食害・曲がり・斜立・折れ等の不健全木のデータを除外し、健全木のデータのみ使用した。

表 3-1 調査項目

	調査項目	対象プロット
夏期調査 (下刈り前)	1. 植栽木の毎木調査（樹高、樹冠幅の計測及び生育状態の記録） 2. 植栽木と雑草木の競合状態の記録 3. 植栽木に巻き付いているつる植物の記録 4. 雑草木の樹高の計測 5. 調査プロット内の植生調査 6. 実証植栽地の概況把握（概況写真の撮影）	各植栽密度につき 1 調査プロット以上
秋冬期調査 (成長休止時)	1. 植栽木の毎木調査（樹高、地際直径、胸高直径（計測可能な場合）、樹冠幅の計測及び生育状況の記録） 2. 植栽木と雑草木の競合状態の記録 3. 雑草木の樹高の計測 4. 実証植栽地の概況把握（概況写真の撮影）	全調査プロット

【調査方法】

「夏期調査（平成 29（2017）年度より実施）」

①植栽木の毎木調査

調査プロット内の植栽木について、樹高、樹冠幅及び生育状況（食害の有無、枯れ、形状不良など）を記録した。

②植栽木と雑草木の競合状態の記録

山川ら（2016）の基準を用い、調査プロット内の植栽木と雑草木の競合状態を C1～C4 の4つのカテゴリに分類して（表 3-2、図 3-2、写真 3-2）記録した。

表 3-2 C1～C4の4つのカテゴリについて

C1	植栽木の樹冠が周辺の雑草木から半分以上露出している
C2	植栽木の樹冠の半分以上が周辺の雑草木に覆われているが、梢端は露出している
C3	植栽木と雑草木の梢端がほぼ同じ高さにある
C4	植栽木が雑草木に完全に覆われている

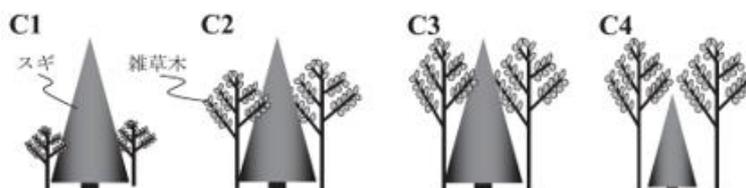


図 3-2 植栽木と雑草木の競合関係の模式図

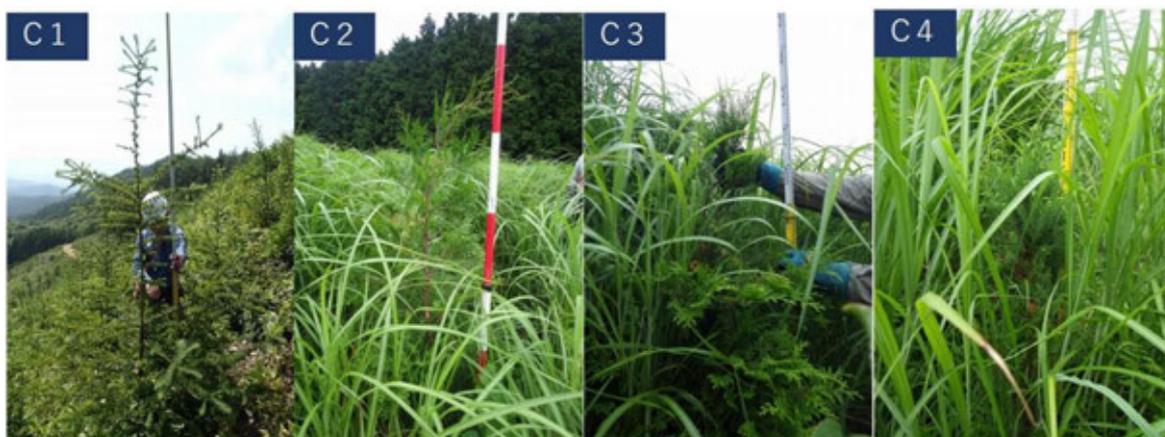


写真 3-2 C1～C4の例

③植栽木に巻き付いているつる植物の記録

植栽密度とつる植物の巻き付き状況の関係性を検証するため、植栽木へのつる植物の巻き付きが見られた実証植栽地において、植栽木に巻き付いているつる植物の本数や種名、つる植物に巻き付かれた植栽木の本数等を記録し、植栽密度ごとに整理した。



写真 3-3 つる植物に巻き付かれたヒノキ

④雑草木の樹高の計測

令和元(2019)年度から、植栽木と雑草木の樹高成長を比較するため、植栽木の半径 50cm 内にある最も高い雑草木の樹高を計測し記録した(図 3-3)。

平成 30(2018)年度以前については、C1～C4の4つのカテゴリを用いて雑草木の樹高を推定した。植栽木と雑草木の競合状態が C1であった場合の雑草木の樹高については、雑草木の樹高=植栽木の樹高×0.25とした。同様に C2は **0.75**、C3は **1.0**、C4は **1.25** を乗じた数値を雑草木の樹高の推定値とし、植栽木と雑草木の樹高成長を比較した。

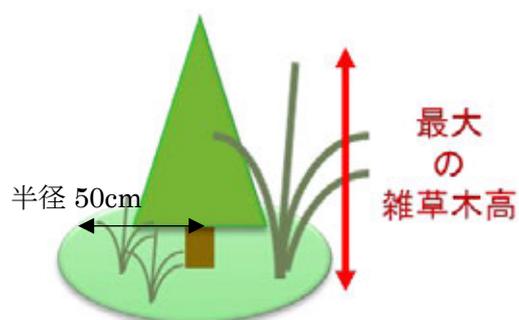


図 3-3 植栽木の半径 50cm にある最大の雑草木の樹高

⑤調査プロット内の植生調査

調査プロット内に生育する雑草木の種組成を把握するため、簡易的な植生調査を行った。雑草木の階層を便宜的に低木層と草本層に分け、それぞれについて植被率(%)と優占種を記録した。また、その他の出現種についても可能な限り記録した。

⑥実証植栽地の概況把握

各調査プロットにおいて定点撮影を行った。また、実証植栽地の全容が展望できる地点を選び、同様に定点撮影を行った。

「秋冬期調査(平成27(2015)年度より調査)」

①植栽木の毎木調査

調査プロット内の植栽木について、樹高、地際直径、胸高直径(計測可能な場合)、樹冠幅及び生育状況(食害や誤伐の有無、枯れ、形状不良など)を記録した。

②植栽木と雑草木の競合状態の記録

山川ら(2016)の基準を用い、調査プロット内の植栽木1本ごとにC1~C4の4つのカテゴリに分類して記録した。

③雑草木の樹高の計測

植栽木と雑草木の樹高成長を比較するため、植栽木の半径50cm内にある最も高い雑草木の樹高を計測し記録した。

④実証植栽地の概況把握

夏期調査と同じ地点から、定点撮影を行った。

3-1-2. 下刈りに関する聞き取り調査

令和3(2021)年度における下刈りの実施状況、下刈り終了の判断基準、植栽密度の違いによる下刈り作業の難易や誤伐の発生状況等を把握するため、各実証植栽地の森林所有者等に対して聞き取り調査を実施した。

【調査項目】

下刈りに関する聞き取り項目は表 3-3 のとおりである。

表 3-3 下刈りに関する聞き取り項目

	アンケート項目
実証植栽地の 下刈り有無	<ul style="list-style-type: none">・令和3(2021)年度の下刈り実施の有無とその理由 (実施した場合は実施日も)・実証植栽地における来年度以降の下刈り予定
下刈り実施の 判断基準	<ul style="list-style-type: none">・通常の施業で実施している下刈りの回数(期間)・下刈りを終了する際の判断基準
植栽密度による 下刈りへの影響 (下刈り実施の場合)	<ul style="list-style-type: none">・植栽密度と下刈り作業のやり易さとの関係・植栽密度と誤伐の発生との関係、誤伐防止のアイデア
下刈り以降の 保育作業の予定	<ul style="list-style-type: none">・下刈り以降の保育作業(除伐、つる切り等)の実施予定
その他	<ul style="list-style-type: none">・低密度植栽への意見・その他、気づいた点など

3-2. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査結果

低密度調査で設置した 19 箇所の実証植栽地のうち、平成 27 (2015) 年度に植栽した実証植栽地 1 箇所 (宮崎県椎葉村)、平成 28 (2016) 年度に植栽した実証植栽地 3 箇所 (茨城県日立市 (ヒノキ)、茨城県日立市 (スギ)、岐阜県高山市)、平成 29 (2017) 年度に植栽した実証植栽地 1 箇所 (富山県立山町) の全 5 箇所の実証植栽地 (表 3-4、図 3-4) について、令和 3 (2021) 年度に追跡調査を実施した。結果を以下に示す。

表 3-4 低密度植栽技術実証植栽地の一覧 (全 5 箇所)

No	実証植栽地	苗種	植栽年度	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	植栽本数 (本)	R3 下刈 時期	備考		
1	茨城県日立市 (国有林)	ヒノキ 150cc コンテナ苗 (実生苗)	H28 (2016) 年度	1,100	0.83	900	2,400	—		
				1,600	0.39				600	
				2,500	0.37				900	
2	茨城県日立市 (民有林)	スギ 150cc コンテナ苗 (実生苗)	H28 (2016) 年度	1,100	0.35	385	1,695	—		
				1,600	0.35				560	
				2,500	0.33				750	
3	富山県立山町 (民有林)	無花粉スギ M スターコン テナ苗 (実生苗)	H29 (2017) 年度	1,100	0.31	341	1,612	7月		
				1,600	0.31				496	
				2,500	0.31				775	
4	岐阜県高山市 (民有林)	カラマツ 150cc コンテナ苗 (実生苗)	H28 (2016) 年度	1,100	0.30	330	1,560	9月	シカ 柵※	
				1,600	0.30					480
				2,500	0.30					750
5	宮崎県椎葉村 (民有林)	スギ 300cc コンテナ苗 (挿し木苗)	H27 (2015) 年度	1,100	0.35	385	1,695	—	シカ 柵	
				1,600	0.35					560
				2,500	0.30					750

※岐阜県高山市では、令和 3 (2021) 年度にシカ柵を撤去した。

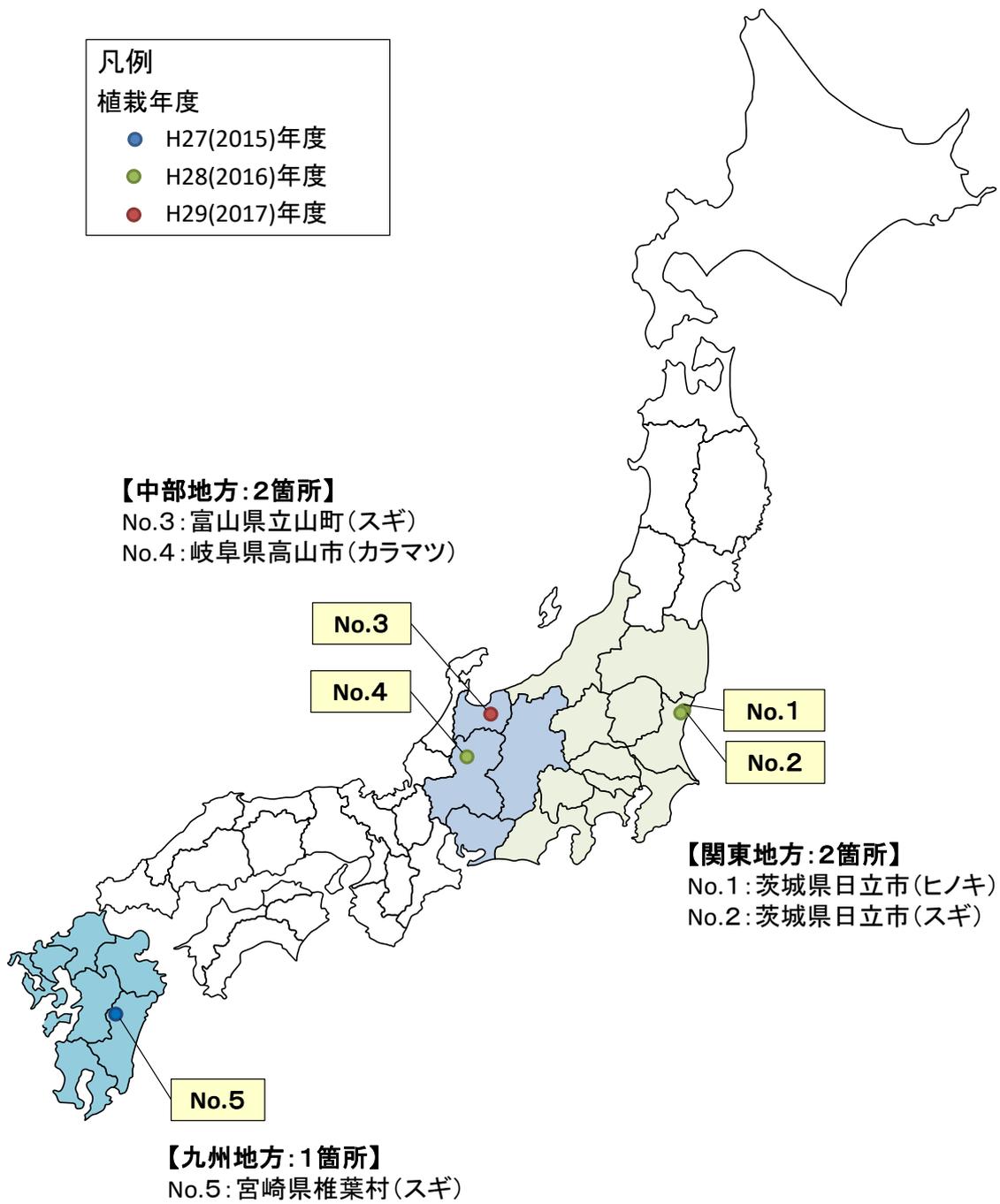


図 3-4 低密度植栽技術実証植栽地の位置図 (全5箇所)

3-2-1. 茨城県 日立市（ヒノキ）(No.1)

(1) 実証植栽地の概要

茨城県日立市（ヒノキ）の実証植栽地の概要を表 3-5 及び図 3-5 に示す。

平成 28（2016）年 10～11 月に、茨城県日立市の実証植栽地（1.59ha）に 1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の 3つの植栽密度区を設け、ヒノキ 150cc コンテナ苗（実生苗）を計 2,400 本植栽した。

表 3-5 実証植栽地の概要（茨城県日立市ヒノキ）

実証植栽地	茨城県日立市十王町高原小松沢国有林 1186 と			
苗木種	ヒノキ 150cc コンテナ苗（実生苗）			
植栽密度	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.83ha	0.39ha	0.37ha	1.59ha
植栽本数	900 本	600 本	900 本	2,400 本
気温/ 降水量	12.8℃（年平均気温） / 1,455.7mm（年降水量） （気象観測所「日立」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位	260～310m / 10～25° / N～S			
土壌	褐色森林土壌			
森林所有者	国有林			
植栽実施者	有限会社 佐川運送			
植栽日	平成 28（2016）年 10 月 31 日、11 月 2 日・3 日 （前生林分の伐採は平成 26 年）			



図 3-5 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 7 月）
（茨城県日立市ヒノキ）

(2) 調査プロットの概要

1,100 本/ha に 4 つ、1,600 本/ha と 2,500 本/ha に 2 つの調査プロットをそれぞれ設定し、調査プロット内の植栽木、計 273 本（1,100 本/ha : 123 本、1,600 本/ha : 78 本、2,500 本/ha : 72 本）を調査対象木とした（図 3-6、表 3-6）。

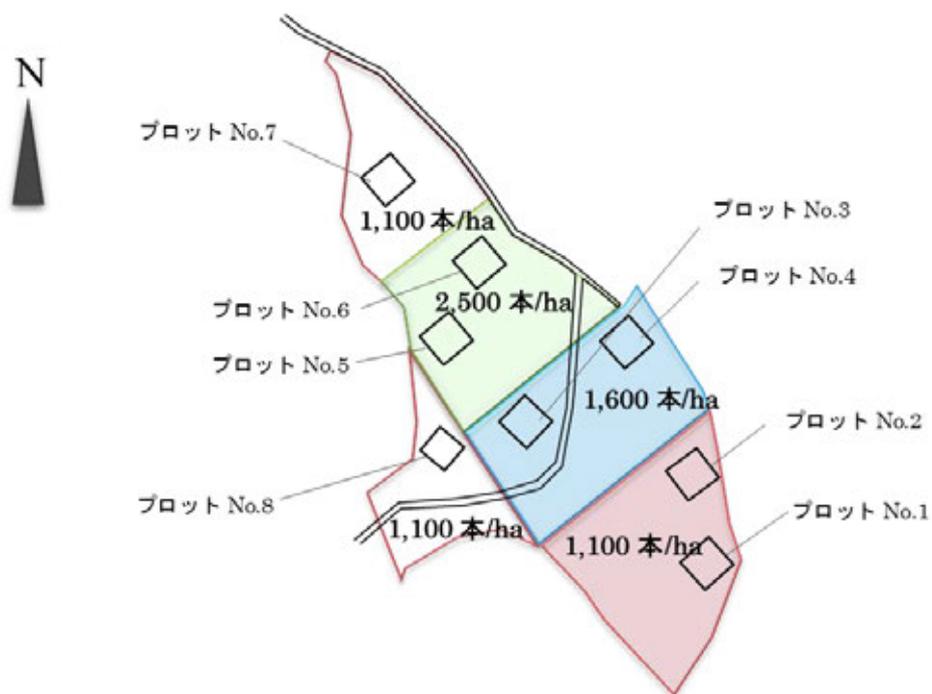


図 3-6 調査プロットの位置図（茨城県日立市ヒノキ）

表 3-6 調査プロットの概要（茨城県日立市ヒノキ）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,100 本/ha	No. 1	307.0	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	306.5	35 本	斜面下部に設置
	No. 7	261.2	36 本	斜面中部に設置
	No. 8	224.0	16 本	斜面中部に設置
1,600 本/ha	No. 3	152.0	42 本	斜面上部に設置
	No. 4	139.6	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 5	307.0	36 本	斜面上部に設置
	No. 6	306.5	36 本	斜面下部に設置
合計			273 本	

下刈り実施日及び下刈り実施の有無は表 3-7、表 3-8 のとおりである。本実証植栽地では、令和 2（2020）年度及び令和 3（2021）年度の下刈りは実施されていない。

表 3-7 下刈りの実施日（茨城県日立市ヒノキ）

年度	下刈り実施日
平成 28（2016）年度	—（植栽年）
平成 29（2017）年度	9月4～9日
平成 30（2018）年度	8月30日
令和 元（2019）年度	8月29～30日
令和 2（2020）年度	実施せず
令和 3（2021）年度	実施せず

表 3-8 下刈り実施の有無（茨城県日立市ヒノキ）

植栽密度	プロット No.	H29（2017）～	R 2（2020）～
		R 元（2019） 下刈り	R 3（2021） 下刈り
1,100 本/ha	No. 1	有	無
	No. 2	有	無
1,600 本/ha	No. 3	有	無
	No. 4	有	無
2,500 本/ha	No. 5	有	無
	No. 6	有	無

(3) 追跡調査結果

夏期調査及び秋冬期調査の実施日は表 3-9 のとおりである。なお、令和 2 (2020) 年度は調査を実施していない。

表 3-9 調査実施日 (茨城県日立市ヒノキ)

年度	夏期調査	秋冬期調査
平成 28 (2016) 年度	—	平成 28 (2016) 年 11 月 18 日
平成 29 (2017) 年度	平成 29 (2017) 年 7 月 18 日	平成 29 (2017) 年 10 月 9 日
平成 30 (2018) 年度	平成 30 (2018) 年 7 月 13 日	平成 30 (2018) 年 12 月 11 日
令和 元 (2019) 年度	令和 元 (2019) 年 7 月 18 日	令和 元 (2019) 年 11 月 6 日
令和 2 (2020) 年度	調査なし	
令和 3 (2021) 年度	令和 3 (2021) 年 7 月 15 日	令和 3 (2021) 年 12 月 21・23 日

【活着率、生存率、枯死率及び枯死原因】

植栽直後から令和 3 (2021) 年度までの各調査プロットの植栽木の生存及び枯死の状況は表 3-10 のとおりである。

活着率、生存率ともに植栽密度間及び調査プロット間でばらつきが見られ、令和 3 (2021) 年度における生存率は 1,100 本/ha 区のプロット 7 で 30.6%、1,600 本/ha 区のプロット 4 で 8.3%、2,500 本/ha 区のプロット 6 で 25.0%と、いずれも非常に低い値を示した。これらの調査プロットでは特に雑草木の繁茂が激しく、植栽木が強い被圧を受けたことによる枯死や、植栽木が雑草木に埋もれ視認し辛くなったことによる誤伐の発生が多かったと考えられる。特に、極端に生存率が低くなったプロット 4 では、樹高が 2 m 以上のタケニグサが密生しており、植栽木が完全に埋まってしまう状況だった (写真 3-4)。なお、これらのプロットでは、植栽翌年の平成 29 (2017) 年度に最も枯死が発生していた。

以上より、本実証植栽地では植栽密度間で活着率や生存率に大きな差が生じているが、これは局地的な雑草木の繁茂状況の違いによるものであり、植栽密度の違いによる影響ではないと考えられる。なお、雑草木の繁茂が激しかったことの要因として、本実証植栽地では前生林の伐採から植栽までに 2 年間 (2 成長期) が経過しており、その間に雑草木が繁茂して地下部に養分を蓄えていたことが考えられる。

表 3-10 活着率、生存率、枯死率及び枯死原因（茨城県日立市ヒノキ）

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数						合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)				
1	1,100	36	-	1 (誤伐)	2 (誤伐1・ウサギ食害1)	1 (誤伐)	調査なし	2 (誤伐2)	6	97.2	83.3	16.7
2	1,100	35	-	7 (枯れ6・誤伐1)	2 (獣虫害1・消失1)	3 (獣虫害2・消失1)		0	12	80.0	65.7	34.3
7	1,100	36	-	17 (消失10・枯れ6・誤伐1)	1 (枯れ)	2 (消失1・ウサギ食害1)		5 (誤伐5)	25	52.8	30.6	69.4
8	1,100	16	-	0	3 (枯れ2・誤伐1)	0		0	3	100.0	81.3	18.8
3	1,600	42	-	5 (枯れ3・誤伐2)	0	3 (誤伐2・枯れ1)		0	8	88.1	81.0	19.0
4	1,600	36	-	14 (誤伐9・枯れ5)	8 (獣虫害3・枯れ2・消失2・誤伐1)	10 (ウサギ食害6・誤伐3・消失1)		1 (消失)	33	61.1	8.3	91.7
5	2,500	36	-	7 (枯れ4・消失2・誤伐1)	0	0		1 (誤伐)	8	80.6	77.8	22.2
6	2,500	36	-	17 (消失10・枯れ6・誤伐1)	3 (誤伐2・消失1)	2 (誤伐2)		5 (誤伐3・獣虫害1・枯れ1)	27	52.8	25.0	75.0

※活着率は植栽翌年の数値である
 ※生存率は令和3（2021）年度時点の数値である



写真 3-4 タケニグサに覆われたプロット4の状況
 （茨城県日立市ヒノキ、令和元（2019）年7月）

【成長状況】

植栽直後から令和3（2021）年度までの植栽木の成長状況は表 3-11、図 3-7、図 3-8 及び写真 3-5 のとおりである。

令和3（2021）年度における植栽木の成長状況を植栽密度間で比較したところ、平均樹高、平均地際直径ともに植栽密度間で差が見られ、平均樹高は 1,100 本/ha 区で 265.9cm、1,600 本/ha 区で 305.5cm、2,500 本/ha 区で約 243.0cm となった。また平均地際直径は 1,100 本/ha 区で 4.7cm、1,600 本/ha 区で 6.8cm、2,500 本/ha 区で約 5.1cm となり、平均樹高・平均地際直径ともに 1,600 本/ha 区で最も高い数値を示した。

このような植栽密度間の差は平成 30（2018）年度には既に生じ始めている（図 3-7）が、この時点では植栽木の樹冠同士は接しておらず、植栽密度による影響は考えにくいことから、立地環境や雑草木の繁茂状況が植栽木の成長に大きく影響を与えたと考えられる。

表 3-11 植栽木の成長状況（茨城県日立市ヒノキ）

1,100本/ha							
茨城県日立市ヒノキ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	42.9±5.8	62.3±14.1	95.4±22.9	138.7±37	調査なし	265.9±64.0
	最小値	30.9	37.5	55.0	66.6		115.0
	最大値	59.5	92.5	159.0	231.4		383.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	0.7±0.2	1.4±0.5	2.5±0.9		4.7±1.8
	最小値	0.3	0.4	0.6	1.1		1.2
	最大値	0.8	1.2	2.9	5.2		8.6
胸高直径(cm)	平均値						2.2±1.1
	最小値						0.3
	最大値						5.0
形状比	平均値	120.7±16.7	97.8±14.8	71±14.2	57.0±10.1		62.0±14.2
	最小値	81.3	65.6	43.9	39.3	35.3	
	最大値	159.4	137.5	123.6	81.8	92.7	
1,600本/ha							
茨城県日立市ヒノキ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	45.2±4.7	66.3±12.6	109.2±23.1	159.7±34.9	調査なし	305.5±42.6
	最小値	34.0	44.0	64.0	93.0		227.0
	最大値	56.0	107.3	173.0	252.0		402.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	0.7±0.2	2.1±0.5	3.8±0.7		6.8±1.3
	最小値	0.3	0.4	0.9	2.1		3.8
	最大値	0.5	1.2	3.2	5.0		8.9
胸高直径(cm)	平均値						3.8±1.2
	最小値						1.7
	最大値						6.3
形状比	平均値	123.9±14.8	98.5±23	53.6±10.8	42.8±8.7		45.9±8.2
	最小値	91.3	62.5	38.9	29.6	32.8	
	最大値	179.6	153.3	86.1	68.6	66.9	
2,500本/ha							
茨城県日立市ヒノキ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	46.1±6.3	60.2±8.3	86.7±17.4	127.3±27	調査なし	243.0±41.5
	最小値	27.7	39.3	55.0	85.1		172.0
	最大値	65.0	75.9	126.0	201.0		335.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	0.7±0.1	1.6±0.5	3.0±0.7		5.1±1.1
	最小値	0.3	0.5	0.7	1.6		3.2
	最大値	0.5	1.0	2.6	4.9		7.1
胸高直径(cm)	平均値						2.0±1.0
	最小値						0.6
	最大値						5.1
形状比	平均値	122.4±16.3	90.1±14.6	57.2±16.3	43.4±10.7		48.7±8.3
	最小値	86.3	64.4	34.8	24.0	35.7	
	最大値	159.4	121.9	95.5	69.3	71.7	

※平均値の項目において、土の後の数値は標準偏差を示す

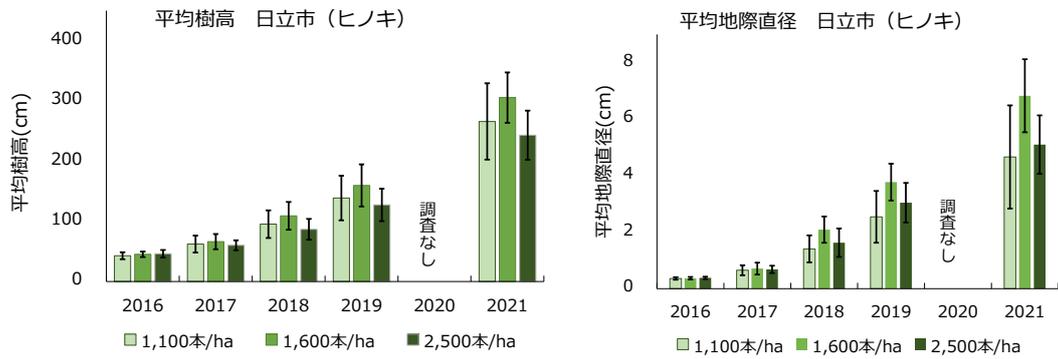
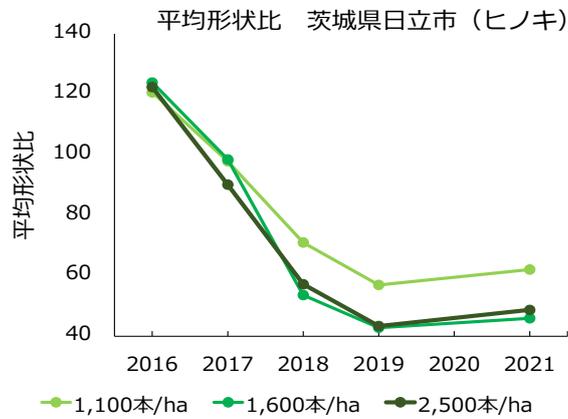


図 3-7 植栽木の平均樹高 (左) と平均地際直径 (右) の推移 (茨城県日立市ヒノキ)



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-8 植栽木の形状比の推移 (茨城県日立市ヒノキ)



写真 3-5 1,100 本/ha 区の状況 (茨城県日立市ヒノキ、令和3 (2021) 年12月)

【樹冠幅の推移及び樹冠が接する時期の推定】

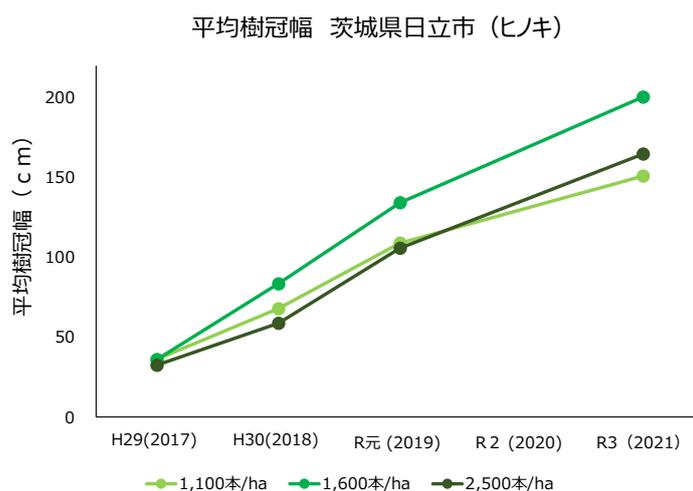
平成 29 (2017) 年度から令和 3 (2021) 年度までの植栽木の樹冠幅 (直径) の推移を表 3-12、図 3-9 に示す。また、令和 3 (2021) 年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-6 に示す。

令和 3 (2021) 年度における樹冠幅は、1,100 本/ha 区で 151.0cm、1,600 本/ha 区で約 200.5cm、2,500 本/ha 区で約 164.8cm となり、植栽木の平均樹高や平均地際直径と同様、1,600 本/ha 区で最も大きくなっている。なお、1,600 本/ha の植栽間隔は 2.5m、2,500 本/ha の植栽間隔は 2.0m であるため、1,600 本/ha 区、2,500 本/ha 区ともにあと約 0.3~0.5m で植栽木の樹冠同士が接する状況である。

表 3-12 植栽木の平均樹冠幅の推移 (茨城県日立市ヒノキ)

植栽密度	平均樹冠幅 (c m)				
	H29(2017)	H30(2018)	R元 (2019)	R 2 (2020)	R3 (2021)
1,100本/ha	36.2	67.9	109.0		151.0
1,600本/ha	36.0	83.6	134.3		200.5
2,500本/ha	32.5	58.8	105.8		164.8

※R2(2020)年度は調査なし



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-9 植栽木の平均樹冠幅の推移 (茨城県日立市ヒノキ)



1,100 本/ha 区 (植栽間隔 3 m) 1,600 本/ha 区 (植栽間隔 2.5m) 2,500 本/ha 区 (植栽間隔 2 m)
 写真 3-6 植栽木の樹冠の広がり具合 (茨城県日立市ヒノキ、令和 3 (2021) 年 12 月)

次に、樹冠幅がこのまま直線的に成長すると仮定した場合において、隣同士の植栽木の樹冠が接する時期について推定を行った。なお、立地環境による成長差の影響を除くために、分析に当たっては全ての調査プロットにおける植栽木 (健全木) の樹冠幅のデータを使用して回帰分析を行った。得られた回帰式から、植栽木の樹冠幅が各植栽密度における植栽間隔と等しくなる時期を求め、樹冠が接する時期とした。分析の結果を図 3-10 に示す。

分析の結果、1,100 本/ha (植栽間隔 3 m) では 2026 年 9 月に、1,600 本/ha (植栽間隔 2.5m) では 2025 年 1 月に、2,500 本/ha (植栽間隔 2.0m) では 2023 年 4 月に、それぞれ隣同士の植栽木の樹冠が接するという結果となり、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha では約 1 年 9 カ月、1,100 本/ha では約 3 年 5 カ月、樹冠が接する時期が遅くなると推定された。



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-10 樹冠幅の推移の推定 (茨城県日立市ヒノキ)

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の競合状態の調査結果を図 3-11 に、植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-12 に示す。また、令和 3（2021）年度における植生調査の結果を表 3-13、写真 3-7 に示す。なお、本実証植栽地では、令和 2（2020）年度及び令和 3（2021）年度の下刈りは実施されていない。

植栽木と雑草木の競合状態（図 3-11）では、令和 3（2021）年秋の時点で 1,100 本/ha 区では 2 割近くが競合状態 C4 である一方で、C1 + C2 が 7 割を超えていた。また、1,600 本/ha 区及び 2,500 本/ha 区では、令和 3（2021）年秋の時点で C1 + C2 が 10 割となっていた。競合状態に植栽密度間で差が見られるものの、この差は植栽翌年の平成 29（2017）年から見られていた（図 3-11）。

植栽木と雑草木の平均樹高（図 3-12）を見てみると、令和 3（2021）年の夏から秋の間で、下刈りが実施されていないにもかかわらずどの植栽密度も植栽木と雑草木の樹高差が大きくなっていった。これは、優占しているススキやキイチゴ類、アズマネザサ等（表 3-13）が成長できる高さの上限に近づいており、雑草木群落の平均樹高がほとんど大きくならなかったためと考えられる。なお、令和 3（2021）年秋の時点での植栽木と雑草木の樹高差は、1,100 本/ha 区で約 0.7m、植栽木の成長が良好な 1,600 本/ha 区では約 1.2m、雑草木の樹高が低い 2,500 本/ha 区では約 1.0m だった。

以上より、今後も植栽木と優占している雑草木の樹高差は開いていくと考えられるため、今後の下刈りは不要であり、令和元（2019）年度の 3 回目の下刈りで終了可能であると判断できる。なお、植栽密度間で植栽木と雑草木の競合状態に差が見られるが、この差は植栽翌年の平成 29（2017）年度から見られていることから（図 3-11）、植栽密度の影響ではなく雑草木の繁茂状況等の違いによるものと考えられる。

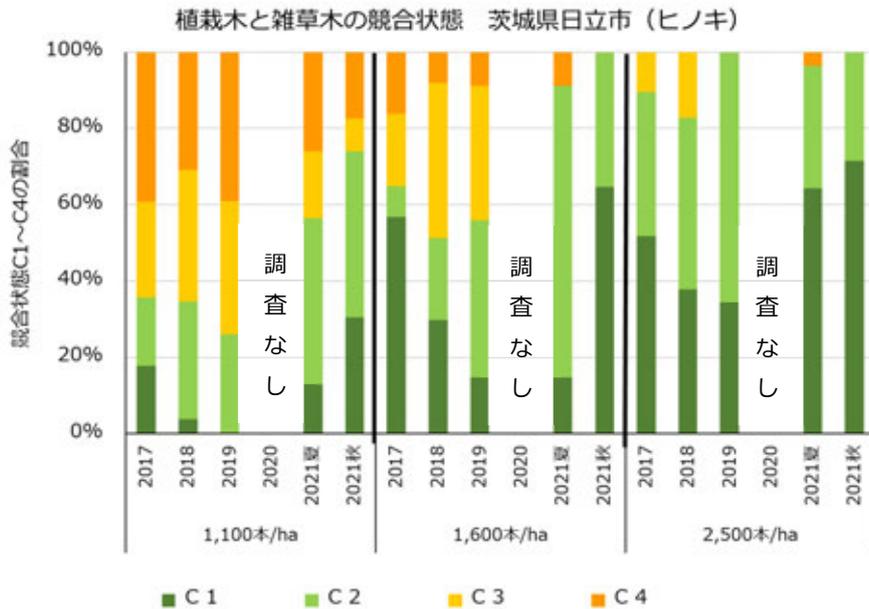
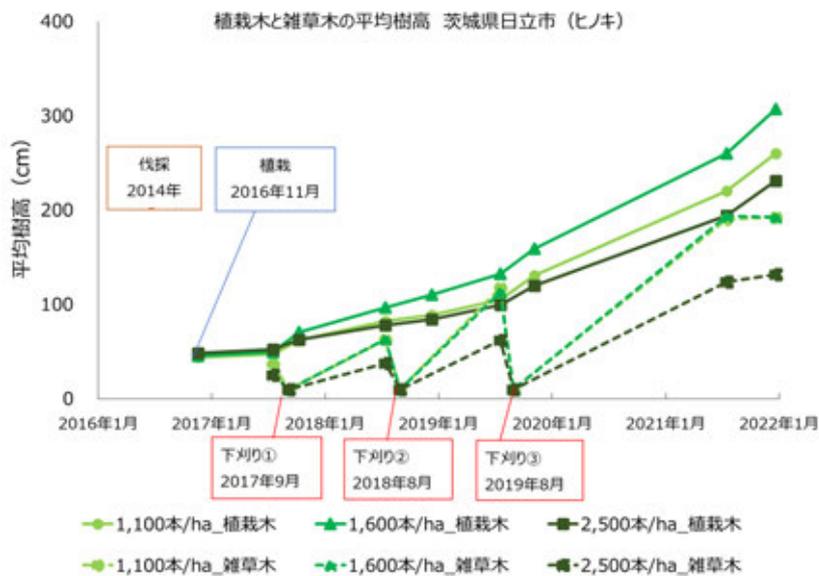


図 3-11 植栽木と雑草木の競合状態（茨城県日立市ヒノキ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-12 植栽木と雑草木の平均樹高（茨城県日立市ヒノキ）

※図 3-11、図 3-12 において、1,100 本/ha はプロット 2、1,600 本/ha はプロット 3、2,500 本/ha はプロット 5 の調査結果を示す。

表 3-13 植生調査の結果（茨城県日立市ヒノキ、令和3（2021）年7月）

プロット No.	植栽密度	プロット全体の植被率	階層ごとの植被率	主な優占種	被度	その他：特徴的な出現種
2	1,100	100%	低木層（1.0m以上） 85%	ススキ クマイチゴ タケニグサ	40% 20% 10%	・ニガイチゴ・ウワミズザクラ・アカメガシワ ・タラノキ・ヤマウルシ・ホオノキ ・イヌザンショウ・ヤマザクラ
			草本層（1.0m未満） 60%	ニガイチゴ ヤマウルシ タケニグサ	15% 10% 10%	・アカメガシワ・クマイチゴ・タラノキ ・イヌザンショウ・タンナサワフタギ ・クリ・コバノガマズミ・ミヤコザサ ・アズマネザサ
3	1,600	100%	低木層（1.0m以上） 90%	ススキ ニガイチゴ タラノキ	70% 15% 5%	・タケニグサ・ウワミズザクラ ・ヨウシュヤマゴボウ
			草本層（1.0m未満） 60%	クマイチゴ アカメガシワ	10% 10%	・ヤマウルシ・コシアブラ・タラノキ ・ニガイチゴ・ヌルデ・ヤマザクラ ・ウワミズザクラ
5	2,500	80%	低木層（1.0m以上） 15%	ススキ ヤマウルシ ヤマザクラ	10% 3% 2%	—
			草本層（1.0m未満） 70%	アズマネザサ ススキ アカメガシワ	60% 10% 5%	・ヤマウルシ・コシアブラ・クマイチゴ ・ヌルデ・タラノキ・ムラサキシキブ ・ニガイチゴ・ウワミズザクラ・ヤマザクラ ・イヌザンショウ・コバノガマズミ



プロット2（1,100本/ha）



プロット3（1,600本/ha）



プロット5（2,500本/ha）

写真 3-7 植生調査プロットの状態（茨城県日立市ヒノキ、令和3（2021）年7月）

(4) 下刈りに関する聞き取り調査結果

森林所有者に対し、下刈りに関する聞き取り調査を行った。結果を表 3-14 に示す。

表 3-14 下刈りに関する聞き取り調査結果（茨城県日立市ヒノキ）

実証植栽地における下刈り実施の有無
・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度ともに下刈りは実施しなかった。
下刈り以降の保育作業の予定
・今後の植栽地の管理について、特に生存率が極端に低くなっている区域については再造林することも含めて検討中である。
植栽密度による下刈り作業の影響等
（下刈りを実施していないため、回答なし）

(5) 現地写真 (遠景、茨城県日立市ヒノキ)



植栽後 (平成 28 (2016) 年 11 月)



平成 29 (2017) 年 10 月



平成 30 (2018) 年 7 月



平成 30 (2018) 年 10 月



令和元 (2019) 年 7 月



令和元 (2019) 年 10 月



令和3（2021）年7月



令和3（2021）年12月

※写真の手前側は、コウヨウザン植栽地である。

写真 3-8 実証植栽地の様子（遠景、茨城県日立市ヒノキ）

(6) 現地写真（近景（1,600本/ha区）、茨城県日立市ヒノキ）



平成28（2016）年10月



平成28（2016）年11月



平成29（2017）年8月



平成29（2017）年11月



平成 30 (2018) 年 7 月



平成 30 (2018) 年 10 月



令和元 (2019) 年 7 月



令和元 (2019) 年 10 月



令和 3 (2021) 年 7 月



令和 3 (2021) 年 12 月

写真 3-9 実証植栽地の様子 (近景 (1,600 本/ha 区)、茨城県日立市ヒノキ)

3-2-2. 茨城県 日立市（スギ）（No.2）

（1） 実証植栽地の概要

茨城県日立市（スギ）の実証植栽地の概要を表 3-15 及び図 3-13 に示す。

平成 28（2016）年 10 月に、茨城県日立市の実証植栽地（1.03ha）に 1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の 3 つの植栽密度区を設け、スギ 150cc コンテナ苗（実生苗）を計 1,695 本植栽した。

表 3-15 実証植栽地の概要（茨城県日立市スギ）

実証植栽地	茨城県日立市十王町高原沼久保			
苗木種	スギ 150cc コンテナ苗（実生苗）			
植栽密度	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.35ha	0.35ha	0.33ha	1.03ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量	11.9℃（年平均気温） / 1455.7mm（年降水量） （気象観測所「日立」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位	400～450m / 20～25° / NW			
土壌	褐色森林土壌			
森林所有者	個人			
植栽実施者	高萩市森林組合			
植栽日	平成 28（2016）年 10 月 25・26 日 （前生林分の伐採は平成 28（2016）年 6 月）			



図 3-13 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 7 月）
（茨城県日立市スギ）

(2) 調査プロットの概要

1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の3つの植栽密度区にそれぞれ2つの調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計 223 本（1,100 本/ha：80 本、1,600 本/ha：71 本、2,500 本/ha：72 本）を調査対象木とした（図 3-14、表 3-16）。

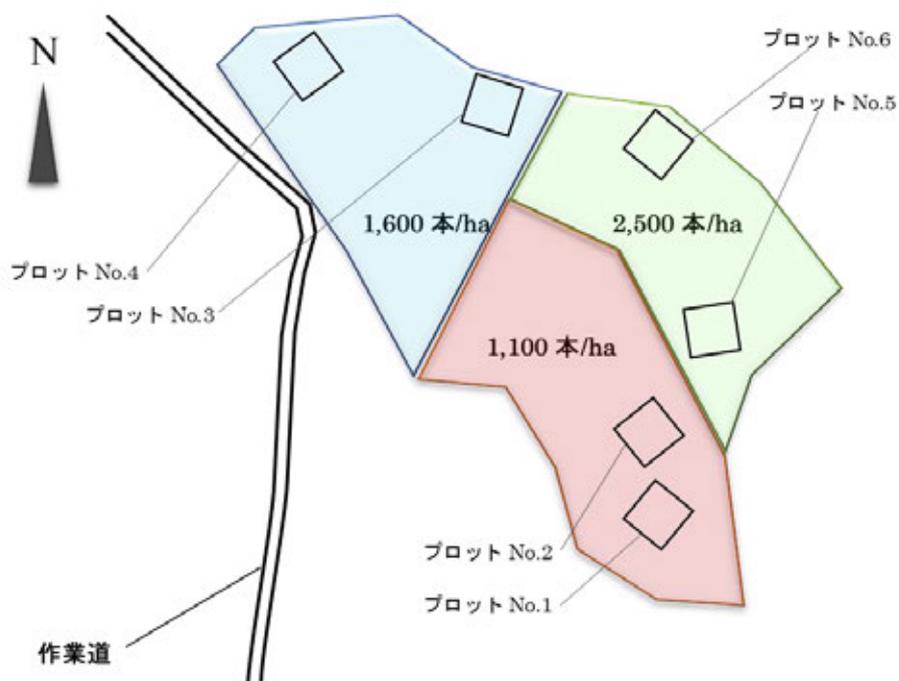


図 3-14 調査プロットの位置図（茨城県日立市スギ）

表 3-16 調査プロットの概要（茨城県日立市スギ）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,100 本/ha	No. 1	306.2	39 本	斜面上部に設置
	No. 2	346.7	41 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No. 3	232.5	35 本	斜面上部に設置
	No. 4	216.5	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 5	152.1	36 本	斜面上部に設置
	No. 6	143.8	36 本	斜面下部に設置
合計			223 本	

下刈り実施日及び下刈り実施の有無は表 3-17、表 3-18 のとおりである。なお、本実証植栽地では令和 3（2021）年度の下刈りは実施されていない。

表 3-17 下刈りの実施日（茨城県日立市スギ）

年度	下刈り実施日
平成 28（2016）年度	—（植栽年）
平成 29（2017）年度	9 月 29～30 日
平成 30（2018）年度	8 月 18～20 日
令和 元（2019）年度	9 月 20～27 日
令和 2（2020）年度	9 月
令和 3（2021）年度	実施せず

表 3-18 下刈り実施の有無（茨城県日立市スギ）

植栽密度	プロット No.	H29（2017）～ R 2（2020） 下刈り	R3（2021） 下刈り
1,100 本/ha	No. 1	有	無
	No. 2	有	無
1,600 本/ha	No. 3	有	無
	No. 4	有	無
2,500 本/ha	No. 5	有	無
	No. 6	有	無

(3) 追跡調査結果

夏期調査及び秋冬期調査の実施日は表 3-19 のとおりである。なお、令和 2（2020）年度は調査を実施していない。

表 3-19 調査実施日（茨城県日立市スギ）

年度	夏期調査	秋冬期調査
平成 28 (2016) 年度	—	平成 28 (2016) 年 11 月 17 日
平成 29 (2017) 年度	平成 29 (2017) 年 8 月 4 日	平成 29 (2017) 年 10 月 10 日
平成 30 (2018) 年度	平成 30 (2018) 年 7 月 12 日	平成 30 (2018) 年 12 月 12 日
令和 元 (2019) 年度	令和 元 (2019) 年 7 月 17 日	令和 元 (2019) 年 11 月 7 日
令和 2 (2020) 年度	調査なし	
令和 3 (2021) 年度	令和 3 (2021) 年 7 月 14 日	令和 3 (2021) 年 12 月 20・22 日

【活着率、生存率、枯死率及び枯死原因】

植栽直後から令和 3（2021）年度までの各調査プロットの植栽木の生存及び枯死の状況は表 3-20 のとおりである。

活着率（植栽翌年の生存率）は、調査プロット間でばらつきが生じたものの、植栽密度間で比較すると大きな差は生じていない。

令和 3（2021）年時点での生存率は、調査プロット間で多少のばらつきが生じていた。枯死原因を見ると、1,100 本/ha 区で 10 本、1,600 本/ha 区で 11 本、2,500 本/ha 区で 6 本が誤伐により枯死している。なお、下刈り実施者は誤伐の要因について、植栽密度の影響よりも、局所的に雑草の繁茂が激しく植栽木の視認性が低くなったことを挙げていた。

表 3-20 活着率、生存率、枯死率及び枯死原因（茨城県日立市スギ）

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数						合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)				
1	1,100	39	—	3 (枯れ3)	2 (消失2)	5 (誤伐4・枯れ1)	調査なし	1 (折れ)	11	92.3	71.8	28.2
2	1,100	41	—	6 (誤伐4・枯れ2)	2 (枯れ1・消失1)	3 (誤伐2・枯れ1)		1 (消失)	12	85.4	70.7	29.3
3	1,600	35	—	2 (消失1・枯れ1)	0	3 (消失2・誤伐1)		5 (誤伐4・枯れ1)	10	94.3	71.4	28.6
4	1,600	36	—	8 (消失4・誤伐1・枯れ3)	0	3 (誤伐2・消失1)		4 (誤伐3・折れ1)	15	77.8	58.3	41.7
5	2,500	36	—	11 (誤伐3・枯れ7・消失1)	0	0		1 (誤伐)	12	69.4	66.7	33.3
6	2,500	36	—	0	2 (誤伐2)	3 (ウサギ食害1・消失1・枯れ1)		0	5	100.0	86.1	13.9

※活着率は植栽翌年の数値である

※生存率は令和 3（2021）年度時点の数値である

【成長状況】

植栽直後から令和元（2019）年度までの植栽木の成長状況は表 3-21、図 3-15、図 3-16 及び写真 3-10 のとおりである。

令和 3（2021）年度における植栽木の平均樹高は、1,100 本/ha 区で 334.8cm、1,600 本/ha 区で 302.9cm、2,500 本/ha 区で約 305.9cm となった。また平均地際直径は 1,100 本/ha 区で 6.8cm、1,600 本/ha 区で 6.3cm、2,500 本/ha 区で約 6.7cm となった。植栽密度間での比較では、平均樹高が 1,100 本/ha 区で僅かに大きかったものの、ほとんど差はなかった。このことから、令和 3（2021）年度の時点では植栽密度は植栽木の成長に影響を与えていないと言える。

表 3-21 植栽木の成長状況（茨城県日立市スギ）

1,100本/ha							
茨城県日立市スギ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	42.9±6.1	52.2±8.9	88.9±20.1	147.4±30.9	調査なし	334.8±44.7
	最小値	29.8	37.0	58.0	86.8		232.0
	最大値	60.0	76.0	150.0	250.3		465.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.7±0.1	1.4±0.4	2.6±0.7		6.8±1.5
	最小値	0.3	0.5	0.9	1.3		4.6
	最大値	0.8	1.0	2.9	5.3		11.9
胸高直径(cm)	平均値						3.4±1.1
	最小値						1.6
	最大値						6.6
形状比	平均値	92.7±14.9	78.5±12.3	65.8±10.8	59.2±8.3	50.9±8.4	
	最小値	59.6	55.3	45.0	43.0	35.7	
	最大値	135.4	117.3	87.4	82.1	73.7	
1,600本/ha							
茨城県日立市スギ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	42.5±6.5	58±10.5	89.1±19.5	139.1±35.1	調査なし	302.9±60.3
	最小値	30.5	34.1	53.0	82.6		195.0
	最大値	60.0	93.5	139.0	236.5		473.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.8±0.2	1.5±0.4	2.7±0.8		6.3±1.4
	最小値	0.3	0.5	0.9	1.5		4.2
	最大値	0.7	1.2	2.9	4.6		10.1
胸高直径(cm)	平均値						2.7±1.0
	最小値						1.2
	最大値						5.3
形状比	平均値	92.6±18.2	76.2±17.3	61.1±16.6	52.2±11.1	48.7±6.2	
	最小値	50.8	46.5	33.5	28.7	37.2	
	最大値	129.4	119.1	131.0	85.5	61.5	
2,500本/ha							
茨城県日立市スギ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	42.9±6.6	58.9±15.8	91.5±33.2	137.4±47.3	調査なし	305.9±71.5
	最小値	30.8	36.3	51.0	65.2		150.0
	最大値	61.0	96.5	181.0	255.9		455.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.8±0.3	1.8±0.9	2.9±1.4		6.7±2.3
	最小値	0.3	0.5	0.6	1.0		2.9
	最大値	0.6	1.8	4.3	6.7		12.9
胸高直径(cm)	平均値						2.8±1.4
	最小値						0.8
	最大値						6.5
形状比	平均値	93.8±13.4	73.3±12.8	53.6±9.8	49.7±10.2	47.3±7.4	
	最小値	58.1	42.9	31.8	27.6	33.5	
	最大値	123.1	115.9	93.1	81.7	69.5	

※平均値の項目において、土の後の数値は標準偏差を示す

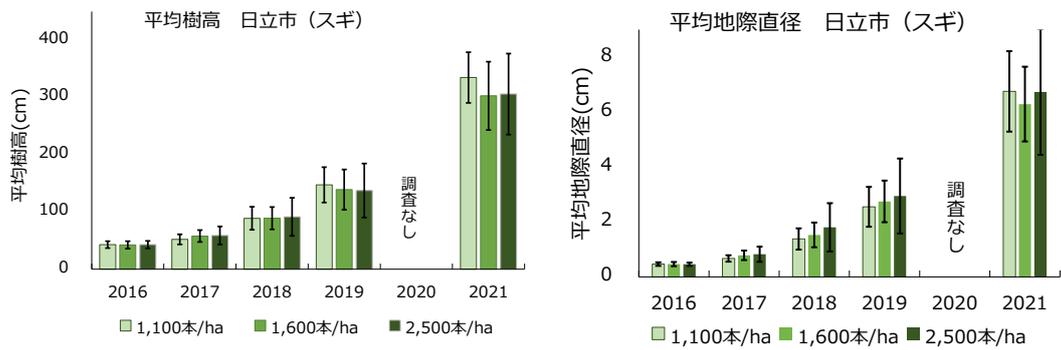
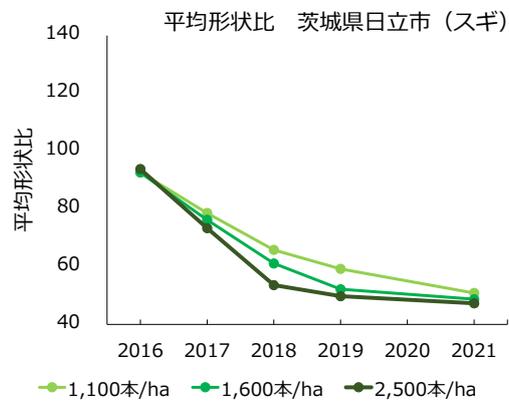


図 3-15 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（茨城県日立市スギ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-16 植栽木の形状比の推移（茨城県日立市スギ）



写真 3-10 1,100 本/ha 区の状態（茨城県日立市スギ、令和 3（2021）年 12 月）

【樹冠幅の推移及び樹冠が接する時期の推定】

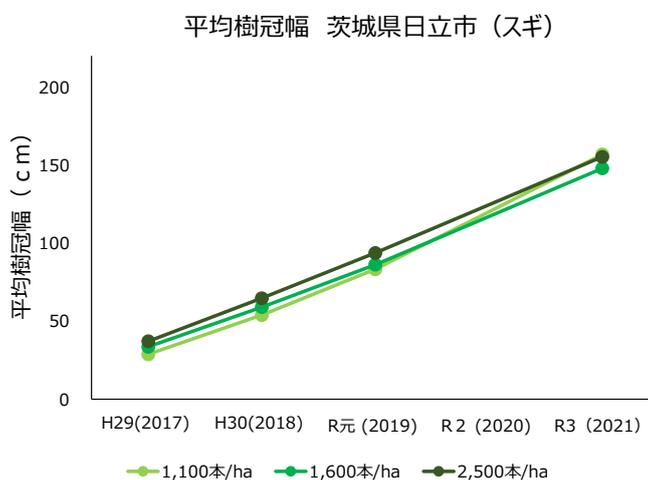
平成 29 (2017) 年度から令和 3 (2021) 年度までの植栽木の樹冠幅 (直径) の推移を表 3-22、図 3-17 に示す。また、令和 3 (2021) 年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-11 に示す。

令和 3 (2021) 年度における樹冠幅は、1,100 本/ha 区で約 156.8cm、1,600 本/ha 区で約 148.0cm、2,500 本/ha 区で約 155.3cm となり、植栽密度間でほとんど差は見られなかった。なお、2,500 本/ha の植栽間隔は 2.0m であるため、2,500 本/ha 区ではあと約 0.5m 程度で植栽木の樹冠同士が接する状況である。

表 3-22 植栽木の平均樹冠幅の成長状況 (茨城県日立市スギ)

植栽密度	平均樹冠幅 (cm)				
	H29(2017)	H30(2018)	R元 (2019)	R 2 (2020)	R3 (2021)
1,100本/ha	28.8	53.9	83.3		156.8
1,600本/ha	33.6	59.1	86.2		148.0
2,500本/ha	37.1	64.7	93.8		155.3

※R2(2020)年度は調査なし



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-17 植栽木の平均樹冠幅の推移 (茨城県日立市スギ)



1,100 本/ha 区 (植栽間隔 3 m) 1,600 本/ha 区 (植栽間隔 2.5m) 2,500 本/ha 区 (植栽間隔 2 m)

写真 3-11 植栽木の樹冠の広がり具合 (茨城県日立市スギ、令和 3 (2021) 年 12 月)

次に、樹冠幅がこのまま直線的に成長すると仮定した場合において、隣同士の植栽木の樹冠が接する時期について推定を行った。なお、立地環境による成長差の影響を除くために、分析に当たっては全ての調査プロットにおける植栽木 (健全木) の樹冠幅のデータを使用して回帰分析を行った。得られた回帰式から、植栽木の樹冠幅が各植栽密度における植栽間隔と等しくなる時期を求め、樹冠が接する時期とした。分析の結果を図 3-18 に示す。

分析の結果、1,100 本/ha (植栽間隔 3 m) では 2027 年 7 月に、1,600 本/ha (植栽間隔 2.5m) では 2025 年 9 月に、2,500 本/ha (植栽間隔 2.0m) では 2023 年 11 月に、それぞれ隣同士の植栽木の樹冠が接する結果となり、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha では約 1 年 10 カ月、1,100 本/ha では約 3 年 8 カ月、樹冠が接する時期が遅くなると推定された。



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-18 樹冠幅の推移の推定 (茨城県日立市スギ)

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の競合状態の調査結果を図 3-19 に、植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-20 に示す。また、令和 3（2021）年度における植生調査の結果を表 3-23、写真 3-12 に示す。なお、本実証植栽地では、令和 3（2021）年度の下刈りは実施されていない。

植栽木と雑草木の競合状態（図 3-19）では、令和 3（2021）年秋の時点でどの植栽密度も C1 + C2 が 10 割となっている。このことから、令和 3（2021）年度は下刈りを実施しなくて良い状況だったことが分かる。

植栽木と雑草木の平均樹高（図 3-20）では、令和 3（2021）年秋の時点でどの植栽密度も植栽木と雑草木の樹高差が大きく開いており、1,100 本/ha 区で約 1.7m、1,600 本/ha 区で約 1.6m、2,500 本/ha 区で 2.1m の差となった。また、令和 3（2021）年夏から令和 3（2021）年秋の間の成長量は、植栽木の方が雑草木よりも大きくなった。

以上より、今後は雑草木が植栽木の樹高に追いつくことはないと考えられるため、どの植栽密度区も令和 2（2020）年度の 4 回目の下刈りで終了と判断できる。

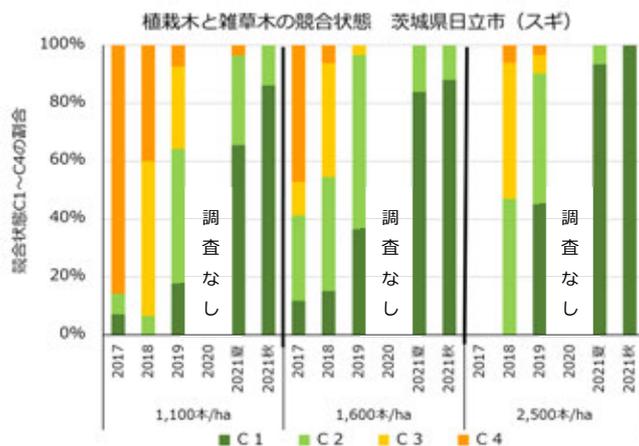


図 3-19 植栽木と雑草木の競合状態（茨城県日立市スギ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-20 植栽木と雑草木の平均樹高（茨城県日立市スギ）

※図 3-19、図 3-20 において、1,100 本/ha はプロット 2、1,600 本/ha はプロット 3、2,500 本/ha はプロット 6 の調査結果を示す。

表 3-23 植生調査の結果（茨城県日立市スギ）

プロット No.	植栽密度	プロット全体の植被率	階層ごとの植被率	主な優占種	被度	その他：特徴的な出現種
2	1,100	100%	低木層（1.0m以上） 60%	タラノキ シシウド ニガイチゴ	15% 15% 10%	・モミジイチゴ・クマイチゴ・ススキ ・セイタカアワダチソウ ・ヤマウルシ・ミズキ・タケニグサ
			草本層（1.0m未満） 80%	モミジイチゴ ニガイチゴ	20% 15%	・タラノキ・ムラサキシキブ・オカトラノオ ・ヤマウルシ・アカメガシワ ・ススキ・チチミザサ・ヌルデ
3	1,600	80%	低木層（1.0m以上） 10%	ヤマウルシ	2%	・ススキ・ウワミズザクラ・アカメガシワ ・コバノガマズミ・ヒノキ・スギ ・タケニグサ
			草本層（1.0m未満） 70%	ヒサカキ ヤマウルシ アカメガシワ	15% 10% 10%	・ススキ・ムラサキシキブ ・ヒノキ・スギ・ニガイチゴ・ヌルデ ・ヤマハギ・コバノガマズミ・アカマツ
6	2,500	80%	低木層（1.0m以上） 20%	ススキ ムラサキシキブ ニガイチゴ	5% 5% 5%	・タケニグサ・ヤマウルシ ・アカメガシワ
			草本層（1.0m未満） 60%	ヒサカキ ヤマウルシ ムラサキシキブ	15% 15% 15%	・ニガイチゴ・アカメガシワ・ヒノキ ・ヌルデ・アカマツ・イヌワラビ ・タラノキ・コバノガマズミ



プロット 2（1,100 本/ha）



プロット 3（1,600 本/ha）



プロット 6（2,500 本/ha）

写真 3-12 植生調査プロットの状態（茨城県日立市スギ、令和 3（2021）年 7 月）

(4) 下刈りに関する聞き取り調査結果

令和2（2020）年度における下刈り作業の実施者に対し、下刈りに関する聞き取り調査を行った。結果を表3-24に示す。

表 3-24 下刈りに関する聞き取り調査結果（茨城県日立市スギ）

実証植栽地における下刈り実施の有無
<ul style="list-style-type: none">・令和2（2020）年度は下刈りを実施したが、令和3（2021）年度は実施していない。・今後も下刈りの予定は無い。
下刈り実施の判断基準等
<ul style="list-style-type: none">・通常は5年程度下刈りすれば、植栽木が成長して下刈りを終了できる。
植栽密度による下刈り作業の影響等
<ul style="list-style-type: none">・現時点では、植栽密度が下刈りの回数に影響するとは考えにくい。・植栽密度よりも、立地環境（斜面の位置や日当たり等）が下刈り回数に影響するのではないか。
下刈り以降の保育作業の予定
<ul style="list-style-type: none">・現時点では未定だが、この辺りではあまり除伐を実施せず、20年生くらいで切り捨て間伐を実施することが多い。

(5) 現地写真 (遠景、茨城県日立市スギ)



(平成 27 (2015) 年 12 月)



植栽後 (平成 28 (2016) 年 10 月)



平成 29 (2017) 年 8 月



平成 29 (2017) 年 11 月



平成 30 (2018) 年 7 月



平成 30 (2018) 年 10 月

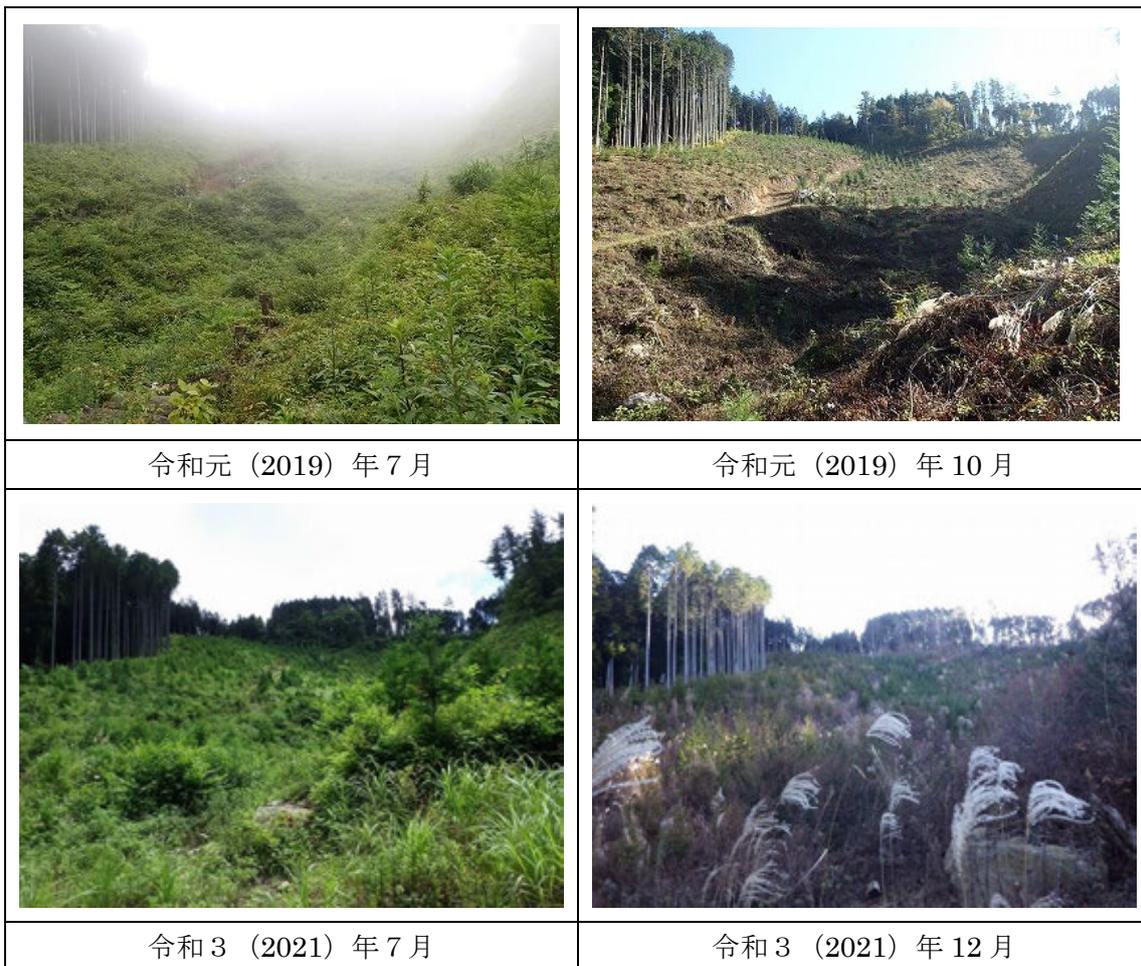
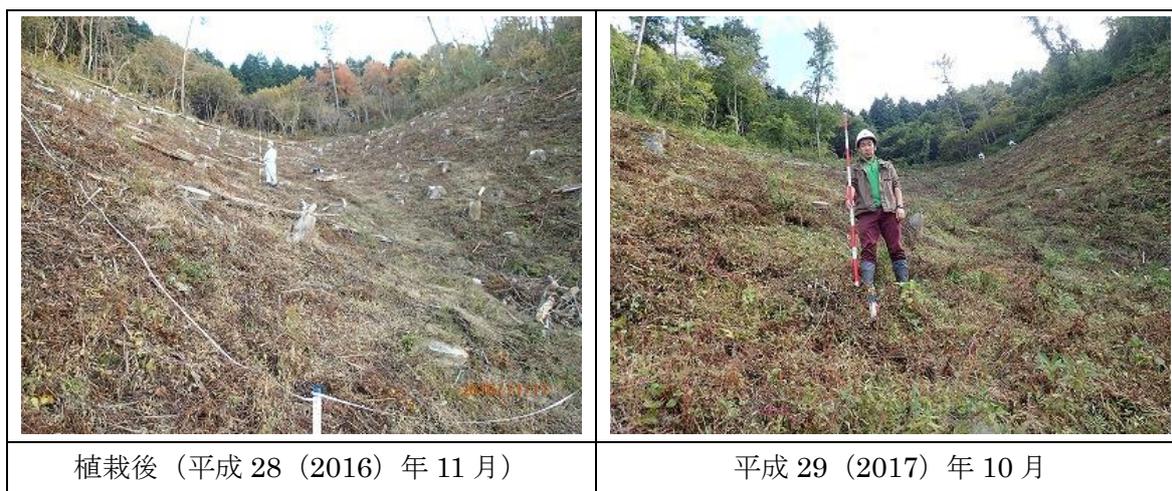


写真 3-13 実証植栽地の様子（遠景、茨城県日立市スギ）

（6） 現地写真（近景（1,100本/ha区）、茨城県日立市スギ）



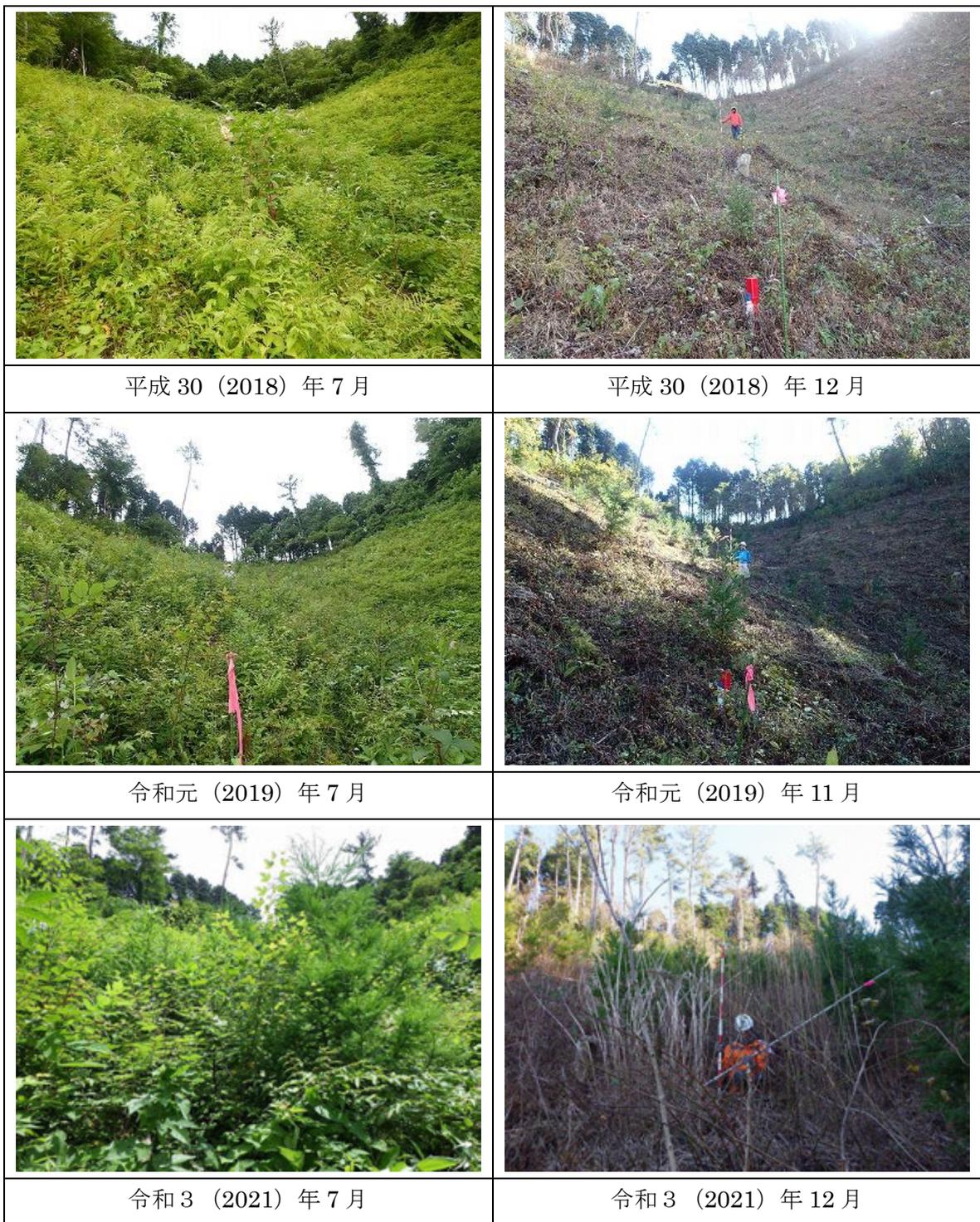


写真 3-14 実証植栽地の様子 (近景 (1,100 本/ha 区)、茨城県日立市スギ)

3-2-3. 富山県 立山町（スギ）(No.3)

(1) 実証植栽地の概要

富山県立山町（スギ）の実証植栽地の概要を表 3-25 及び図 3-21 に示す。

平成 29（2017）年 12 月 5～8 日に、富山県立山町の実証植栽地（0.93ha）に 1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の 3 つの植栽密度区を設け、無花粉スギコンテナ苗（M スターコンテナ 300～400cc）を計 1,612 本植栽した。

表 3-25 実証植栽地の概要（富山県立山町スギ）

実証植栽地	富山県中新川郡立山町座主坊			
苗木種	無花粉スギ M スターコンテナ苗（300～400cc）			
植栽密度	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.31ha	0.31ha	0.31ha	0.93ha
植栽本数	341 本	496 本	775 本	1,612 本
気温/ 降水量	10.6℃（年平均気温）/3020.7mm（年降水量） （気象観測所「上市」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位	500～550m / 15～25° / NW			
土壌	褐色森林土			
森林所有者	富山県			
植栽実施者	立山山麓森林組合			
植栽日	平成 29（2017）年 12 月 5 日～8 日 （前生林分の伐採は平成 28（2016）年 4～6 月）			



図 3-21 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 6 月）
（富山県立山町スギ）

(2) 調査プロットの概要

1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の3つの植栽密度区に、それぞれ2つの調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計 219 本（1,100 本/ha：74 本、1,600 本/ha：70 本、2,500 本/ha：75 本）を調査対象木とした（図 3-22、表 3-26）。

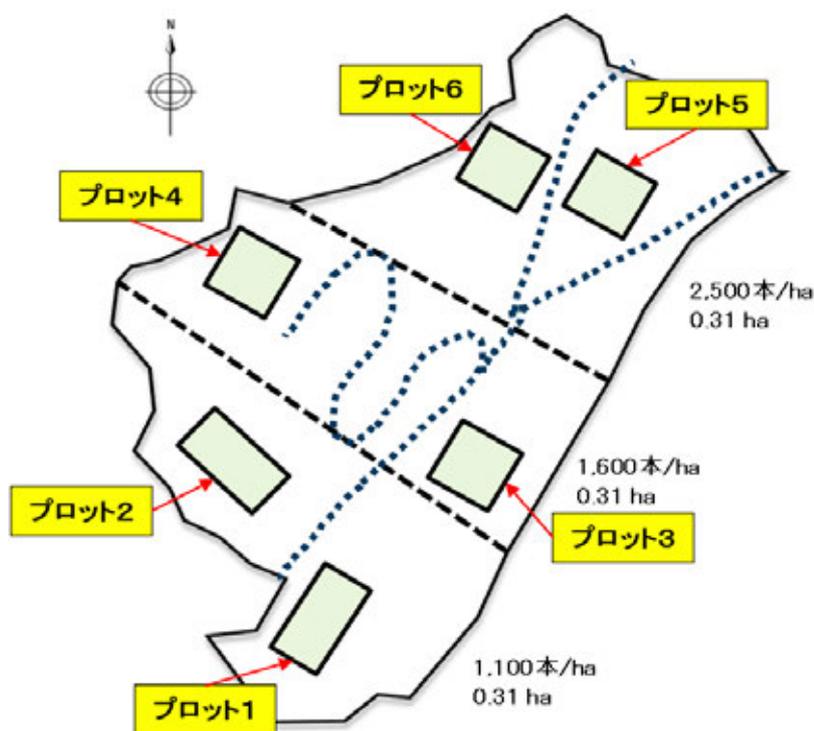


図 3-22 調査プロットの位置図（富山県立山町スギ）

表 3-26 調査プロットの概要（富山県立山町スギ）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,100 本/ha	No. 1	216.2	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	298.6	38 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No. 3	176.8	35 本	斜面上部に設置
	No. 4	220.0	35 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 5	165.0	39 本	斜面上部に設置
	No. 6	212.4	36 本	斜面下部に設置
合計			219 本	

下刈り実施日及び下刈り実施の有無は表 3-27、表 3-28 のとおりである。なお、本実証植栽地では、平成 30（2018）年度から令和 3（2021）年度まで、全ての調査プロットで下刈りが実施されている。

表 3-27 下刈りの実施日（富山県立山町スギ）

年度	下刈り実施日
平成 29（2017）年度	—（植栽年）
平成 30（2018）年度	7月 27～29 日
令和 元（2019）年度	8月 29 日
令和 2（2020）年度	7月 15～16 日
令和 3（2021）年度	7月 1 日

表 3-28 下刈り実施の有無（富山県立山町スギ）

植栽密度	プロット No.	H30（2018）～ R 3（2021） 下刈り
1,100 本/ha	No. 1	有
	No. 2	有
1,600 本/ha	No. 3	有
	No. 4	有
2,500 本/ha	No. 5	有
	No. 6	有

(3) 追跡調査結果

夏期調査及び秋冬期調査の実施日は表 3-29 のとおりである。なお、令和 2（2020）年度は調査を実施していない。

表 3-29 調査実施日（富山県立山町スギ）

年度	夏期調査	秋冬期調査
平成 29（2017）年度	—	—
平成 30（2018）年度	平成 30（2018）年 6 月 9 日	平成 30（2018）年 11 月 6 日
令和 元（2019）年度	令和 元（2019）年 8 月 5 日	令和 元（2019）年 10 月 1 日
令和 2（2020）年度	調査なし	
令和 3（2021）年度	令和 3（2021）年 6 月 28・29 日	令和 3（2021）年 10 月 25・26 日

【活着率、生存率、枯死率及び枯死原因】

植栽直後から令和 3（2021）年度までの各調査プロットの植栽木の生存及び枯死の状況は表 3-30 のとおりである。

活着率（植栽翌年の生存率）は、どの植栽密度も約 90～100%と高い数値を示し、植栽密度間でほとんど変わらなかった。

令和 3（2021）年度時点での生存率は、1,100 本/ha 区のプロット 2 で 36.1%と非常に低くなった。雑草木の繁茂が激しかったため強い被圧を受けたこと（写真 3-15）、植栽木が雑草木に覆われ視認しにくくなったことによる誤伐の発生、シカによる食害（写真 3-16）等の様々な要因が考えられたが、特に消失した個体について要因を解明するのは難しい。ただし、同じ 1,100 本/ha 区であるプロット 1 では生存率が 86%と高い値を示しているため、植栽密度による影響とは考えにくい。

表 3-30 活着率、生存率、枯死率及び枯死原因（富山県立山町スギ）

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)				
1	1,100	36	—	0	1 (消失)	調査なし	4 (消失 2・誤伐 1・主幹折れ 1)	5	100.0	86.1	13.9
2	1,100	36	—	0	2 (枯れ 2)		21 (消失 9・獣虫害 6・誤伐 3・先枯れ 1・先折れ 1・枯れ 1)	23	100.0	36.1	63.9
3	1,600	35	—	0	1 (枯れ)		1 (誤伐)	2	100.0	94.3	5.7
4	1,600	35	—	1 (根抜け)	1 (誤伐)		4 (消失 2・誤伐 1・先枯れ 1)	6	97.1	82.9	17.1
5	2,500	39	—	0	0		8 (誤伐 3・消失 2・獣虫害 1・主幹折れ 1・下敷き 1)	8	100.0	79.5	20.5
6	2,500	34	—	4 (枯れ 3・根抜け 1)	4 (枯れ 4)		3 (消失 2・先折れ 1)	11	88.2	67.6	32.4

※活着率は植栽翌年の数値である

※生存率は令和 3（2021）年度時点の数値である



写真 3-15 プロット 2 (1,100 本/ha) の状況。7 月に下刈りを実施しているにもかかわらず、雑草木（特に多年草のヒヨドリバナ）が繁茂して植栽木を被圧している。
(富山県立山町スギ、令和 3 (2021) 年 10 月)



写真 3-16 プロット 2 (1,100 本/ha) におけるシカ食害の状況
(富山県立山町スギ、令和 3 (2021) 年 10 月)

【成長状況】

植栽直後から令和3（2021）年度までの植栽木の成長状況は表3-31、図3-23、図3-24及び写真3-17のとおりである。

成長状況を植栽密度間で比較したところ、令和3（2021）年度における植栽木の平均樹高は1,100本/ha区で74.0cm、1,600本/ha区で97.3cm、2,500本/ha区で82.3cmとなり、4成長期が経過しているにもかかわらずどの植栽密度も平均樹高が1mを超えていない。

なお、本実証植栽地ではまだ林冠閉鎖に至っておらず、植栽密度が植栽木の成長に影響を与えているとは考えにくい。植栽木の成長が悪い要因として、雑草木の繁茂が激しく植栽木が強く被圧されていることが考えられる。

表 3-31 植栽木の成長状況（富山県立山町スギ）

1,100本/ha						
富山県立山町		H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3 (2021)
樹高 (cm)	平均値	31.5±7	32.9±7	42.2±11.8	調査なし	74.0±36.6
	最小値	18.0	15.3	18.1		35.1
	最大値	51.6	51.5	73.9		179.7
地際直径(cm)	平均値		0.5±0.1	0.8±0.2		1.2±0.6
	最小値		0.3	0.5		0.5
	最大値		0.8	1.5		2.7
形状比	平均値		63.5±13.1	57.4±15.2		62.5±10.8
	最小値		31.9	25.1		43.4
	最大値		91.8	82.4		86.7
1,600本/ha						
富山県立山町		H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3 (2021)
樹高 (cm)	平均値	30.1±6.2	36.4±8.1	47.4±15.8	調査なし	97.3±42.3
	最小値	19.0	20.8	24.9		40.1
	最大値	46.2	57.1	111.0		214.4
地際直径(cm)	平均値		0.6±0.1	0.8±0.2		1.7±0.8
	最小値		0.4	0.3		0.5
	最大値		0.8	1.3		4.0
形状比	平均値		62.3±11.8	60.3±13.1		59.9±10.3
	最小値		34.1	23.9		37.8
	最大値		90.0	88.1		85.7
2,500本/ha						
富山県立山町		H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3 (2021)
樹高 (cm)	平均値	29.8±6.5	31.1±7.9	33.3±8.8	調査なし	82.3±47.0
	最小値	18.0	20.0	15.2		25.7
	最大値	49.5	54.3	54.9		193.2
地際直径(cm)	平均値		0.5±0.1	0.6±0.2		1.2±0.8
	最小値		0.3	0.3		0.4
	最大値		0.8	1.3		3.0
形状比	平均値		69±13.8	58.6±17.2		69.6±11.1
	最小値		37.2	11.7		50.5
	最大値		97.9	98.9		95.6

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

※H29(2017)年度は植栽時初期値（樹高のみ。地際直径は不明。）

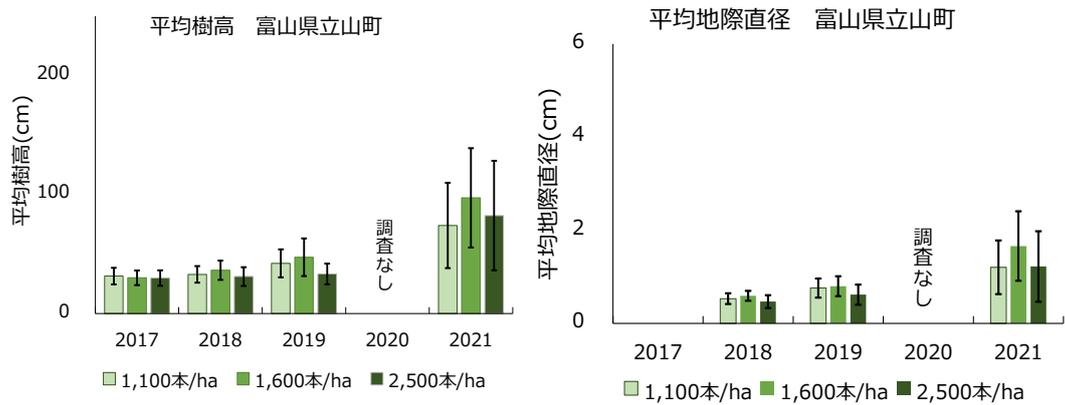
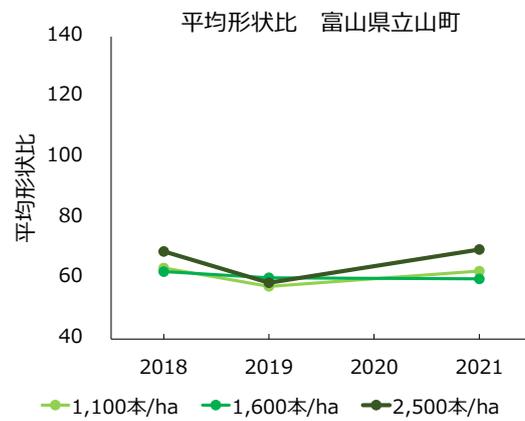


図 3-23 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（富山県立山町スギ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-24 植栽木の形状比の推移（富山県立山町スギ）



写真 3-17 1,100 本/ha 区の状態（富山県立山町スギ、令和 3（2021）年 10 月）

【樹冠幅の推移】

平成 29（2017）年度から令和 3（2021）年度までの植栽木の樹冠幅（直径）の推移を表 3-32、図 3-25 に示す。

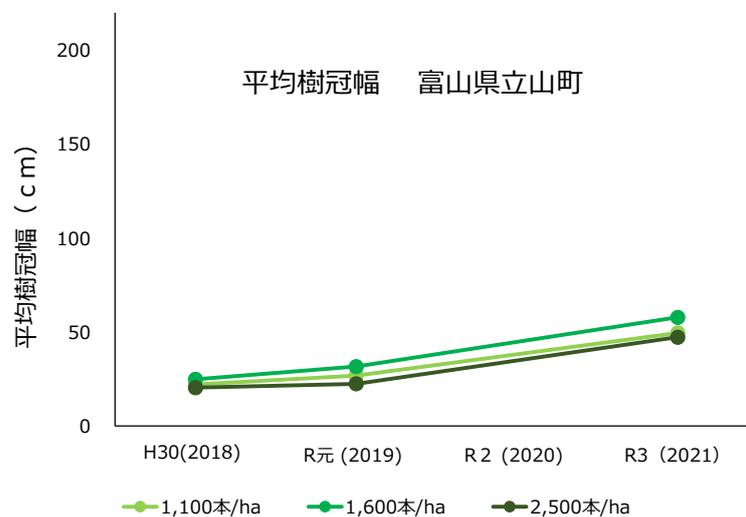
令和 3（2021）年度における樹冠幅は、どの植栽密度も約 40～60cm と、植栽後からあまり成長していない。また、植栽密度間で大きな差は見られなかった。

本実証植栽地では植栽木の成長が非常に遅く、植栽木の樹冠同士が接するまでにまだ長い時間を要する。そのため、樹冠が接する時期の推定は実施しなかった。

表 3-32 植栽木の平均樹冠幅の推移（富山県立山町スギ）

植栽密度	平均樹冠幅（cm）			
	H30(2018)	R元(2019)	R2(2020)	R3(2021)
1,100本/ha	22.1	26.8		49.6
1,600本/ha	24.9	31.7		57.9
2,500本/ha	20.5	22.5		47.3

※R2(2020)年度は調査なし



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-25 植栽木の平均樹冠幅の推移（富山県立山町スギ）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の競合状態の調査結果を図 3-26 に、植栽木と雑草木の競合状態の調査結果を図 3-27 に示す。また令和 3（2021）年度における植生調査の結果を表 3-33、写真 3-18 に示す。

植栽木と雑草木の競合状態（図 3-26）では、令和 3（2021）年夏の下刈り前の時点で、どの植栽密度も競合状態 C4 の割合が 8 割を超えており、まだ下刈りが必要な状況であることが分かる。

植栽木と雑草木の平均樹高（図 3-27）では、どの植栽密度も植栽木より雑草木の樹高成長が早く、また下刈り実施後の令和 3（2021）年秋においても雑草木の平均樹高が植栽木を上回っており、下刈りを実施してもすぐに植栽木が雑草木に被圧されてしまう状況であることが分かる。

以上より、どの植栽密度も競合状態 C4 の割合が高く、植栽木が雑草木に被圧されている状況であるため、まだ下刈りを継続して実施する必要があると言える。

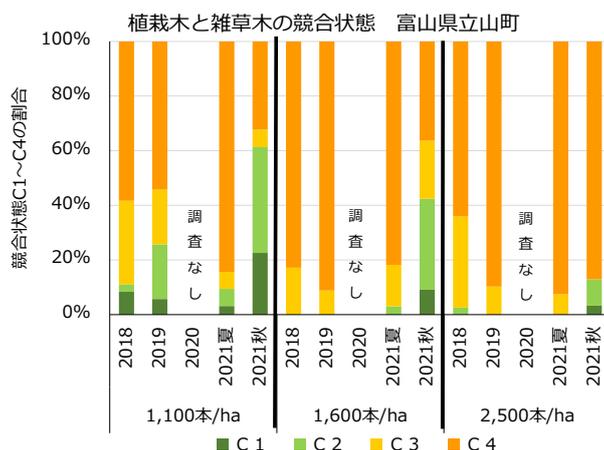


図 3-26 植栽木と雑草木の競合状態（富山県立山町スギ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-27 植栽木と雑草木の平均樹高（富山県立山町スギ）

※図 3-26、図 3-27 において、1,100 本/ha はプロット 1、1,600 本/ha はプロット 3、2,500 本/ha はプロット 5 の調査結果を示す。

表 3-33 植生調査の結果（富山県立山町スギ、令和 3（2021）年 6 月）

プロット No.	植栽密度	プロット全体の植被率	階層ごとの植被率	主な優占種	被度	その他：特徴的な出現種
1	1,100	95%	低木層（1.0m以上） 30%	ススキ モミジイチゴ	15% 10%	・タケニグサ・ヤマアジサイ・ヤマボウシ ・ウワミズザクラ・ヒヨドリソウ
			草本層（1.0m未満） 70%	モミジイチゴ ススキ アズマネザサ	30% 15% 10%	・クサギ・ヤマアジサイ・ヌルデ ・ウワミズザクラ・ムラサキシキブ ・ハクウンボク・ウリノキ ・ウリハダカエデ・リョウブ・クロモジ
3	1,600	95%	低木層（1.0m以上） 15%	ススキ	10%	・ホオノキ・モミジイチゴ ・ウリハダカエデ・ヨツバヒヨドリ
			草本層（1.0m未満） 80%	ススキ モミジイチゴ チヂミザサ	25% 25% 10%	・アズマネザサ・クサギ・タラノキ ・ムラサキシキブ・ヒヨドリソウ ・リョウブ・タケニグサ・ウワミズザクラ
5	2,500	95%	低木層（1.0m以上） 40%	ススキ モミジイチゴ	20% 10%	・ヒヨドリバナ・タケニグサ・クサギ ・クマイチゴ・ノリウツギ
			草本層（1.0m未満） 50%	モミジイチゴ ヤマアジサイ	30% 20%	・クサギ・ススキ・チヂミザサ・ヒヨドリ バナ ・オカトラノオ・タラノキ・ヌルデ ・ウワミズザクラ・クロモジ・ウリノキ



プロット 1（1,100 本/ha）



プロット 3（1,600 本/ha）



プロット 5（2,500 本/ha）

写真 3-18 植生調査プロットの状況（富山県立山町スギ、令和 3（2021）年 6 月）

(4) 下刈りに関する聞き取り調査結果

森林所有者及び令和3（2021）年度における下刈り実施者に対し、下刈りに関する聞き取り調査を行った。結果を表3-34に示す。

表 3-34 下刈りに関する聞き取り調査結果（富山県立山町スギ）

実証植栽地における下刈り実施の有無
<ul style="list-style-type: none">・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度ともに下刈りを実施。 →植栽木の樹高が雑草木の影響を受けない高さに育つまで実施予定。
植栽密度による下刈り作業の影響等
<ul style="list-style-type: none">・誤伐を防ぐため、年度初めの根踏み作業（積雪で倒れた植栽木を起こす作業）の際に竹杭を設置し直している。・また、同じく誤伐を防ぐため、植栽木の回りを鎌で刈るようにした（下刈りと並行して実施）。・植栽間隔が異なると誤伐が発生することはあるかもしれないが、それよりも植栽木が雑草木に埋まって見えなくなっていることが誤伐に繋がっている。
その他
<ul style="list-style-type: none">・本実証植栽地は、冬になると1～2mくらいの積雪がある。

(5) 現地写真（遠景、富山県立山町スギ）

 <p>地拵え前（平成 29（2017）年）</p>	 <p>植栽後（平成 29（2017）年）</p>
 <p>平成 30（2018）年 7 月</p>	 <p>平成 30（2018）年 10 月</p>
 <p>令和元（2019）年 7 月</p>	 <p>令和元（2019）年 10 月</p>
 <p>令和 3（2021）年 6 月</p>	 <p>令和 3（2021）年 10 月</p>

写真 3-19 実証植栽地の様子（遠景、富山県立山町スギ）

(6) 現地写真 (近景 (1,100 本/ha 区)、富山県立山町スギ)



写真 3-20 実証植栽地の様子 (近景 (1,100 本/ha 区)、富山県立山町スギ)

3-2-4. 岐阜県 高山市（カラマツ）（No.4）

（1） 実証植栽地の概要

岐阜県高山市（カラマツ）の実証植栽地の概要を表 3-35 及び図 3-28 に示す。

平成 28（2016）年 10 月に、岐阜県高山市の実証植栽地（0.90ha）に 1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の 3 つの植栽密度区を設け、カラマツ 150cc コンテナ苗（実生苗）を計 1,560 本植栽した。なお、本実証植栽地では植栽時にシカ柵を設置していたが、その後に柵が破損しシカが侵入しており、令和 3（2021）年 6 月に柵の撤去が行われた。

表 3-35 実証植栽地の概要（岐阜県高山市カラマツ）

実証植栽地	岐阜県高山市 荘川寺河戸カヤノ			
苗木種	カラマツ 150cc コンテナ苗（実生苗）			
植栽密度	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.30ha	0.30ha	0.30ha	0.90ha
植栽本数	330 本	480 本	750 本	1,560 本
気温/ 降水量	8.0℃（年平均気温） / 3,075.2mm（年降水量） （気象観測所「長滝」の平均値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位	1,020～1,040m / 0～10° / S			
土壌	褐色森林土壌			
森林所有者	個人			
植栽実施者	特定非営利活動法人 農林業経営支援センター			
植栽日	平成 28（2016）年 10 月 14・15 日 （前生林分の伐採は平成 28（2016）年 1 月～9 月）			



図 3-28 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 6 月）
（岐阜県高山市カラマツ）

(2) 調査プロットの概要

1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の3つの植栽密度区に、それぞれ2つの調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計 215 本（1,100 本/ha : 72 本、1,600 本/ha : 71 本、2,500 本/ha : 72 本）を調査対象木とした（図 3-29、表 3-36）。

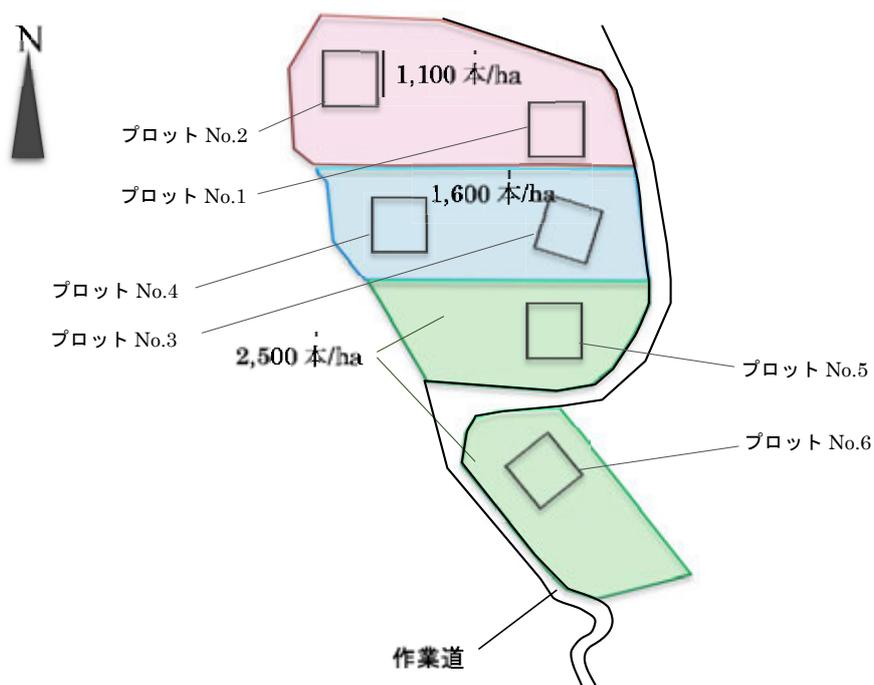


図 3-29 調査プロットの位置図（岐阜県高山市カラマツ）

表 3-36 調査プロットの概要（岐阜県高山市カラマツ）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,100 本/ha	No. 1	295.7	36 本	植栽地の東部に設置
	No. 2	265.8	36 本	植栽地の西部に設置
1,600 本/ha	No. 3	196.0	35 本	植栽地の東部に設置
	No. 4	190.7	36 本	植栽地の西部に設置
2,500 本/ha	No. 5	146.6	36 本	植栽地の北部に設置
	No. 6	108.9	36 本	植栽地の南部に設置
合計			215 本	

下刈り実施日及び下刈り実施の有無は表 3-37、表 3-38 のとおりである。なお、本実証植栽地では平成 29（2017）年度から令和 3（2021）年度まで、全ての調査プロットで下刈りが実施されている。

表 3-37 下刈りの実施日（岐阜県高山市カラマツ）

年度	下刈り実施日
平成 28（2016）年度	—（植栽年）
平成 29（2017）年度	10 月 5～10 日
平成 30（2018）年度	8 月 11～17 日
令和 元（2019）年度	8 月 8～12 日
令和 2（2020）年度	8 月
令和 3（2021）年度	9 月 4～10 日

表 3-38 下刈り実施の有無（岐阜県高山市カラマツ）

植栽密度	プロット No.	H29（2017）～ R3（2021） 下刈り
1,100 本/ha	No. 1	有
	No. 2	有
1,600 本/ha	No. 3	有
	No. 4	有
2,500 本/ha	No. 5	有
	No. 6	有

(3) 追跡調査結果

夏期調査及び秋冬期調査の実施日は表 3-39 のとおりである。なお、令和 2（2020）年度は調査を実施していない。

表 3-39 調査実施日（岐阜県高山市カラマツ）

年度	夏期調査	秋冬期調査
平成 28（2016）年度	—	平成 28（2016）年 11 月 14 日
平成 29（2017）年度	平成 29（2017）年 7 月 27 日	平成 29（2017）年 12 月 20 日
平成 30（2018）年度	平成 30（2018）年 8 月 9 日	平成 30（2018）年 11 月 8 日
令和 元（2019）年度	令和 元（2019）年 8 月 7 日	令和 元（2019）年 10 月 3 日
令和 2（2020）年度	調査なし	
令和 3（2021）年度	令和 3（2021）年 6 月 30 日	令和 3（2021）年 10 月 27 日

【活着率、生存率、枯死率及び枯死原因】

植栽直後から令和 3（2021）年度までの各調査プロットの植栽木の生存及び枯死の状況は表 3-40 のとおりである。

活着率（植栽翌年の生存率）は、どの調査プロットも約 80～100%と高い数値を示し、植栽密度間でほとんど差は見られなかった。

一方で、植栽木の生存率については、どの植栽密度も大きく低下していた。また調査プロット間でもばらつきが生じており、特に 1,100 本/ha 区のプロット 1、1,600 本/ha 区のプロット 3、2,500 本/ha 区のプロット 5 でいずれも生存率が 4 割以下と低くなっていた。

枯死原因について、原因の特定は難しかった。ただし、枯死が発生した時期を見ると、植栽から 2 年後の平成 30（2018）年度に枯死が集中して発生している。平成 30（2018）年度には、シカが防鹿柵を突破して侵入したことが確認されており、隣接して設置されていたヒノキ実証植栽地が甚大な被害を受けている。本実証植栽地のカラマツについてもシカによる被害が確認されており（写真 3-21）、シカによる被害を受けて多くの植栽木が枯死した可能性が大きい。

上記の理由から、植栽木の生存率が低下していることについて、植栽密度による影響ではないと考えられる。

表 3-40 活着率、生存率、枯死率及び枯死原因（岐阜県高山市カラマツ）

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数						活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)	
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)				
1	1,100	36	-	4 (枯れ3・消失1)	17 (枯れ13・獣虫害2・消失2)	3 (消失3)	調査なし	3 (誤伐1・シカ皮剥ぎ1・枯れ1)	27	88.9	25.0	75.0
2	1,100	36	-	0	14 (枯れ11・消失3)	1 (枯れ)		6 (消失3・誤伐1・主幹折れ1・枯れ1)	21	100.0	41.7	58.3
3	1,600	35	-	4 (枯れ2・食害1・先端切れ1)	7 (消失5・枯れ2)	11 (消失10・枯れ1)		0	22	88.6	37.1	62.9
4	1,600	36	-	データ無	10 (枯れ4・獣虫害3・消失3)	0		0	10	100.0	72.2	27.8
5	2,500	36	-	0	15 (枯れ15)	6 (消失6)		1 (先枯れ)	22	100.0	38.9	61.1
6	2,500	36	-	データ無	5 (枯れ3・消失2)	0		6 (消失1・誤伐3・枯れ2)	11	100.0	69.4	30.6

※活着率は植栽翌年の数値である
 ※生存率は令和3（2021）年度時点の数値である



写真 3-21 シカによる被害の状況（令和3（2021）年10月）

【成長状況】

植栽直後から令和3（2021）年度までの植栽木の成長状況は表3-41、図3-30、図3-31及び写真3-22のとおりである。

成長状況を植栽密度間で比較したところ、平均樹高や平均地際直径は植栽密度間で差が見られ、令和3（2021）年の平均樹高は1,100本/haで297.9cm、1,600本/haで334.7cm、2,500本/haで約388.4cmと、植栽密度が低くなるほど樹高が小さくなった。

このような成長の差は令和元（2019）年には既に生じているが（図3-30）、この時点では植栽木の樹冠は接しておらず、植栽密度が植栽木の成長に影響したとは考えにくい。平成30（2018）年にはシカが侵入して大きな被害が発生したことを考えると、植栽密度間の植栽木の成長の差も、シカによる食害の影響を受けている可能性が高いと考えられる。

表 3-41 植栽木の成長状況（岐阜県高山市カラマツ）

1,100本/ha							
岐阜県高山市		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	32.6±3.1	53±12.2	98.1±24.2	149.1±47.6	調査なし	297.9±87.5
	最小値	26.0	31.4	47.0	63.0		149.0
	最大値	41.0	79.5	136.9	240.0		472.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	1±0.2	1.8±0.4	2.6±0.9		4.6±1.6
	最小値	0.3	0.6	1.0	0.8		2.5
	最大値	0.8	1.4	2.8	4.5		7.4
胸高直径(cm)	平均値						2.3±1.1
	最小値						0.5
	最大値						4.5
形状比	平均値	70.7±11.2	51.7±12.7	54.2±11.5	59.2±14.1	66.4±9.5	
	最小値	41.2	24.5	29.7	35.8	51.5	
	最大値	94.7	90.3	74.4	101.0	80.4	
1,600本/ha							
岐阜県高山市		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	33.5±2.9	51.3±12.5	103.6±31.9	171.8±47.8	調査なし	334.7±89.7
	最小値	27.2	35.0	60.8	71.7		163.5
	最大値	39.6	87.5	203.3	288.0		483.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0.1	1.2±0.2	1.8±0.5	2.9±0.8		4.8±1.5
	最小値	0.3	0.9	1.1	1.7		2.6
	最大値	0.6	1.7	3.3	5.0		8.4
胸高直径(cm)	平均値						2.7±1.1
	最小値						0.5
	最大値						4.8
形状比	平均値	77.1±11.6	44.1±9.7	57.3±11.9	60.1±11.7	71.2±9.3	
	最小値	59.6	26.1	38.2	33.5	55.5	
	最大値	105.4	71.8	91.1	84.5	85.3	
2,500本/ha							
岐阜県高山市		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2 (2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	32.3±3.1	51.3±12.2	125.7±27.1	194.9±55.9	調査なし	388.4±62.3
	最小値	25.8	35.2	53.0	34.4		230.0
	最大値	41.0	81.5	182.2	280.0		505.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0.1	1.3±0.3	1.9±0.5	3.1±0.9		5.6±1.1
	最小値	0.3	0.7	0.8	0.7		3.4
	最大値	0.6	1.9	3.1	4.9		7.4
胸高直径(cm)	平均値						3.5±0.9
	最小値						1.7
	最大値						5.6
形状比	平均値	75.3±13.5	41±8.6	66.2±11.3	63.3±10.8	70.8±8.2	
	最小値	54.0	25.2	37.6	36.8	53.0	
	最大値	118.2	58.2	88.5	80.5	88.3	

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

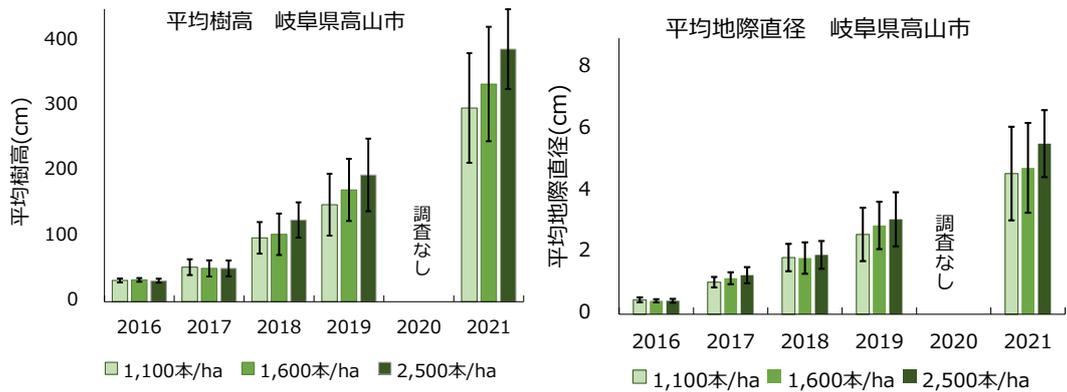
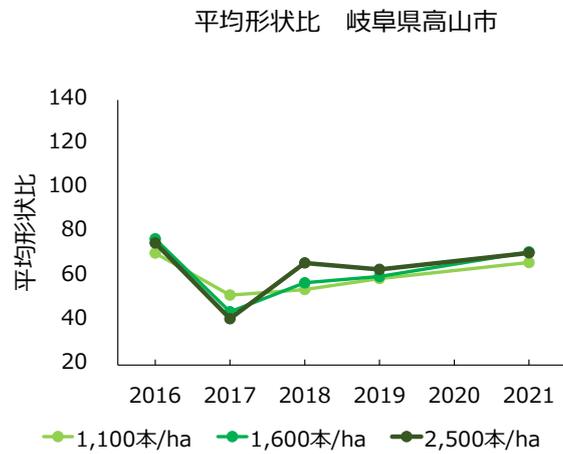


図 3-30 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移
（岐阜県高山市カラマツ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-31 植栽木の形状比の推移（岐阜県高山市カラマツ）



写真 3-22 1,100 本/ha 区の状況（岐阜県高山市カラマツ、令和3（2021）年10月）

【樹冠幅の推移及び樹冠が接する時期の推定】

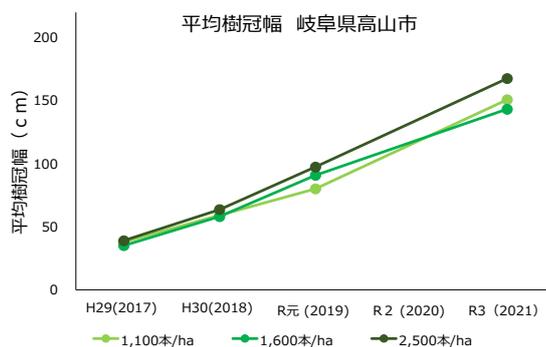
平成 29 (2017) 年度から令和 3 (2021) 年度までの、植栽木の樹冠幅 (直径) の推移を表 3-42、図 3-32 に示す。また、令和 3 (2021) 年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-23 に示す。

令和 3 (2021) 年度における樹冠幅は、1,100 本/ha 区で 150.7cm、1,600 本/ha 区で 143.2cm、2,500 本/ha 区で 167.4cm となった。2,500 本/ha の植栽間隔は 2.0m であり、2,500 本/ha 区ではあと約 0.3m で植栽木同士の樹冠が接する状況である。

表 3-42 植栽木の平均樹冠幅の推移 (岐阜県高山市カラマツ)

植栽密度	平均樹冠幅 (c m)				
	H29(2017)	H30(2018)	R元 (2019)	R 2 (2020)	R3 (2021)
1,100本/ha	37.8	59.2	80.0		150.7
1,600本/ha	35.1	58.1	90.8		143.2
2,500本/ha	39.0	63.6	97.4		167.4

※R2(2020)年度は調査なし



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-32 植栽木の平均樹冠幅の推移 (岐阜県高山市カラマツ)



1,100 本/ha 区 (植栽間隔 3 m)

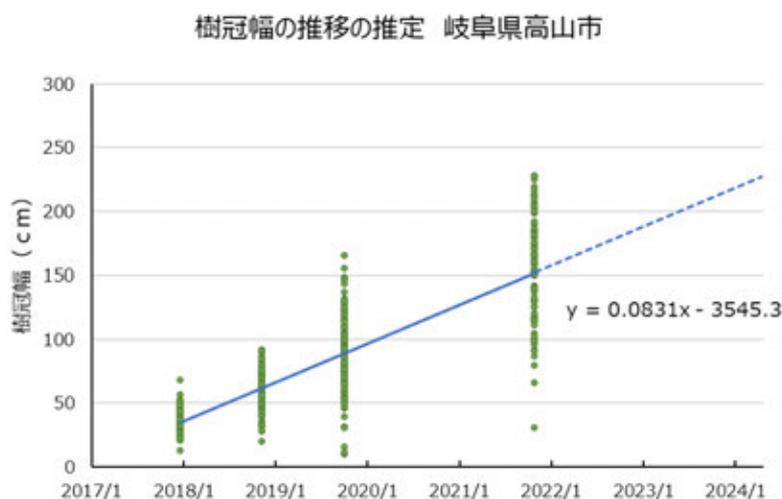
1,600 本/ha 区 (植栽間隔 2.5m)

2,500 本/ha 区 (植栽間隔 2 m)

写真 3-23 植栽木の樹冠の広がり具合 (岐阜県高山市カラマツ、令和 3 (2021) 年 10 月)

次に、樹冠幅がこのまま直線的に成長すると仮定した場合において、隣同士の植栽木の樹冠が接する時期について推定を行った。なお、立地環境による成長差の影響を除くために、分析に当たっては全ての調査プロットにおける植栽木（健全木）の樹冠幅のデータを使用して回帰分析を行った。得られた回帰式から、植栽木の樹冠幅が各植栽密度における植栽間隔と等しくなる時期を求め、樹冠が接する時期とした。分析の結果を図 3-33 に示す。

分析の結果、1,100 本/ha（植栽間隔 3 m）では 2026 年 9 月に、1,600 本/ha（植栽間隔 2.5m）では 2025 年 1 月に、2,500 本/ha（植栽間隔 2.0m）では 2023 年 5 月に、それぞれ隣同士の植栽木の樹冠が接する結果となり、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha では約 1 年 8 カ月、1,100 本/ha では約 3 年 4 カ月、樹冠が接する時期が遅くなると推定された。



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-33 樹冠幅の推移の推定（岐阜県高山市カラマツ）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の競合状態の調査結果を図 3-34 に、植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-35 に示す。また、令和 3（2021）年度における植生調査の結果を表 3-43、写真 3-24 に示す。

植栽木と雑草木の競合状態（図 3-34）では、どの植栽密度区も令和 3（2021）年夏の下刈り前の時点で、競合状態 C1 + C2 が 9 割を超えていた。令和 3（2021）年度は下刈りが実施されているが、植栽木が雑草木に被圧されている状況ではないことから、令和 3（2021）年度の下刈りは必ずしも必要ではなかったと考えられる。

植栽木と雑草木の平均樹高（図 3-35）では、どの植栽密度も植栽木の樹高成長が良好であり、令和 3（2021）年夏の下刈り前の時点における植栽木と雑草木の樹高差は、1,100 本/ha 区で約 1.1m、1,600 本/ha 区で約 1.5m、2,500 本/ha 区で 1.9m となった。植栽木の成

長具合によって樹高差に差は生じているものの、本実証植栽地における雑草木の優占種はスゲ類やススキ等の草本やワラビ等であり（表 3-43）、今後成長したとしても 2 m 程度であると考えられることから、今後植栽木が雑草木に追い抜かれることはないと言える。

以上より、どの植栽密度も令和 2（2020）年度の下刈りで終了できたと判断できる。

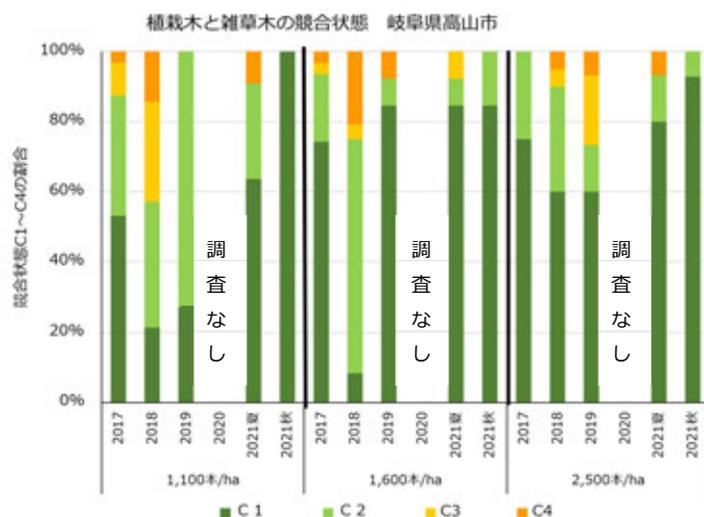
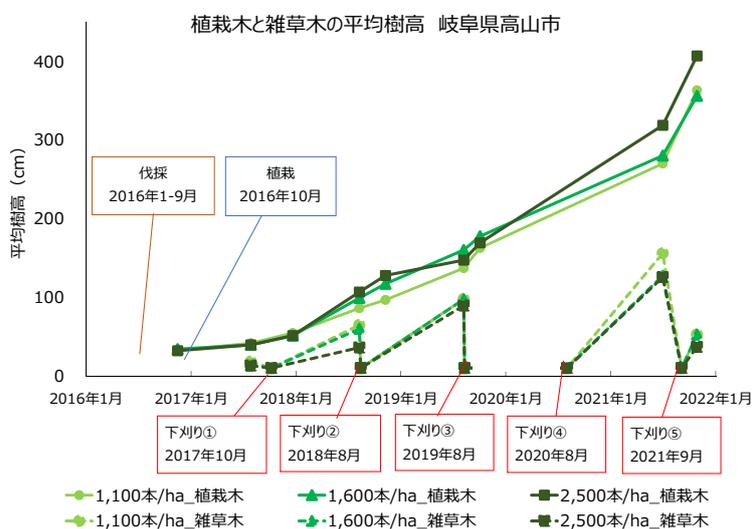


図 3-34 植栽木と雑草木の競合状態（岐阜県高山市カラマツ）



※R2(2020)年度は調査なし

図 3-35 植栽木と雑草木の平均樹高（岐阜県高山市カラマツ）

※図 3-34、図 3-35 において、1,100 本/ha はプロット 1、1,600 本/ha はプロット 3、2,500 本/ha はプロット 5 の調査結果を示す。

表 3-43 植生調査の結果（岐阜県高山市カラマツ、令和3（2021）年6月）

プロット No.	植栽密度	プロット全体の植被率	階層ごとの植被率	主な優占種	被度	その他：特徴的な出現種
1	1,100	90%	低木層（1.0m以上） 10%	ススキ ノリウツギ	5% 2%	・ウリハダカエデ
			草本層（1.0m未満） 80%	スゲSp. ワラビ タラノキ	40% 20% 5%	・ノリウツギ・エビガライチゴ・エゴノキ ・アザミSp・ヒヨドリバナ・イボタンキ ・ナツグミ・ミヤマガマズミ・オダマキ
3	1,600	90%	低木層（1.0m以上） 10%	ススキ	10%	—
			草本層（1.0m未満） 80%	スゲSp. ワラビ ススキ	50% 15% 5%	・ノリウツギ・タンナサワフタギ ・クマイチゴ・アザミSp.・アリノトウグサ ・エビガライチゴ・ダケカンバ・イヌツゲ
5	2,500	95%	低木層（1.0m以上） 5%	ススキ	5%	・ヒヨドリバナ
			草本層（1.0m未満） 90%	スゲSp. ススキ ノリウツギ ワラビ	70% 10% 5% 5%	・アズマイチゴ・ヒヨドリバナ・エゴノキ ・タラノキ・クリ・オカトラノオ・ホオノキ ・ズミ・イヌツゲ・ノイバラ・ミヤマガマズミ ・オオチドメ・ヘビイチゴ・オオヤマフスマ ・タンナサワフタギ・ダケカンバ



プロット1（1,100本/ha）



プロット3（1,600本/ha）



プロット5（2,500本/ha）

写真 3-24 植生調査プロットの状態（岐阜県高山市カラマツ、令和3（2021）年6月）

(4) 下刈りに関する聞き取り調査結果

令和3（2021）年度の下刈り実施者に対し、下刈りに関する聞き取り調査を行った。結果を表 3-44 に示す。

表 3-44 下刈りに関する聞き取り調査結果（岐阜県高山市カラマツ）

実証植栽地における下刈り実施の有無
<ul style="list-style-type: none">・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度ともに下刈りは実施した。 →雑草木が繁茂してしまうと、誤伐のリスクが増える。また、今後植栽地の中に入るときに大変となる。・来年度も下刈りは実施予定。
下刈り実施の判断基準等
<ul style="list-style-type: none">・通常は6～7年間程度、実施している。・枝の張りが広がって、植栽木が雑草木を被圧するようになったら下刈りの終了を検討している。
植栽密度による下刈り作業の影響等
<ul style="list-style-type: none">・植栽密度が低く、植栽間隔が広い方が、下刈りはやりやすく、誤伐もはるかに減らせたと思う（刈り払い機の振り幅に余裕が出るため）。
下刈り以降の保育作業の予定
<ul style="list-style-type: none">・除伐は10年生以内には実施したい。・つる切りは、下刈りや除伐と同時に実施している。
その他
<ul style="list-style-type: none">・多くの植栽木が平成30（2018）年度に枯死しているが、シカが侵入した影響が大きいのではないかと。・今のところ、補植等の実施予定はない。

(5) 現地写真 (遠景、岐阜県高山市カラマツ)

	
<p>植栽後 (平成 28 (2016) 年 10 月)</p>	<p>平成 29 (2017) 年 7 月</p>
	
<p>平成 30 (2018) 年 7 月</p>	<p>平成 30 (2018) 年 12 月</p>
	
<p>令和元 (2019) 年 7 月</p>	<p>令和元 (2019) 年 11 月</p>
	
<p>令和 3 (2021) 年 6 月</p>	<p>令和 3 (2021) 年 10 月</p>

写真 3-25 実証植栽地の様子 (遠景、岐阜県高山市カラマツ)

(6) 現地写真 (近景 (1,100 本/ha 区)、岐阜県高山市カラマツ)

	
<p>植栽後 (平成 28 (2016) 年 11 月)</p>	<p>平成 29 (2017) 年 8 月</p>
	
<p>平成 30 (2018) 年 7 月</p>	<p>平成 30 (2018) 年 10 月</p>
	
<p>令和元 (2019) 年 7 月</p>	<p>令和元 (2019) 年 10 月</p>
	
<p>令和 3 (2021) 年 6 月</p>	<p>令和 3 (2021) 年 10 月</p>

写真 3-26 実証植栽地の様子 (近景、岐阜県高山市カラマツ)

3-2-5. 宮崎県 椎葉村（スギ）（No.5）

（1） 実証植栽地の概要

宮崎県椎葉村（スギ）の実証植栽地の概要を表 3-45 及び図 3-36 に示す。

平成 28（2016）年 2 月に、宮崎県東臼杵郡椎葉村の実証植栽地（1 ha）に 1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の 3 つの植栽密度区を設け、スギ 300cc コンテナ苗（挿し木苗）を計 1,695 本植栽した。

表 3-45 実証植栽地の概要（宮崎県椎葉村スギ）

実証植栽地	宮崎県東臼杵郡椎葉村大字大河内			
苗木種	スギ 300cc コンテナ苗（挿し木苗）			
植栽密度	1,100 本/ha	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.35ha	0.35ha	0.30ha	1.00ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量	11.4℃（年平均気温） / 2,449.0mm（年降水量） （気象観測所「鞍岡」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位	830～870m / 13～37° / NW～SW			
土壌	褐色森林土			
森林所有者	椎葉村			
植栽実施者	耳川広域森林組合椎葉支所			
植栽日	平成 28（2016）年 2 月 3～5 日 （前生林分の伐採は平成 25 年 11 月）			



図 3-36 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 7 月）
（宮崎県椎葉村スギ）

(2) 調査プロットの概要

1,100 本/ha、1,600 本/ha、2,500 本/ha の3つの植栽密度区に、それぞれ2つの調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計 216 本（1,100 本/ha : 72 本、1,600 本/ha : 72 本、2,500 本/ha : 72 本）を調査対象木とした。（図 3-37、表 3-46）

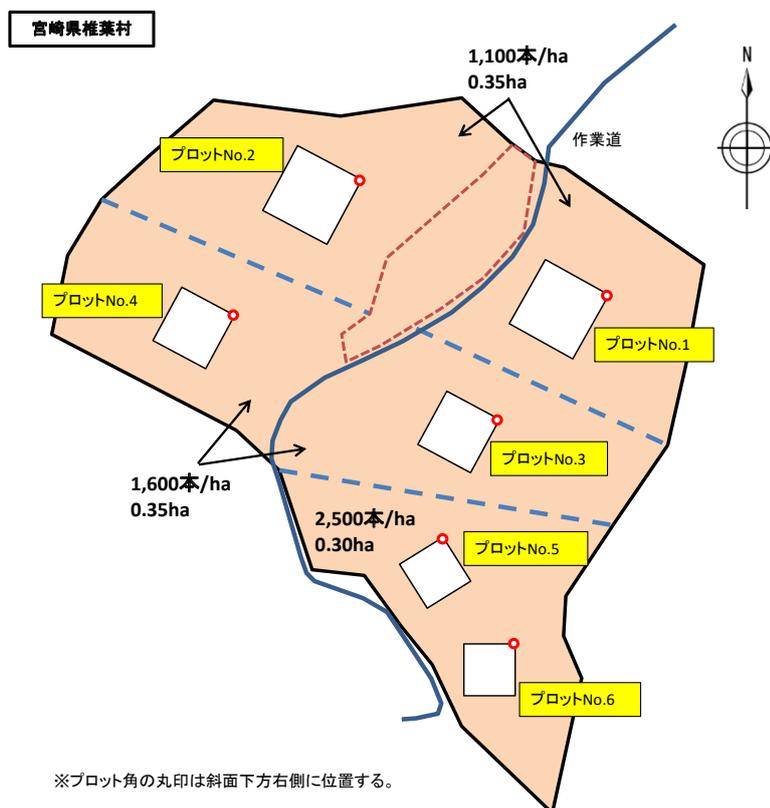


図 3-37 調査プロットの位置図（宮崎県椎葉村スギ）

表 3-46 調査プロットの概要（宮崎県椎葉村スギ）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,100 本/ha	No. 1	345.5	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	344.0	36 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No. 3	231.1	36 本	斜面上部に設置
	No. 4	261.4	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 5	186.0	36 本	斜面上部に設置
	No. 6	168.0	36 本	斜面上部に設置
合計			216 本	

下刈り実施日及び下刈り実施の有無は表 3-47、表 3-48 のとおりである。本実証植栽地では植栽翌年度の平成 28（2016）年度から令和 2（2020）年度まで全ての調査プロットで下刈りが実施されていたが、令和 3（2021）年度は下刈りが実施されなかった。

表 3-47 下刈りの実施日（宮崎県椎葉村スギ）

年度	下刈り実施日
平成 27（2015）年度	—（植栽年度）
平成 28（2016）年度	9 月 23～26 日
平成 29（2017）年度	8 月 30 日～9 月 4 日
平成 30（2018）年度	8 月下旬
令和 元（2019）年度	8 月 8～30 日
令和 2（2020）年度	8 月
令和 3（2021）年度	実施せず

表 3-48 下刈り実施の有無（宮崎県椎葉村スギ）

植栽密度	プロット No.	H28（2016）～ R 2（2020） 下刈り	R 3（2021） 下刈り
1,100 本/ha	No. 1	有	無
	No. 2	有	無
1,600 本/ha	No. 3	有	無
	No. 4	有	無
2,500 本/ha	No. 5	有	無
	No. 6	有	無

(3) 追跡調査結果

夏期調査及び秋冬期調査の実施日は表 3-49 のとおりである。本実証植栽地では令和 2 (2020) 年度も追跡調査を実施したが下刈りの終了を判断できなかつたため、令和 3 (2021) 年度に再調査を実施した。

表 3-49 調査実施日 (宮崎県椎葉村スギ)

年度	夏期調査	秋冬期調査
平成 27 (2015) 年度	—	平成 28 (2016) 年 2 月 17 日
平成 28 (2016) 年度	—	平成 28 (2016) 年 11 月 23 日
平成 29 (2017) 年度	平成 29 (2017) 年 7 月 12 日	平成 29 (2017) 年 11 月 8 日
平成 30 (2018) 年度	平成 30 (2018) 年 6 月 27 日	平成 30 (2018) 年 12 月 14 日
令和 元 (2019) 年度	令和元 (2019) 年 7 月 3 日	令和 元 (2019) 年 11 月 6 日
令和 2 (2020) 年度	令和 2 (2020) 年 7 月 10 日	令和 2 (2020) 年 11 月 10 日
令和 3 (2021) 年度	令和 3 (2021) 年 7 月 16 日	令和 3 (2021) 年 11 月 29 日

【活着率、生存率、枯死率及び枯死原因】

植栽直後から令和 3 (2021) 年度までの各調査プロットの植栽木の生存及び枯死の状況は表 3-50 のとおりである。

活着率 (植栽翌年の生存率) は、どの調査プロットも約 100% と高い数値を示し、植栽密度間で差は見られなかつた。

令和 3 (2021) 年度時点での生存率は、調査プロット間で多少のばらつきが生じたものの、いずれも約 9 割前後と高い数値を示し、植栽密度間では大きな差は見られなかつた。

以上より、本実証植栽地では植栽木の活着率や生存率に植栽密度は影響を与えなかつたと言える。

表 3-50 活着率、生存率、枯死率及び枯死原因 (宮崎県椎葉村スギ)

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数							合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)					
1	1,100	36	1 (誤伐)	0	1 (ウサギ食害)	0	0	1 (消失)	3	97.2	91.7	8.3	
2	1,100	36	0	1 (誤伐)	0	3 (誤伐2・枯れ1)	1 (誤伐)	0	5	100.0	86.1	13.9	
3	1,600	36	0	0	0	0	0	1 (シカ皮剥ぎ)	1	100.0	97.2	2.8	
4	1,600	36	0	1 (枯れ)	0	2 (誤伐2)	0	1 (誤伐)	4	100.0	88.9	11.1	
5	2,500	36	0	0	2 (誤伐1・枯れ1)	0	0	0	2	100.0	94.4	5.6	
6	2,500	36	0	1 (枯れ)	1 (下敷き)	0	0	0	2	100.0	94.4	5.6	

※活着率は植栽翌年の数値である

※生存率及び枯死率は令和 3 (2021) 年度時点の数値である

【成長状況】

植栽直後から令和3（2021）年度までの植栽木の成長状況は表3-51、図3-38、図3-39及び写真3-27のとおりである。

成長状況を植栽密度間で比較したところ、平均樹高は1,100本/ha区で281.9cm、1,600本/ha区で226.2cm、2,500本/ha区で約273.1cmとなった。また平均地際直径は1,100本/ha区で5.4cm、1,600本/ha区で4.0cm、2,500本/ha区で約4.9cmとなった。

平均樹高、平均地際直径ともに1,600本/ha区で低くなっていたものの、植栽密度と成長量の間特定の傾向は見られなかった。また平均樹高については、令和3（2021）年度にはどの植栽密度も2mを超えていた。

表 3-51 植栽木の成長状況（宮崎県椎葉村スギ）

		1,100本/ha						
宮崎県椎葉村		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2(2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	48.5±7.7	67.6±10.6	90±16.7	114.6±23.6	148.6±32	192.9±41.4	281.9±63.0
	最小値	29.0	40.0	44.6	64.3	91.8	126.0	167.0
	最大値	67.2	94.2	125.2	172.2	231.0	302.0	425.0
地際直径(cm)	平均値	0.7±0.1	0.9±0.2	1.2±0.2	1.5±0.4	2.5±0.8	3.9±1.4	5.4±1.8
	最小値	0.4	0.6	0.7	0.8	1.3	1.9	2.7
	最大値	0.8	2.0	1.6	2.7	5.7	10.0	12.2
胸高直径(cm)	平均値							3.1±1.4
	最小値							0.8
	最大値							7.6
形状比	平均値	76.1±15.5	74.8±12.2	78.8±11.3	78.4±12.3	62.2±12.7	53.1±10.6	54.9±7.8
	最小値	50.0	42.0	49.6	51.4	40.3	29.0	34.7
	最大値	120.0	97.3	103.9	107.3	133.2	75.2	70.3
		1,600本/ha						
宮崎県椎葉村		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2(2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	50.9±6.6	64.2±7.8	82.5±11.2	106.4±15.2	129±22.8	167.6±31.1	226.2±47.9
	最小値	37.0	50.2	56.0	74.1	70.2	79.0	96.0
	最大値	71.0	84.4	114.4	151.4	174.5	235.0	310.0
地際直径(cm)	平均値	0.7±0.1	0.8±0.1	1.1±0.2	1.5±0.3	2.2±0.5	3.1±0.8	4.0±1.0
	最小値	0.5	0.7	0.7	0.8	1.3	1.6	1.7
	最大値	1.1	1.2	1.6	2.0	3.3	4.7	6.2
胸高直径(cm)	平均値							2.2±0.8
	最小値							0.7
	最大値							4.0
形状比	平均値	79.6±13.7	76.2±7.6	76.5±13.7	73.8±10.5	58.5±7.9	54.8±7.3	56.9±6.0
	最小値	54.4	55.5	46.5	51.6	39.8	39.2	43.6
	最大値	114.0	91.5	113.6	105.0	79.3	72.0	73.5
		2,500本/ha						
宮崎県椎葉村		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2(2020)	R3(2021)
樹高 (cm)	平均値	52.3±5.7	64.2±7	84.9±13.4	118.5±19.5	150.4±29.8	202.7±41.2	273.1±62.2
	最小値	37.6	46.0	39.0	71.0	54.3	65.0	75.0
	最大値	66.4	79.2	117.4	169.4	205.0	281.0	380.0
地際直径(cm)	平均値	0.7±0.1	0.9±0.1	1.1±0.2	1.6±0.3	2.4±0.6	3.7±1.0	4.9±1.3
	最小値	0.5	0.6	0.4	0.9	0.7	0.7	1.1
	最大値	1.1	1.1	1.5	2.7	3.9	6.7	7.8
胸高直径(cm)	平均値							2.9±0.9
	最小値							0.7
	最大値							4.6
形状比	平均値	75.4±12.4	74.9±9.2	79.1±12.7	75.1±10.9	63.4±8.9	56.7±8.9	56.7±6.5
	最小値	44.4	54.2	51.2	52.3	43.8	41.5	45.8
	最大値	108.0	97.9	112.3	107.8	83.9	90.3	73.6

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

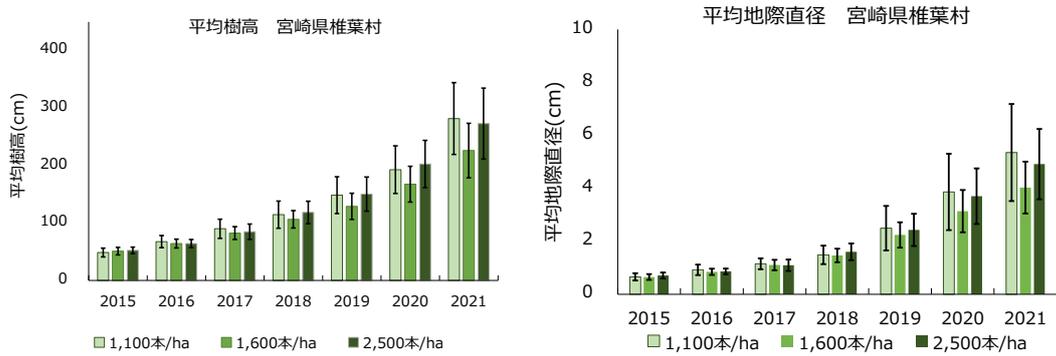


図 3-38 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（宮崎県椎葉村スギ）

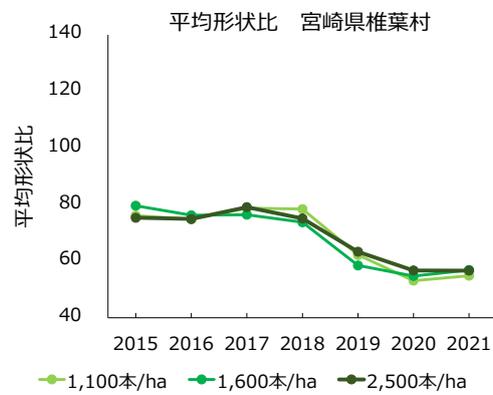


図 3-39 植栽木の平均形状比の推移（宮崎県椎葉村スギ）



写真 3-27 1,100 本/ha 区の状態（宮崎県椎葉村スギ、令和 3（2021）年 11 月）

【樹冠幅の推移及び樹冠が接する時期の推定】

平成 29 (2017) 年度から令和 3 (2021) 年度までの植栽木の樹冠幅 (直径) の推移を表 3-52、図 3-40 に示す。また、令和 3 (2021) 年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-28 に示す。

令和 3 (2021) 年度における樹冠幅は、1,100 本/ha 区で 103.2cm、1,600 本/ha 区で 88.1cm、2,500 本/ha 区で 93.1cm となり、植栽から 6 成長期が経過したにもかかわらず、どの植栽密度も平均で 1 m 前後となっている。

植栽木の樹冠幅の成長が遅いことについては、周囲にススキが密生していたことや植栽地の地位、スギの品種による影響等の要因が考えられる。

表 3-52 植栽木の平均樹冠幅の推移 (宮崎県椎葉村スギ)

植栽密度	平均樹冠幅 (cm)				
	H29(2017)	H30(2018)	R元 (2019)	R 2 (2020)	R3 (2021)
1,100本/ha	38.2	47.5	57.8	79.0	103.2
1,600本/ha	32.9	45.7	54.6	72.7	88.1
2,500本/ha	34.7	50.4	57.3	77.4	93.1

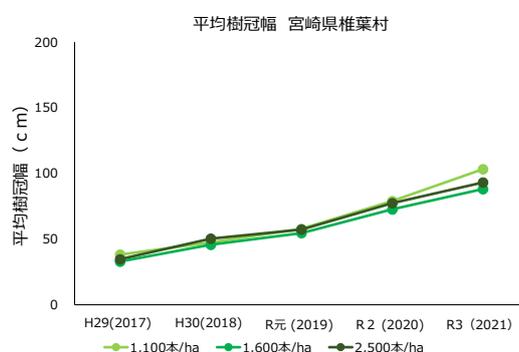


図 3-40 植栽木の平均樹冠幅の推移 (宮崎県椎葉村スギ)



1,100 本/ha 区 (植栽間隔 3 m) 1,600 本/ha 区 (植栽間隔 2.5m) 2,500 本/ha 区 (植栽間隔 2 m)

写真 3-28 植栽木の樹冠の広がり具合 (宮崎県椎葉村スギ、令和 3 (2021) 年 11 月)

次に、樹冠幅がこのまま直線的に成長すると仮定した場合において、隣同士の植栽木の樹冠が接する時期について推定を行った。なお、立地環境による成長差の影響を除くために、分析に当たっては全ての調査プロットにおける植栽木（健全木）の樹冠幅のデータを使用して回帰分析を行った。得られた回帰式から、植栽木の樹冠幅が各植栽密度における植栽間隔と等しくなる時期を求め、樹冠が接する時期とした。分析の結果を図 3-41 に示す。

分析の結果、1,100 本/ha（植栽間隔 3.0m）では 2036 年 10 月に、1,600 本/ha（植栽間隔 2.5m）では 2033 年 4 月に、2,500 本/ha（植栽間隔 2.0m）では 2029 年 10 月に、それぞれ隣同士の植栽木の樹冠が接する結果となり、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha では約 3 年 6 カ月、1,100 本/ha では約 7 年 0 カ月、樹冠が接する時期が遅くなると推定された。

樹冠幅の推移の推定 宮崎県椎葉村

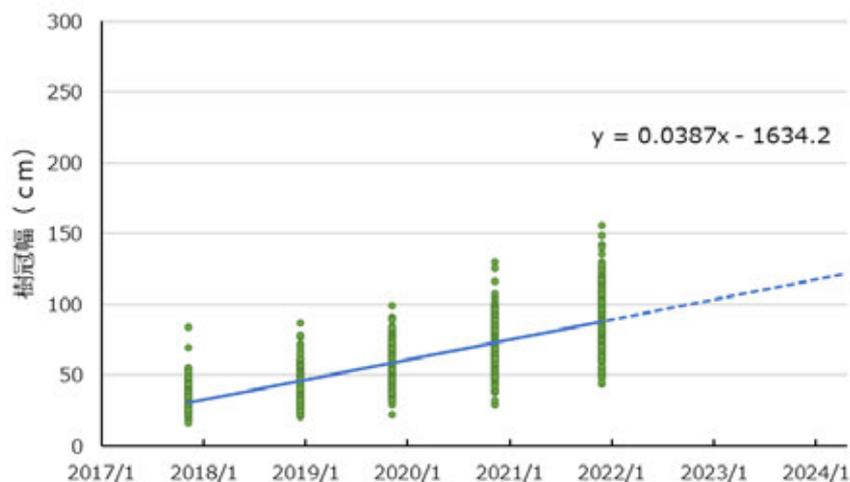


図 3-41 樹冠幅の推移の推定（宮崎県椎葉村スギ）

【雑草木との競合関係及び下刈りの必要性】

植栽木と雑草木の競合状態の調査結果を図 3-42 に、植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-43 に示す。また令和 3（2021）年度における植生調査の結果を表 3-53、写真 3-29 に示す。なお、本実証植栽地では植栽翌年度の平成 28（2016）年度から令和 2（2020）年度まで毎年下刈りが実施されていたが、令和 3（2021）年度は下刈りを実施していない。

植栽木と雑草木の競合状態（図 3-42）では、植栽密度間で多少のばらつきが見られるものの、どの植栽密度も令和 3（2021）年秋の時点で C1 + C2 が 8 割以上となっていた。このことから、今年度の下刈りは実施しなくてよい状況であったことが分かる。

植栽木と雑草木の平均樹高（図 3-43）では、令和 3（2021）年秋の時点でどの植栽密度も植栽木の平均樹高が 2.5m を超えており、雑草木から抜け出していることが分かる。

植生調査の結果（表 3-53、写真 3-29）では、どの植栽密度もススキが優占しており、繁茂も非常に激しいことが分かる。ただし、ススキの草丈は最大で 2 m 程度まで成長するが、植栽木の平均樹高は令和 3（2021）年秋の時点で 2.5m を超えているため、今後雑草木が植栽木に追いつくことはないと言える。

以上より、どの植栽密度も令和 2（2020）年度の 5 回目の下刈りで終了と判断できる。

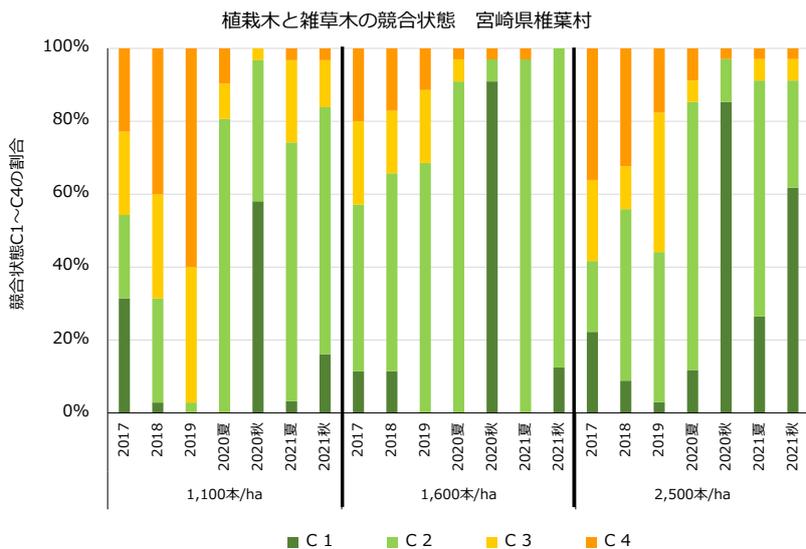


図 3-42 植栽木と雑草木の競合状態（宮崎県椎葉村スギ）

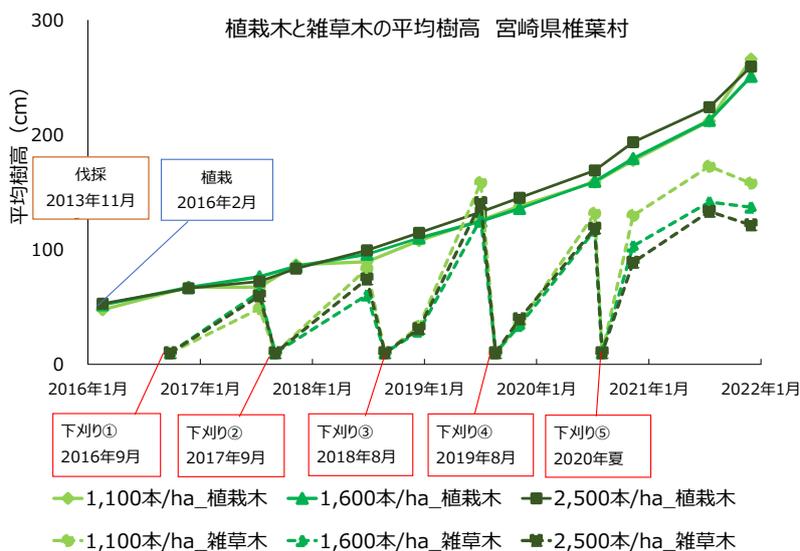


図 3-43 植栽木と雑草木の平均樹高（宮崎県椎葉村スギ）

※図 3-69、図 3-70 において、1,100 本/ha はプロット 2、1,600 本/ha はプロット 4、2,500 本/ha はプロット 5 の調査結果を示す。

表 3-53 植生調査の結果（宮崎県椎葉村スギ、令和3（2021）年7月）

プロット No.	植栽密度	プロット全体の 植被率	階層ごとの 植被率	主な優占種	被度	その他：特徴的な出現種
2	1,100	90%	低木層（1.0m以上） 80%	ススキ	80%	-
			草本層（1.0m未満） 10%	チャノキ	3%	・イワヒメワラビ・スズタケ・ツゲ
4	1,600	100%	低木層（1.0m以上） 70%	ススキ	70%	-
			草本層（1.0m未満） 40%	ススキ	20%	・アシボソ・コガクウツギ・スゲSp. ・スズタケ・チャノキ
5	2,500	90%	低木層（1.0m以上） 90%	ススキ	90%	-
			草本層（1.0m未満） 70%	ススキ	20%	・スズタケ・チャノキ



プロット 2（1,100 本/ha）



プロット 4（1,600 本/ha）



プロット 5（2,500 本/ha）

写真 3-29 植生調査プロットの様相（宮崎県椎葉村スギ、令和3（2021）年7月）

(4) 下刈りに関する聞き取り調査結果

森林所有者に対し、下刈りに関する聞き取り調査を行った。結果を表 3-54 に示す。

表 3-54 下刈りに関する聞き取り調査結果（宮崎県椎葉村スギ）

実証植栽地における下刈り実施の有無
<ul style="list-style-type: none">・令和 2（2020）年度は実施したが、令和 3（2021）年度は実施していない。・今後も下刈りを実施する予定はない。
下刈り実施の判断基準等
<ul style="list-style-type: none">・椎葉村では、基本的に 6 年生までが下刈りの対象となる。
植栽密度による下刈り作業の影響等
（下刈りを実施していないため回答なし）

(5) 現地写真 (遠景、宮崎県椎葉村スギ)

 <p>施業前 (平成 27 (2015) 年)</p>	 <p>平成 29 (2017) 年 7 月</p>
 <p>平成 29 (2017) 年 11 月</p>	 <p>平成 30 (2018) 年 6 月</p>
 <p>平成 30 (2018) 年 12 月</p>	 <p>令和元 (2019) 年 11 月</p>
 <p>令和 2 (2020) 年 7 月</p>	 <p>令和 2 (2020) 年 11 月</p>

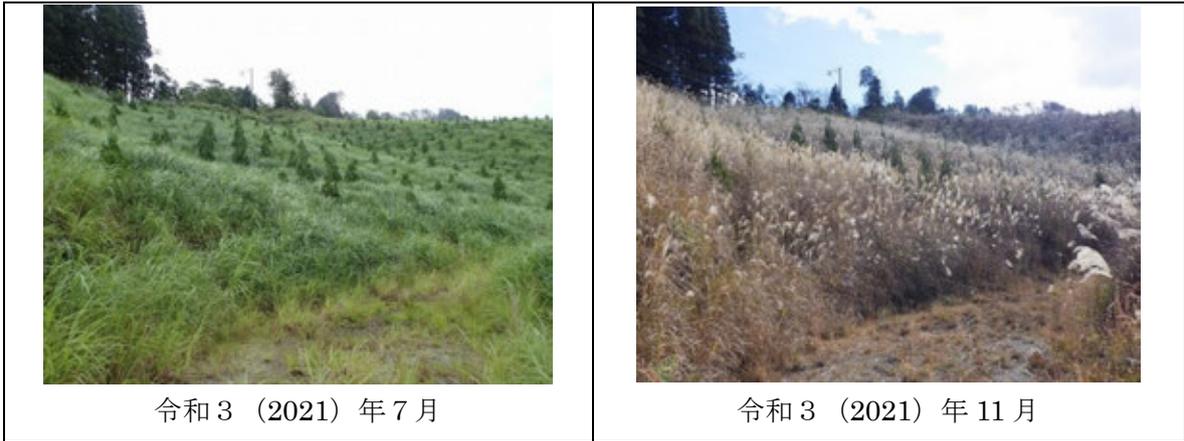


写真 3-30 実証植栽地の様子（遠景、宮崎県椎葉村スギ）

(6) 現地写真（近景（1,100本/ha区）、宮崎県椎葉村スギ）

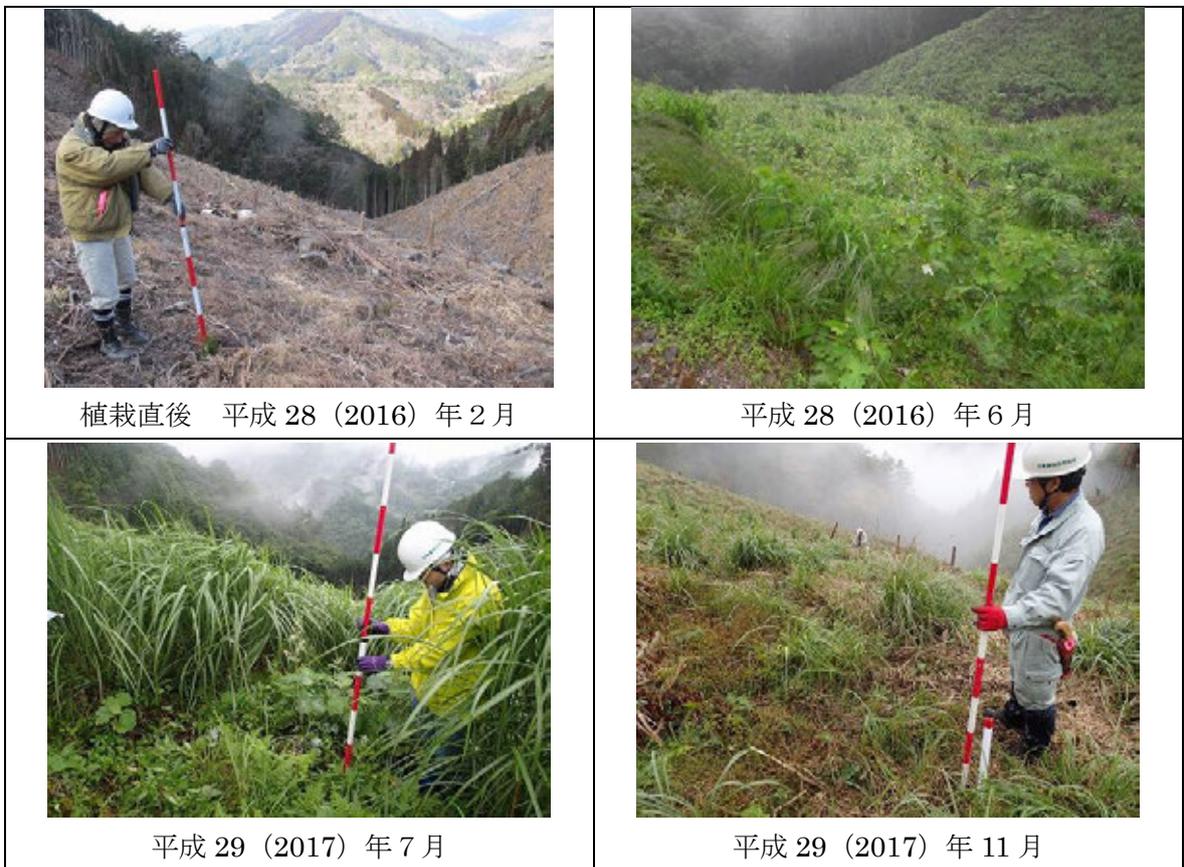




写真 3-31 実証植栽地の様子 (近景 (1,100 本/ha 区)、宮崎県椎葉村スギ)

3-3. 植栽密度と下刈り回数の関係

低密度植栽では植栽間隔が広くなるため雑草の繁茂が激しくなり、また林冠閉鎖が遅れるため、通常密度の植栽と比較して下刈り回数が増えるのではないかという懸念がある。そこで、令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した全14箇所の実証植栽地における追跡調査の結果を基に、植栽密度によって下刈り回数に差が生じるかどうかを検証した。検証結果を以下に示す。

【検証方法】

全14箇所の実証植栽地について、植栽木と雑草木の競合状態を山川ほか（2016）の判断基準を用いてC1～C4の4つのカテゴリに分類した。また、植栽木と雑草木の平均樹高の推移や樹高の差を植栽密度ごとに比較した。さらに、それぞれの植栽密度において雑草木の種組成を調査し、特に優占している種について文献や植物図鑑等により最大の樹高を調査した。

これらの調査結果から、低密度植栽区と通常密度の植栽区で下刈り終了までの回数に差が生じるかどうか検証したところ、実証植栽地によって以下の3つに分類できた。

① 低密度植栽区と通常密度の植栽区の両方とも、下刈りの終了が判断できた実証植栽地

- ・茨城県日立市（平成28（2016）年度植栽、スギ） → 4回目の下刈りで終了
- ・熊本県美里町（平成27（2015）年度植栽、スギ） → 3回目の下刈りで終了
（初回の下刈りを省略）
- ・宮崎県椎葉村（平成27（2015）年度植栽、スギ） → 5回目の下刈りで終了
- ・宮崎県都城市（平成28（2016）年度植栽、スギ） → 2回目の下刈りで終了
（初回の下刈りを省略）
- ・鹿児島県薩摩川内市（平成27（2015）年度植栽、スギ） → 4回目の下刈りで終了
- ・茨城県日立市（平成28（2016）年度植栽、ヒノキ） → 3回目の下刈りで終了
- ・長崎県大村市（平成27（2015）年度植栽、ヒノキ） → 4回目の下刈りで終了
- ・長崎県東彼杵町（平成27（2015）年度植栽、ヒノキ） → 4回目の下刈りで終了
- ・岩手県紫波町（平成27（2015）年度植栽、カラマツ） → 4回目の下刈りで終了
- ・岩手県盛岡市（平成27（2015）年度植栽、カラマツ） → 4回目の下刈りで終了
- ・岩手県葛巻町（平成27（2015）年度植栽、カラマツ） → 4回目の下刈りで終了
- ・岐阜県高山市（平成28（2016）年度植栽、カラマツ） → 4回目の下刈りで終了

② 低密度植栽区と通常密度の植栽区の両方とも、もう一度下刈りを実施すれば終了であると判断できた実証植栽地

- ・岡山県吉備中央町（平成28（2016）年度植栽、ヒノキ） → 4回目の下刈りで終了

③ 本事業の中では、まだ下刈り終了の判断ができなかった実証植栽地

- ・ 富山県立山町 (平成 29 (2017) 年度植栽、スギ) →令和 3 (2021) 年度で 4 回目の下刈り

以上の検証結果から、全 14 箇所の実証植栽地のうち、スギについては 5 箇所（茨城県日立市、熊本県美里町、宮崎県椎葉村、宮崎県都城市、鹿児島県薩摩川内市）、ヒノキについては 3 箇所（茨城県日立市、長崎県大村市、長崎県東彼杵町）、カラマツについては 4 箇所（岩手県紫波町、岩手県盛岡市、岩手県葛巻町、岐阜県高山市）、合計 12 箇所の実証植栽地において、どの植栽密度区も本事業の調査結果から下刈りの終了を判断できた。これらの実証植栽地では、低密度植栽区も通常密度の植栽区と同じ下刈り回数で終了できた。

また、1 箇所の実証植栽地（岡山県吉備中央町（ヒノキ））については、もう 1 年下刈りを実施すれば、どの植栽密度区も下刈りの終了が判断できると考えられた。

一方で、1 箇所の実証植栽地（富山県立山町（スギ））では、植栽木の成長が良好ではないためまだ雑草木との競争から抜け出しておらず、本事業の調査結果からはどの植栽密度も下刈りが終了できるかどうかの判断ができなかった。

これらの検証結果より、本事業では低密度植栽により下刈り回数が増える事例は確認されなかった。

3-4. 低密度植栽におけるつる植物の繁茂状況について

低密度植栽では、植栽間隔が広がることによってつる植物が繁茂できるスペースが増え、その結果としてつる植物の植栽木への巻き付きが増加することが懸念されている。つる植物の植栽木への巻き付きは、締め付けにより植栽木の主幹が変形する恐れがあるほか、植栽木の主幹の折損に繋がる（写真 3-32）など大きな被害を与える可能性があり、注意する必要がある。

そこで、植栽密度とつる植物の巻き付き状況の関係性を検証するため、令和3（2021）年度の調査で植栽木へのつる植物の巻き付きが確認された実証植栽地について、植栽密度ごとにつる植物の巻き付き状況を整理した。結果を以下に示す。

なお、今年度に追跡調査を行った5箇所の実証植栽地のうち、つる植物の巻き付きが確認されたのは茨城県日立市（ヒノキ）、茨城県日立市（スギ）の2箇所だった。



写真 3-32 つる植物の巻き付きが原因で主幹が折損したと思われるヒノキ
（長崎県東彼杵町、令和2（2020）年11月）

(1) 茨城県日立市（ヒノキ）

茨城県日立市のヒノキ植栽地における、つる植物の巻き付き状況を表 3-55 及び図 3-44 に示す。つる植物に巻き付かれた植栽木の本数は、1,100 本/ha 区で 15 本、1,600 本/ha 区で 10 本、2,500 本/ha 区で 7 本となった。また、調査プロット内の全植栽木における、つる植物に巻き付かれた植栽木の割合は、1,100 本/ha 区で約 58%、1,600 本/ha 区で 29%、2,500 本/ha 区で 25% となり、低密度区である 1,100 本/ha 区で最も大きかった。

巻き付いていたつる植物の種類については、つる性の落葉低木であるクマヤナギが 14 本と最も多く、次いでつる性の多年草であるヘクソカズラが 11 本と多かった。

表 3-55 つる植物の植栽木への巻き付き状況（茨城県日立市ヒノキ）

プロット No.	植栽密度	つる植物の種名	巻き付いたつる植物の本数	巻き付かれた植栽木の本数	巻き付かれた植栽木の割合
2	1,100本/ha	ヘクソカズラ クマヤナギ ミツバアケビ ツルウメモドキ ヒメドコロ	8 6 2 1 1	15	58%
3	1,600本/ha	クマヤナギ ヘクソカズラ ミツバアケビ スイカズラ サルナシ サンカクヅル	4 3 2 1 1 1	10	29%
5	2,500本/ha	クマヤナギ ミツバアケビ ツルウメモドキ	4 3 2	7	25%

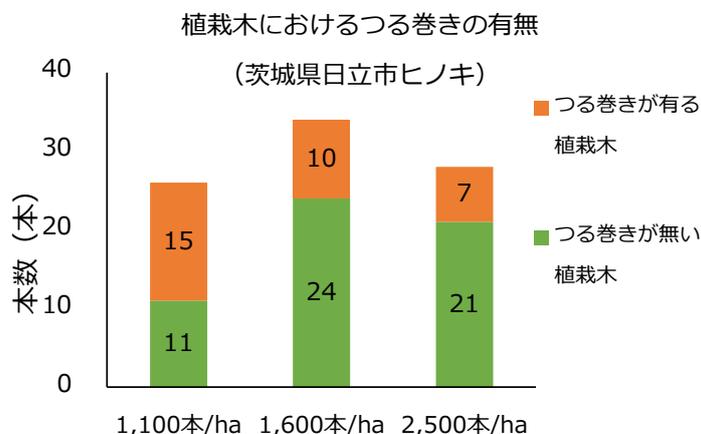


図 3-44 つる植物の植栽木への巻き付き状況（茨城県日立市ヒノキ）

(2) 茨城県日立市（スギ）

茨城県日立市のスギ植栽地における、つる植物の巻き付き状況を表 3-56 及び図 3-45 に示す。つる植物に巻き付かれた植栽木の本数は、1,100 本/ha 区で 9 本、1,600 本/ha 区で 6 本、2,500 本/ha 区で 2 本となった。また、調査プロット内の全植栽木における、つる植物に巻き付かれた植栽木の割合は、1,100 本/ha 区で約 31%、1,600 本/ha 区で 24%、2,500 本/ha 区で 6% となり、低密度区である 1,100 本/ha 区で最も大きかった。

巻き付いていたつる植物の種類については、つる性の多年草であるヘクソカズラが 10 本と最も多かった。

表 3-56 つる植物の植栽木への巻き付き状況（茨城県日立市スギ）

プロット No.	植栽密度	つる植物の種類名	巻き付いたつる植物の本数	巻き付かれた植栽木の本数	巻き付かれた植栽木の割合
2	1,100本/ha	ヘクソカズラ ツルウメモドキ ミツバアケビ ポタンヅル	7 1 1 1	9	31%
3	1,600本/ha	ヘクソカズラ ツタウルシ ヒメドコロ アオツツラフジ	3 1 1 1	6	24%
6	2,500本/ha	ミツバアケビ	2	2	6%

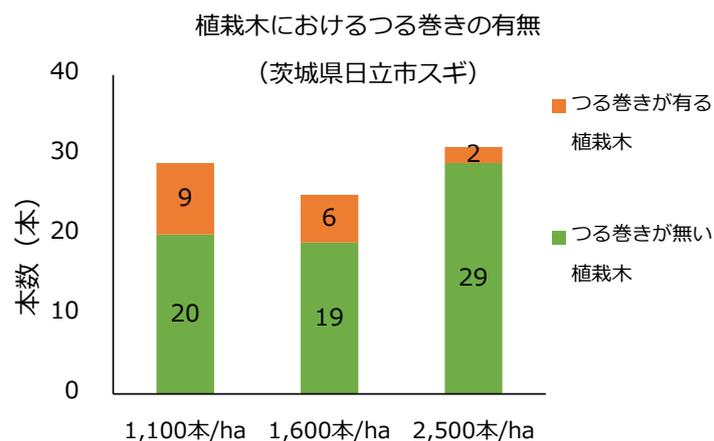


図 3-45 つる植物の植栽木への巻き付き状況（茨城県日立市スギ）

(3) まとめ

令和3（2021）年度の調査でつる植物の巻き付きが確認された実証植栽地2箇所では、どちらも植栽密度が低いほど巻き付かれた植栽木の割合が多くなる結果となった。このことは、低密度植栽ではつる植物が植栽木に巻き付くリスクが長く残る可能性があることを示唆している。

ただし、今回の調査において低密度区で見られたつる植物は、その多くがヘクソカズラだった。多年草であるヘクソカズラは、木本性のつる植物と比較して植栽木へ及ぼす影響が少ない可能性がある。そのため、低密度植栽によるつる植物の巻き付きのリスクやつる切り作業への影響を評価するためには、つる植物の巻き付きに関する事例をさらに増やしていくとともに、つる植物の形態の違いによって植栽木の被害にどのような違いが生じるかについても検証する必要がある。

3-5. 低密度植栽技術実証植栽地における聞き取り調査

令和3（2021）年度に追跡調査を実施した5箇所以外の14箇所の実証植栽地について、植栽木と雑草木の競合関係や下刈りの実施状況を把握するため、森林所有者等に聞き取り調査を実施した。結果を表3-57に示す。

表 3-57 低密度植栽技術実証植栽地における聞き取り結果

植栽地名	樹種	聞き取り結果
岩手県 紫波町	カラマツ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の4回目の下刈りで終了）。 秋に確認に行ったが、斜面下部ではカラマツが優勢となっていた。斜面上部はこれからの成長次第だが、現時点では必要なさそうだった。 つる切りについても、2～3年は必要なさそうである。 植栽密度による競合関係への影響は感じられない。それよりも、立地や斜面位置の影響の方が大きいと思う。
岩手県 盛岡市	カラマツ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の4回目の下刈りで終了）。下刈りは必要ないと判断した。 斜面の上部と下部で植栽木の成長が違う。植栽密度よりも、地味（土地の生産力）による影響の方が大きい。 地味により植栽木の成長にムラが出るが、特に低密度区で顕著のように感じる。
岩手県 葛巻町	カラマツ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の4回目の下刈りで終了）。 通常は5年間下刈りを実施している。
宮城県 登米市	スギ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の4回目の下刈りで終了）。離れた場所から見ただけだが、雑草木から頭が抜けでており下刈りは必要なさそうである。 通常は5～6年程度下刈りを実施している。 植栽密度よりも、日当たりのよさ等の環境条件の方が施業に影響するのではないか。

三重県 大紀町	ヒノキ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の4回目の下刈りで終了）。 通常は5年間下刈りを実施している。 10年生くらいで除伐をすることが多い。 昔から密植をしてきた地域なので、2,000本/haでも抵抗がある森林所有者が多い。3,000本/haですら抵抗がある人もいる。
長崎県 大村市	ヒノキ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度は下刈りを実施していないが、令和3（2021）年10月に確認したところ、つる植物の繁茂が確認されたため、12月上旬に下刈り（5回目）を実施した。なお、植栽密度間で繁茂状況等に違いは感じなかった。 令和3（2021）年度の5回目の下刈りで終了の予定。
長崎県 東彼杵町	ヒノキ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の4回目の下刈りで終了）。植栽木の梢端が抜け出しているため。 除伐やつる切りは未定だが、12～13年生の時になるのではないかと。
熊本県 美里町	スギ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施した。通常は6年生の時まで実施している。 植栽木の成長が良いため、今後は下刈りする予定はない（令和3（2021）年度の5回目の下刈りで終了）。
鹿児島県 薩摩川内市	スギ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度は実施したが、令和3（2021）年度は下刈りを実施していない（令和2（2020）年度の5回目の下刈りで終了）。通常は5年間下刈りを実施しているため。 植栽木が大きくなったため、今後も下刈りは実施しない。
岡山県 吉備中央町	ヒノキ	<ul style="list-style-type: none"> 令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の3回目の下刈りで終了）。 今のところ、今後に下刈りを実施する予定はない。

高知県 四万十町	ヒノキ	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施した。 ・通常は5年生まで実施しており、来年度以降は下刈りを実施しない予定（令和3（2021）年度の5回目の下刈りで終了）。 ・遠くから見た限りでは、植栽木は雑草木から抜けきっているとは言い切れないが、下刈りが効いており雑草木の繁茂は抑えられている。
宮崎県 都城市	スギ大苗	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない（令和元（2019）年度の2回目の下刈りで終了）。 ・通常は6年間程度下刈りしているが、植栽木が大分成長しているので、下刈りを実施しなくても大丈夫だと思う。 ・今後の施業については未定だが、通常は12～13年生時に除伐を実施し、同時につる切りも行っている。
北海道 下川町	カラマツ	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施した（令和3（2021）年度の下刈りで4回目）。
秋田県 由利本荘市	スギ	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度は下刈りを実施していないが、令和3（2021）年度は実施した（3回目の下刈り）。来年度も恐らく実施すると思う。

3-6. 低密度植栽技術指針、事例集及びパンフレットの改訂

本事業の調査結果を踏まえ、林業技術者向けに低密度調査で作成した技術指針、事例集、パンフレットの改訂を行った。

低密度植栽技術指針（「スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針」）は、再生林のコスト削減や近年の木材加工技術の進展・木材需要の変化を踏まえ、新たな造林技術である「低密度植栽技術」の情報を提供し、森林所有者が、その利点・特異的性質、問題点を理解したうえで、「低密度植栽技術」を適切に選択・導入するための目安となるよう、令和元（2019）年度に取りまとめた。さらに令和2（2020）年度には実証植栽地のうち10箇所における追跡調査の結果から、低密度植栽における下刈り終了時期を明確化した。

令和3（2021）年度は、実証植栽地のうち5箇所における追跡調査の結果を反映し、令和2（2020）年度の調査結果と合わせて14箇所の実証植栽地における下刈り終了時期について整理した。

低密度植栽事例集（「低密度植栽技術導入のための事例集」）は、低密度調査における5年間分のデータを掲載し、視覚的に見やすく整理を行い、各地域の林業技術者が、自身の地域に近い事例を参考にして「低密度植栽技術」を導入することができるよう、令和元（2019）年度に取りまとめた。さらに令和2（2020）年度には実証植栽地のうち10箇所において追跡調査を実施し、結果を反映させた。

令和3（2021）年度は、実証植栽地のうち5箇所において実施した追跡調査のデータを反映させた。

パンフレット（「低密度植栽で低コストで効率的な再生林を目指す！」）は、森林所有者が「低密度植栽技術」の導入を適切に選択できるように、令和元（2019）年度に作成した。

令和3（2021）年度は、本事業における調査結果等を反映し、技術指針と同じく下刈り終了時期を明確化した。

4. 低密度植栽における施業体系の整理

低密度調査で実施した実証植栽試験では、低密度植栽における植栽から5～6年後までの植栽木の生育状況や下刈り終了までの回数等を検証した。一方で低密度植栽については、下刈り以降の保育作業の知見が少なく、また低密度植栽で成林した場合に生産される木材の生産量の減少や強度の低下も懸念されている。

そこで、低密度植栽を実施して数十年が経過している林分について調査した文献等を収集・分析し、低密度調査で得られた知見と合わせて低密度植栽における植栽から主伐までの施業について整理した。また、低密度植栽で生産された木材の材質や材積等について情報の整理を行った。

作成した資料（「低密度植栽における施業イメージ」）を、次ページ以降に記載する。

低密度植栽における施業イメージ



林野庁

はじめに

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

再造林の低コスト化を図る手段として、コンテナ苗を利用した「伐採と造林の一貫作業システム」の導入や、成長に優れた優良品種の開発、早生樹導入などの検討が進められています。このような中で、低密度植栽技術の導入も低コスト化を進めるための選択肢の一つとして期待されています。

低密度植栽では、従来3,000本/ha程度の密度で行われていた植栽を、1,000～1,500本/ha程度の密度で植栽し、間伐回数を極力減らして主伐に至る施業を想定しています。

低密度植栽により育成する森林では、立木が梢殺（うらごけ）となり木材生産の歩留りの低下が懸念されている一方で、過密とならないために肥大成長が促進されることから、従来の施業と比較して遜色ない林分材積の確保も期待できます。

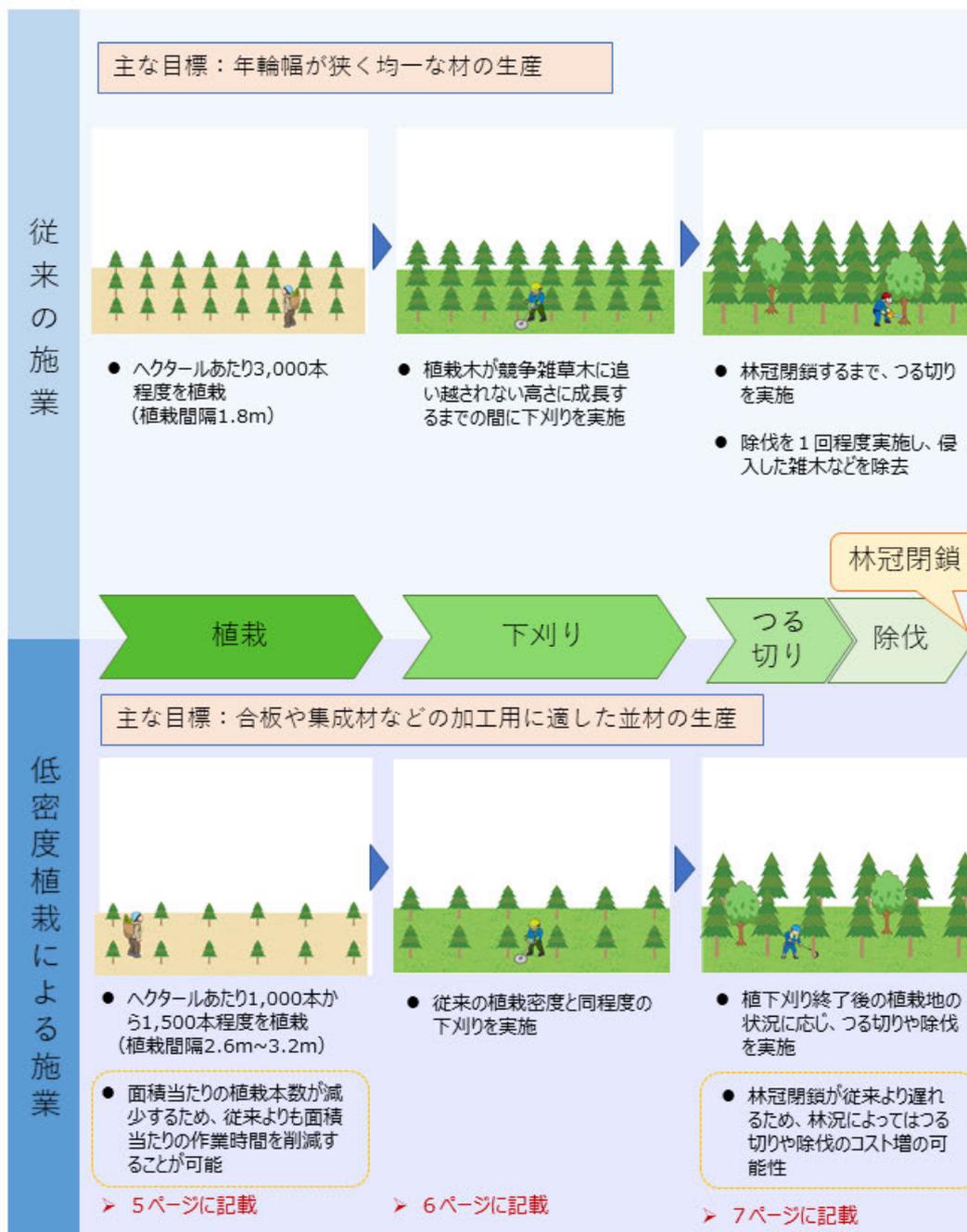
また、従来の施業では年輪幅が狭く均一な材の生産を目標としていたのに対し、近年の木材加工技術の進展や川下における木材需要の変化を踏まえ、低密度植栽では合板・集成材などの加工用に適した並材の生産を念頭に置いた施業となります。

なお、森林の公益的機能という観点から見ると、低密度植栽は、風倒被害を受けにくい形の立木からなる林床植生が豊かな森林を作ることにつながることを期待されています。

※本資料において、先行研究等の内容を参考とした部分には数字を付与し、11ページに「参考文献リスト」としてまとめています。（例 引用¹⁾）

低密度植栽と従来の植栽密度における施業の比較

低密度植栽と従来の密度での植栽における、施業の流れをまとめました。



低密度植栽
のメリット

- ▶ 植栽時の経費が削減できます。
- ▶ 保育間伐を省略し、間伐の回数を削減できます。
- ▶ 主伐時に得られる丸太の直径が大きくなり、また1,500本/ha以上であれば従来と遜色ない材積量の確保ができます。

従来の
施業



- 保育間伐と搬出間伐を合わせて3回以上実施し、形質不良木を除去した上で植栽木のサイズを揃え、適正な密度へ誘導

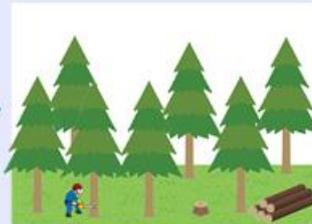
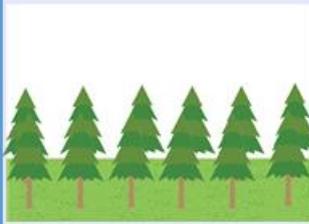
- 年輪幅が均一で良質な木材を生産

保育間伐

搬出間伐

主伐

低密度植栽
による
施業



- 若齢時の保育間伐を省略し、搬出間伐を1~2回程度実施

- 肥大成長が促されるため1,500本/ha以上ならば、従来と遜色ない林分材積が確保できる

▶ 8ページに記載

▶ 9ページに記載

低密度植栽における施業について（①植栽）



- ✓ 低密度植栽では、苗木の購入費だけでなく植栽作業にかかる労務費も削減できます。
- ✓ 低密度植栽では元々の植栽本数が少ないため、獣害などによる枯死にはより一層の注意が必要です。

◆ 植栽作業について

低密度植栽では、面積当たりの植栽本数が減少するため、苗木の購入費を削減できるだけでなく、植栽作業にかかる労務費も削減できます。^{1) 2)} (図1)

低密度植栽における植栽間隔は、表1のとおりです。

従来よりも植栽間隔が広がるため、植栽位置を迷わないように、あらかじめ尺棒などを用意しておくことで作業効率を高めることができます(写真1)。



写真1 尺棒を利用した植栽位置の決定

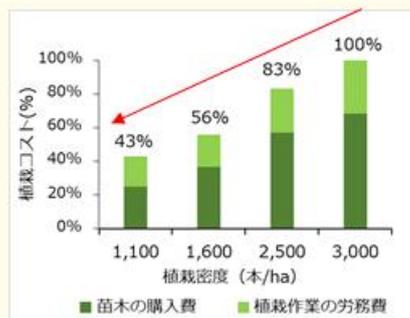


図1 植栽密度と植栽コストの関係 (茨城県・スギの事例)

表1 低密度植栽における植栽間隔

植栽密度	低密度		従来
	1,000本 /ha	1,500本 /ha	3,000本 /ha
植栽間隔	3.2m	2.6m	1.8m

◆ 植栽密度について

既存の低密度植栽試験の結果等を整理すると、成林や並材としての木材利用に影響が少ない植栽密度は表2のとおりです。¹⁾

ただし、保安林の場合は指定施業要件の中で植栽密度が定められており、各都道府県の補助対象にも最低植栽密度が定められている場合があるため、各自治体の林務担当等に確認ください。

また、低密度植栽では植栽本数が少ないため、獣害等による枯死により一層注意する必要があります。そのため、獣害が多い地域では防鹿柵や、ツリーシェルター等の単木保護資材(写真2)による対策が必須となります。

単木保護資材の設置は防鹿柵に比べてコストがかかりますが、植栽本数が少ない低密度植栽では、コストを低減させることが可能です。

表2 成林や並材としての木材利用に影響が少ないと考えられる植栽密度

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



写真2 単木保護資材の設置例

低密度植栽における施業について (②下刈り)



- ✓ 低密度植栽では、下刈りの作業時間を短縮できる可能性があります。
- ✓ 植栽木の成長が良好であれば、林冠閉鎖する前に雑草木から大きく抜け出せるため、低密度植栽であっても従来の植栽密度と同程度の回数で下刈りを終了できます。

◆ 下刈り (全刈り) の作業効率

植栽密度ごとに下刈り作業時間を測定した結果、地形などに大きく影響されるものの、全体として植栽密度が低い方が下刈り作業の時間が短くなる傾向が見られました (図2)。¹⁾

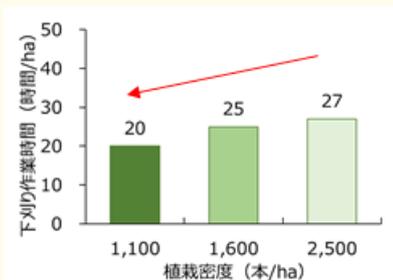


図2 植栽密度ごとの下刈り作業時間 (ハクタールあたり、試験地19箇所の平均値)

◆ 部分刈り (筋刈り・坪刈り)

部分刈りを行った場合にも、植栽密度が低い方が作業時間が短くなったという研究事例があります^{3) 4)} (図3)。ただし、以下の点に注意しましょう。

- 刈り残した部分の植生 (特につる植物など) が、さらに繁茂する可能性があります。
- 刈り残した部分が、ノネズミ等の生息場所になる可能性があります。

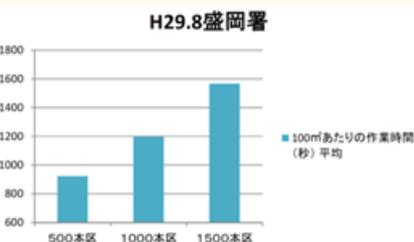


図3 植栽密度ごとの下刈り作業時間 (筋刈り) (100m²あたり)

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

下刈り終了までの回数について (本事業における実証試験の結果)⁵⁾

スギ



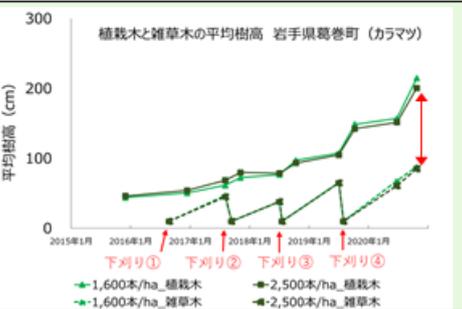
- 鹿児島県薩摩川内市の事例 (スギ)
- 1,600本/ha、2,500本/haともに4回目の下刈りで雑草木との樹高差が開いたため、下刈り終了可能。

ヒノキ



- 長崎県大村市の事例 (ヒノキ)
- 1,600本/ha、2,500本/haともに成長が良好で雑草木との樹高差が大きく開いたため、4回目の下刈りで終了可能。

カラマツ



- 岩手県葛巻町の事例 (カラマツ)
- 1,600本/ha、2,500本/haともに成長が良好で、雑草木との樹高差が大きく開いたため、4回目の下刈りで終了可能。

低密度植栽における施業について（③下刈り後の保育作業）

- ✓ 低密度植栽では、従来よりも林冠閉鎖が遅れるため、下刈り終了後につる植物や広葉樹等の雑木が侵入してくる期間が長くなります。
- ✓ そのため、林況によってはつる切りや除伐のコストが増える可能性があります。下刈りが終了した後も植栽地をよく見回り、特につる植物による被害に注意しましょう。

◆ つる切り

植栽木へにつる植物の巻き付きは、樹幹の変形や折損などの重大な被害を生じさせます（写真3）。

低密度植栽では林冠閉鎖が遅れるため、つる植物の繁茂状況によってはつる切り作業の回数が増える可能性があります。下刈り終了後も植栽地の状況を確認し、つる植物の巻き付きが確認された場合は、つる切り作業を着実に実施しましょう。



写真3 つるの巻き付きで折損した5年生ヒノキ

◆ 除伐

低密度植栽では、従来より植栽木の立木密度が低いため、早期に形質不良木を取り除く必要性は低いと考えられます。

一方で、林冠閉鎖までに侵入する雑木に関しては、植栽地の環境条件や周囲に生育している植生の種組成等によって様々な状況が考えられます。

つる植物と同様、下刈り終了後も植栽地をよく見回り、もし植栽木を強く被圧するような状況になれば除伐の実施を検討しましょう。

林冠閉鎖の時期について

- ✓ 本事業の実証試験で得られた植栽木の樹冠幅の成長量（植栽後6年程度まで）から、低密度植栽下で隣国土の植栽木の樹冠が接する時期※を推定しました。⁵⁾

※ 実際に林冠閉鎖し、林床が暗くなるまでには、さらに数年が必要です。

◆ 鹿児島県薩摩川内市の調査事例（スギ）

	低密度	従来
植栽密度	1,600本/ha	2,500本/ha
樹冠が接する林齢	10年生	8年生

※1,100本区は未設定

◆ 岡山県吉備中央町の調査事例（ヒノキ）

	低密度		従来
植栽密度	1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
樹冠が接する林齢	10年生	8年生	7年生

◆ 岩手県葛巻町の調査事例（カラマツ）

	低密度	従来
植栽密度	1,600本/ha	2,500本/ha
樹冠が接する林齢	11年生	9年生

※1,100本区は未設定

低密度植栽における施業について (④間伐)



- ✓ 低密度植栽では、元々の植栽本数が少ないため、採算性の劣る保育間伐を省略でき、従来の植栽密度よりも間伐回数を減らすことができます。
- ✓ 既存の調査・研究事例を見てみると、(除伐を除いて) 間伐の回数は1,000本/ha程度では1回程度、1,500本/ha程度では1～2回程度です。

スギ

◆ スギの事例 宮崎県日南市 大荷田国有林⁶⁾

【施業履歴】

- 円形に植栽された林分密度試験地
- 除伐1回実施、間伐は未実施

【間伐時期の目安】

- 間伐が必要となる目安の「収量比数 $R_y=0.8$ 」に到達するのは、1128本/haでは概ね30年生の時、1626本/haでは概ね25年生の時(図4)。

スギの成長が良い事例ではありますが、約1,000本/haの場合は概ね30年生の時に間伐すれば、間伐は一度で良さそうです。

※収量比数 R_y ：林分の込み具合の指標。
0.8以上で込み過ぎ→間伐が必要とされる。

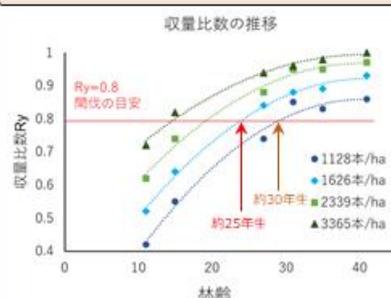


図4 収量比数の推移(宮崎県日南市) 下山・石神(2017)より作成

ヒノキ

◆ ヒノキの事例 広島県福山市 新元重山国有林(46年生時の時点)⁷⁾

【1,000本/ha】→間伐1回実施



- 42年生時に初回の間伐(保育間伐は未実施)
- 46年生時の収量比数は0.58

【1,500本/ha】→間伐2回実施



- 26年生時と42年生時に間伐を実施
- 46年生時の収量比数は0.73

カラマツ

◆ カラマツの事例

(成林したカラマツの事例が少ないため、「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」によるシミュレーションの事例を掲載)⁸⁾

【間伐実施の条件】

- 地位指数 22(北海道の平均的な林地)
26(より良い条件の林地)
- 中庸仕立て(収量比数0.8以上で間伐実施)
- 全層30%間伐

【間伐の回数】※伐期40年の時

- 1,000本/haでは
0回(地位指数22)
1回(地位指数26)
- 1,500本/haでは
1回(地位指数22)
2回(地位指数26)

低密度植栽における施業について (⑤主伐)



- ✓ 低密度植栽で主伐まで至った事例はまだありませんが、参考として低密度植栽を実施した試験地における、40～50年生時のデータを掲載します。
- ✓ 胸高直径は、植栽密度が低いほど大きくなります。林分材積は、1,500本/haでは3,000本/haに遜色なく、1,000本/haでは少し小さくなる事例が多く見られます。

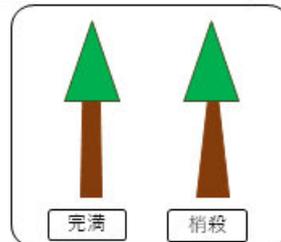
スギ	<p>◆ スギの事例 宮崎県日南市大荷田国有林 (45年生時のデータ) ⁹⁾</p> <p>【施業履歴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 円形に植栽された林分密度試験地 ➢ 除伐1回実施、間伐は未実施 <p>【45年生時の胸高直径と林分材積】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 植栽密度が低いほど、胸高直径は大きい。 ➢ 林分材積は、約2,300本/haで最大となる。約1,600本/haでは約3,300本/haと遜色がないが、約1,100本/haでは低下した。 	<p>図5 植栽密度ごとの胸高直径と林分材積 (宮崎県日南市) 宮崎南部森林管理署(2018)より作成</p>
ヒノキ	<p>◆ ヒノキの事例 広島県福山市新元重山国有林 (46年生時) ⁷⁾</p> <p>【施業履歴】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 除伐3回実施 ➢ 間伐2回実施 (1,000本/haは1回) <p>【46年生時の胸高直径と林分材積】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 植栽密度が低いほど、胸高直径は大きい。 ➢ 林分材積は、2,000本/haが最大となる。1,500本/haでは3,000本/haと遜色がないが、1,000本/haでは低下した。 	<p>図6 植栽密度ごとの胸高直径と林分材積 (広島県福山市) 近畿中国森林管理局(2019)より作成</p>
カラマツ	<p>◆ カラマツの事例 ¹⁰⁾</p> <p>※「北海道版カラマツ人工林収穫予測ソフト」によるシミュレーションの事例を掲載</p> <p>【40年生時の末口径別丸太材積】</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ 林分材積は、1,500本/ha以上と比較して1,000本/haで僅かに低下。 ➢ 生産目標である末口径14cm以上の丸太材積は、植栽密度が低いほど増加。 	<p>図7 植栽密度ごとの末口径別丸太材積と育林コスト 八坂ら(2011)から抜粋・一部修正</p>

低密度植栽における木材の形質や強度について

◆ 低密度植栽における樹幹の細りについて

低密度植栽により生産される立木は、梢殺（うらごけ）の樹幹になりやすいことが懸念されています。

そこで、低密度植栽により成林した林分において、樹幹の細り具合を実際に測定した事例を列挙しました。



事例① 広島県福山市（スギ42年生、ヒノキ41年生）¹¹⁾

- ✓ 植栽密度は、1,000・1,500・2,000・3,000本/ha。
- ✓ 間伐伐倒後に、一定の地上高ごとに直径を測定し、樹高1.2m部の直径を1とした時の各部の相対直径を求めた。
- ✓ スギでは、上部における樹冠の細りはほとんど認められなかった。（図8左）
- ✓ ヒノキでは、地上高6.2mから上部について、1,000本/haで樹幹の細りが認められた。（図8右）

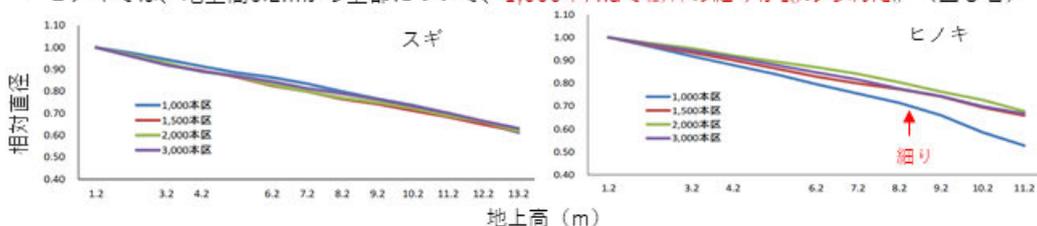


図8 地上高別の相対直径（地上高1.2m部を1とした場合）（左：スギ、右：ヒノキ）
（堂蘭・藤原(2016)より抜粋、一部改変）

事例② 青森県五戸町（スギ65年生）¹²⁾

- ✓ 植栽密度は、1,000本/ha。
- ✓ 樹幹解析を実施したところ、低密度植栽林で、梢殺等の特徴的な形状は見られなかった。（図9）

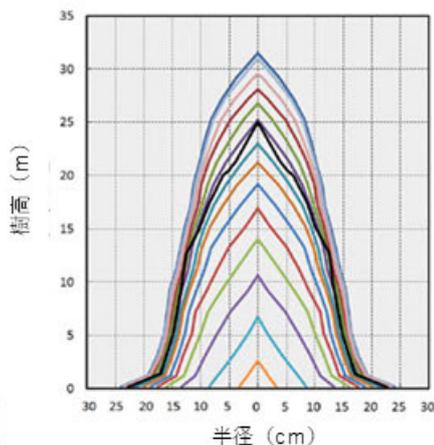


図9 樹幹解析図（青森県五戸町）
※色付きの線は、低密度植栽地（1,000本/ha）の5年毎の樹幹型
※黒線は、対照林（2,000本/ha）における伐採時の樹幹型
（青森県産業技術センター林業研究所(2019)より抜粋、一部改変）

事例③ 高知県宿毛市（ヒノキ48年生）¹³⁾

- ✓ 植栽密度は、1,500・3,000・6,000本/ha。
- ✓ 伐倒調査を実施し、樹幹の細り具合を調べたところ、植栽密度が異なっても樹幹の細り具合に大きな違いはなかった。

◆ 低密度植栽における木材の強度について

低密度植栽により生産される立木は、肥大成長が促進されて年輪幅が広がるため、木材としての強度が従来より劣る可能性が指摘されています。

そこで、低密度植栽により成林した林分において、木材の強度を測定した事例を列挙しました。

※ヤング率：木材の変形性能を示す基礎常数。
木材の強度と高い相関がある。

事例④宮崎県日南市（スギ35年生）¹⁴⁾

- ✓ 円形に植栽された林分密度試験地であり、植栽密度は376～10,000本/ha。
- ✓ 「ファコップ」を用いて、ハンマーで樹幹上に設置したセンサーを叩き、発生した応力波が樹幹中を一定距離通過するのに要した時間を測定した。
- ✓ 測定の結果、植栽密度が低くなるほど応力波の伝播速度が低下した。音速とヤング率との間には正の直線関係が認められていることから、植栽密度が低くなるほどヤング率が低下することが示唆された。

事例⑤広島県福山市（スギ42年生・ヒノキ41年生）¹¹⁾

- ✓ 植栽密度は、1,000・1,500・2,000・3,000本/ha。
- ✓ 事例④と同様に、「ファコップ」を用いて応力波の伝播速度を測定した。
- ✓ スギ・ヒノキともに、植栽密度が低くなるほど動的ヤング率が低下した。
- ✓ さらに、得られた結果から静的ヤング率を推計して、日本農林規格（JAS）における製材の機械等級で区分したところ、スギでは1,000本/haでもE70（多くの都道府県が製品規格の下限としている）以上が78%あった。また、1,500本/ha以上では、ほとんどがE70を上回っていた。
- ✓ ヒノキでは、どの植栽密度でもほとんどがE90（ヒノキの製品規格の下限）を上回っていた。

事例⑥青森県むつ市（スギ60年生）、五戸町（スギ68年生）¹⁵⁾

- ✓ 植栽密度は、1,700本/ha（むつ市）、1,000本/ha（五戸町）。
- ✓ 伐倒した丸太を製材し、建築に使う柱や梁のサイズで曲げ試験を実施した。
- ✓ 曲げヤング係数と曲げ強さは対照林（2,000・3,000本/ha）に比べてやや低下したものの、曲げヤング係数は日本農林規格（JAS）の機械等級でE50からE90の範囲内にあり、曲げ強さも建築基準の法令で定められるスギの基準強度の下限を上回っていた。
- ✓ 以上より、どちらも建築材としての利用が十分可能な強度を保持していることが分かった。

- 現時点で成林している事例では、スギは1,000本/ha以上、ヒノキは1,500本/ha以上であれば梢殺等の形状は確認されませんでした。
- 植栽密度が低くなるほどヤング率は低下する場合もありましたが、1,000本/ha程度の密度であっても一定の強度を保持していました。

参考文献

- 1) 林野庁(2020)低密度植栽で低コストで効率的な再造林を目指す！
- 2) 山中啓介(2009)平成20年度低コスト育林高度化事業報告書、林業機械化協会、67-72
- 3) 山中啓介(2011)平成22年度低コスト育林高度化事業報告書、林業機械化協会、38-50
- 4) 東北森林管理局森林技術・支援センター(2017)低密度植栽試験
- 5) 林野庁(2021)令和2年度低密度植栽技術追跡調査に関する委託事業報告書
- 6) 下山晴平・石神智生(2017)オビスギ密度試験地40年の成果、フォレストコンサル147、49-63
- 7) 近畿中国森林管理局(2019)植栽本数密度による林分構造変化及び材質試験中間報告
- 8) 立花敏・駒木貴彰・石橋聡・八坂通泰(2011)カラマツ人工林経営の施業と収支との関係、カラマツ資源の循環利用をめざして－新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業成果集－、森林総合研究所・北海道立総合研究機構林協試験場・林産試験場、19-20
- 9) 宮崎南部森林管理署(2018)林分密度試験地資料
- 10) 八坂通泰・山田健四・滝谷美香・中川昌彦・大野泰之(2011)カラマツ人工林における効率的施業モデルの提案、カラマツ資源の循環利用をめざして－新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業成果集－、森林総合研究所・北海道立総合研究機構林協試験場・林産試験場、15-16
- 11) 堂園理一郎・藤原昭博(2016)低密度植栽で造成されたスギ・ヒノキの標準伐期齢を超えた林分の林分構造及び材質（幹形・強度）調査結果について、平成27年度森林・林業交流研究発表会集録（近畿中国森林管理局）、30-37
- 12) 青森県産業技術センター林業研究所(2019)青森県版スギ低コスト施業技術指針
- 13) 小谷英司・平田泰雅・都築伸行・門田春夫・弘田孝行・松本剛史(2006)奥足川山ヒノキ人工林収穫試験地の調査結果、森林総合研究所四国支所年報47、25-26
- 14) 福地晋輔・吉田茂二郎・溝上展也・村上拓彦・加治佐剛・太田徹志・長島啓子(2011)低コスト林業に向けた植栽密度の検討－オビスギ植栽密度試験地の結果から－、日本森林学会誌93、303-308
- 15) 上野文明・矢本智之(2019)低密度植栽のスギの木材強度をはかる、低コスト再造林に役立つ"下刈り省略手法"アラカルト、20-21

低密度植栽や低コスト再造林に関する刊行物等

◆ 森林づくりの新たな技術（林野庁）

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/houkoku.html>

上記のウェブページ内に、以下の資料も掲載されています。

「スギ・ヒノキ・カラマツにおける低密度植栽のための技術指針」

「低密度植栽技術導入のための事例集」

「低密度植栽で低コストで効率的な再造林を目指す！」

（初版：令和2年3月発行、改訂版：令和3年2月発行）

◆ 低コスト再造林への挑戦——貫作業システム・コンテナ苗と下刈り省力化—

（編著者：中村松三・伊藤哲・山川博美・平田令子、出版社：日本林業調査会、

初版：令和元年8月発行、定価：2,200円＋税）

◆ 植える本数を減らしてみませんか（北海道立林業試験場、平成18年2月発行）

<https://www.hro.or.jp/list/forest/research/fri/kanko/fukyu/pdf/cd-ueru.pdf>

◆ ここまでやれる再造林の低コスト化—東北地域の挑戦—

（国立研究開発法人 森林総合研究所東北支所、平成28年2月発行）

https://www.ffpri.affrc.go.jp/thk/business/arc/past_info/documents/3rd-chuukiseika33.pdf

◆ 青森県版 スギ低コスト施業技術指針

（青森県産業技術センター 林業研究所、平成31年3月発行）

https://www.aomori-itc.or.jp/docs/2019040400037/files/H30sugi_lowcost_manual.pdf

◆ 低コスト再造林に役立つ“下刈り省略手法”アラカルト

（国立研究開発法人 森林総合研究所東北支所、平成31年3月発行）

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/documents/4th-chuukiseika22.pdf>

◆ 新たな再造林の手引き（島根県、平成28年9月発行）

https://www.pref.shimane.lg.jp/industry/norin/ringyo/shubatsu_saizourin/index.data/saizourin-tebiki.pdf

◆ 新たな再造林の手引き（森林再生モデル編）～森林経営で収入を得るために～

（島根県、令和2年7月発行）

https://www.pref.shimane.lg.jp/industry/norin/ringyo/shubatsu_saizourin/index.data/saiseimoderu.pdf

◆ 岩手県低コスト再造林事例集（岩手県農林水産部森林整備課、平成26年12月発行）

https://www.pref.iwate.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/008/317/2612_low_cost.pdf

◆ 2000本植栽育苗林技術体系（広島県、平成28年3月発行）

<https://www.pref.hiroshima.lg.jp/soshiki/86/ikurin.html>

5. 早生樹利用による森林整備手法追跡調査

5-1. 調査概要

令和3（2021）年度は、早生樹調査で調査したセンダン植栽地3箇所のうち3箇所、コウヨウザン植栽地8箇所のうち3箇所、合計6箇所の実証植栽地において追跡調査を実施した。

追跡調査は、植栽木の成長休止期にあたる10～12月に行った。具体的な調査項目は表5-1のとおりである。

表 5-1 調査項目

樹種	調査項目
センダン	1. 植栽密度別・植栽立地別のセンダンの生存率及び成長状況 2. 各調査プロットの林況写真の撮影 3. 令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した施業についての聞き取り調査
コウヨウザン	1. 苗齢別・植栽立地別のコウヨウザンの生存率及び成長状況 2. 防除処理別のノウサギによる被害状況 3. 各調査プロットの林況写真の撮影 4. 令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した施業についての聞き取り調査

【調査項目（センダン）】

①植栽密度別・植栽立地別のセンダンの生存率及び成長状況

早生樹調査で植栽密度別・植栽立地に設置した調査プロット内のセンダンについて、生育状況、樹高、地際直径、胸高直径（計測可能な場合）等を記録した。また、センダンに獣虫害や病害、気象害等が発生していた場合は記録した。

調査で得られたデータを植栽密度ごと・植栽立地ごとに整理し、センダンの植栽に適した植栽密度や植栽立地について検証した。

②各調査プロットの林況写真の撮影

それぞれの調査プロットについて、早生樹調査で撮影を行った場所と同じ場所で写真撮影を行った。

③令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した施業についての聞き取り調査

各実証植栽地の森林所有者等に聞き取り調査を実施し、令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度において実施した施業の内容やかかった人工（コスト）等についての情報を収集した。

【調査項目（コウヨウザン）】

① 苗齢別・植栽立地別のコウヨウザンの生存率及び成長状況

早生樹調査で苗齢別・植栽立地別に設置した調査プロット内のコウヨウザンについて、生育状況、樹高、地際直径、胸高直径（計測可能な場合）等を記録した。また、植栽木に獣虫害や病害、気象害等が発生していた場合は記録した。

調査で得られたデータを苗齢ごと・植栽立地ごとに整理し、コウヨウザンの植栽に適した苗木の苗齢や植栽立地について検証した。

② 防除処理別のノウサギによる被害状況

早生樹調査では、コウヨウザンのノウサギ被害に対する防除手法を検討するため、ノウサギ被害が確認された広島県北広島町と宮崎県宮崎市の2つの実証植栽地において、令和元（2019）年7月に忌避剤（写真 5-1）を散布した調査プロット（以下「忌避剤区」）と単木防護資材（写真 5-2）を設置したプロット（以下「単木防護区」）の2つの調査プロットを新たに設置し、植栽直後から調査していたプロットを対照区（以下「無処理区」）とした。

これらの調査プロット内のコウヨウザンの生存率や成長状況、またノウサギ被害の発生状況を記録して防除資材区別に整理し、どの防除資材がノウサギ被害に対して有効であるか検証した。また、ノウサギ被害の発生状況を記録するにあたり、被害の有無だけでなく、被害の発生部位（主軸かそれ以外か）や、被害を受けた箇所直径や地面からの高さについても記録した。

③ 各調査プロットの林況写真の撮影

それぞれの調査プロットについて、早生樹調査で撮影を行った場所と同じ場所で写真撮影を行った。

④ 令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施した施業についての聞き取り調査

各実証植栽地の森林所有者等に聞き取り調査を実施し、令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度において実施した施業の内容やかかった人工（コスト）等についての情報を収集した。

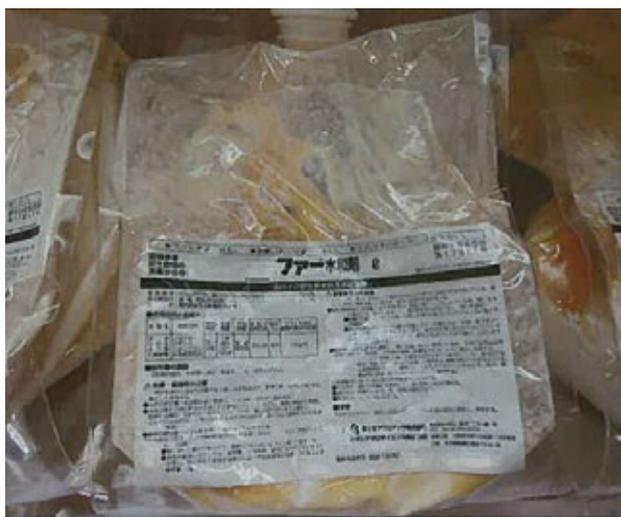


写真 5-1 実証植栽地で使用した忌避剤（左、コニファー水和剤）と散布の状況（右）



写真 5-2 実証植栽地で使用した単木防護資材（ジュウガードS）

5-2. センダン実証植栽地における追跡調査結果

早生樹調査で平成 29(2017)年度にセンダンを植栽した実証植栽地 2 箇所(熊本県天草市、宮崎県宮崎市)、平成 30(2018)年度にセンダンを植栽した実証植栽地 1 箇所(愛知県豊田市)の全 3 箇所の実証植栽地(表 5-2、図 5-1)について、令和 3(2021)年度に追跡調査を実施した。調査結果を以下に示す。

表 5-2 センダン実証植栽地の一覧

No	実証植栽地	苗種	植栽年度	植栽密度 (本/ha)	植栽面積 (ha)	植栽本数 (本)	R3 下刈	R3 芽かき
1	愛知県豊田市 (民有林)	センダン 裸苗	H30 (2018)	400	0.42	168	—	8月
2	熊本県天草市 (民有林)	センダン 裸苗	H29 (2017)	400	0.16	56	—	—
				200	0.29	49		
3	宮崎県宮崎市 (国有林)	センダン 裸苗	H29 (2017)	400	0.29	100	9月	—
				200	0.25	60		

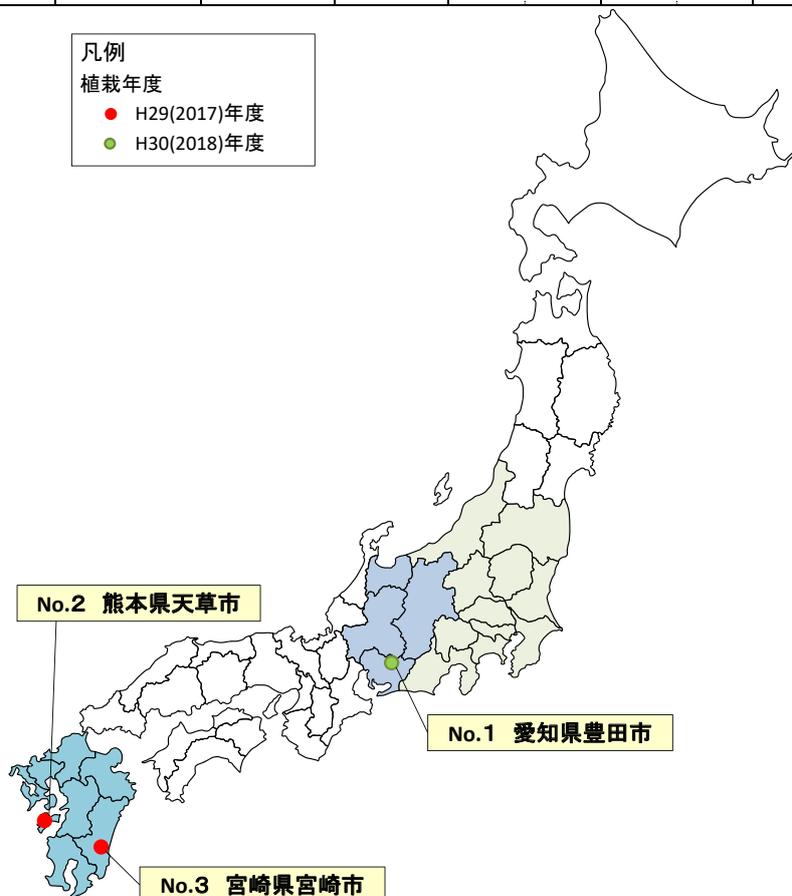


図 5-1 センダン実証植栽地の位置図

5-2-1. 愛知県 豊田市（センダン）（No.1）

（1）実証植栽地の概要

愛知県豊田市のセンダン実証植栽地の概要を表 5-3 及び図 5-2 に示す。

平成 30（2018）年 12 月 19～20 日に、愛知県豊田市小渡町の 0.42ha の耕作放棄地にセンダンを密度 400 本/ha で植栽した。なお、耕作放棄前は水田及び桑畑で、耕作をやめてから 20 年程度経過している。

本植栽地はシカ対策のため防鹿柵（ネットタイプ）が設置されているが、一部が破損して内部にシカやイノシシ等が侵入している。

表 5-3 実証植栽地の概要（愛知県豊田市センダン）

実証植栽地	愛知県豊田市小渡町			
苗木種	センダン 裸苗			
植栽密度	400 本/ha			
試験処理区 （立地環境）	畑跡地	水田跡地 （排水路あり）	水田跡地 （排水路なし）	合計
植栽面積	0.19ha	0.12ha	0.11	0.42ha
植栽本数	89 本	48 本	31 本	168 本
気温/ 降水量	13.5℃（平均気温） / 1470.4mm（年降水量） （気象観測所「豊田」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	381～394m / 0° / 平坦地 （N35° 13.945'、E137° 22.609'）			
森林所有者	個人			
植栽実施者	豊田森林組合			
植栽日	平成 30（2018）年 12 月 19,20 日			
備考	防護柵（ネット）あり			

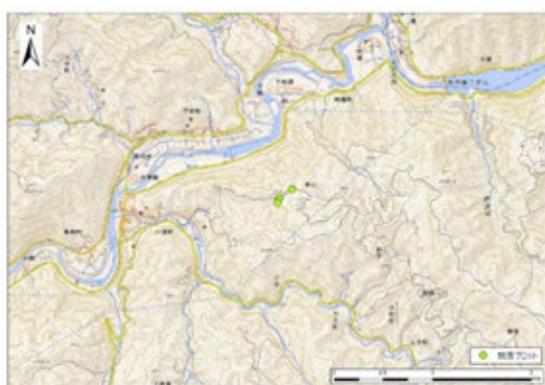


図 5-2 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 12 月）
（愛知県豊田市センダン）

(2) 調査プロットの概要

調査プロットの概要を図 5-3 及び表 5-4 に示す。実証植栽地を畑跡地と水田跡地に大きく分けた上で、水田跡地については排水路を設けた箇所と設けない箇所に分けた。さらに排水路を設けない箇所については、畔の上に植栽した箇所と水田内に植栽した箇所に分けた。

4つに分類した植栽地 (①畑跡地、②水田跡地 (排水路あり)、③水田跡地 (排水路なし・畔上)、④水田跡地 (排水路なし・田内)) のそれぞれに調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計 106 本 (①40 本、②35 本、③15 本、④16 本) について調査した。

なお、令和 2 (2020) 年度は調査を実施していない。

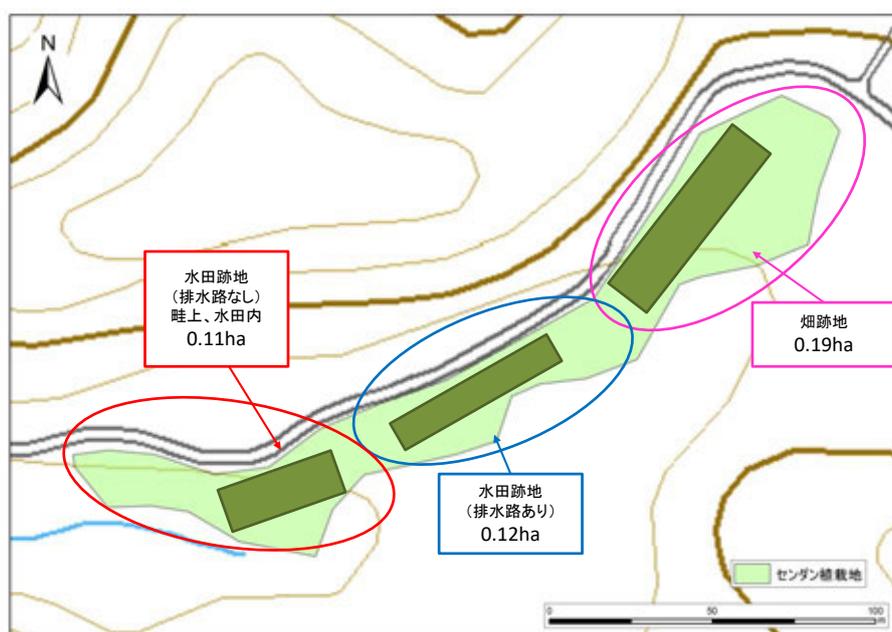


図 5-3 設定した調査プロット (愛知県豊田市センダン)

表 5-4 調査プロットの概要 (愛知県豊田市センダン)

試験処理区	プロット面積	調査本数	備考
①畑跡地	0.09ha	40 本	
②水田跡地 (排水路あり)	0.08ha	35 本	
③水田跡地 (排水路なし・畔上)	0.11ha	16 本	同一調査プロット内に、交互に植栽されている
④水田跡地 (排水路なし・田内)		15 本	
合計		106 本	

本実証植栽地における、植栽から令和3（2021）年度までに実施された施業の内容と実施時期を表5-5に示す。令和3（2021）年度については、春芽かき及び下刈りは実施されず、夏芽かきのみ実施されている。

表 5-5 施業の実施状況（愛知県豊田市センダン）

年度	施業内容	実施時期
平成30（2018）年度	植栽	12月
令和元（2019）年度	春芽かき	6月
	夏芽かき	8月
	下刈り	8月
令和2（2020）年度	春芽かき	5月
	夏芽かき	8月
	下刈り	9月
令和3（2021）年度	夏芽かき	8月

（3）各調査プロットにおける立地環境の違い

各調査プロットの状況を以下に示す。調査プロット間で、特に土壌水分の状況が大きく異なっており、場所によっては滞水が発生していた。

①畑跡地は、チカラシバ等の草本類が地表を覆っており、滞水は発生していなかった（写真5-3）。②水田跡地（排水路あり）は、排水路の近くでは滞水が見られなかったものの、排水路から少し離れた場所などでは部分的に滞水が発生していた（写真5-4）。③水田跡地（排水路なし・畔上）は、滞水は発生していなかったものの、周囲が過湿な環境だった（写真5-5）。④水田跡地（排水路なし・田内）は、他の調査プロットと比較して生育している雑草木が顕著に少なく、頻繁に滞水が発生している状況であることが推察された（写真5-6）。



写真 5-3 ①畑跡地の状況（愛知県豊田市センダン、令和3（2021）年12月）



写真 5-4 ②水田跡地（排水路あり）の状況
（愛知県豊田市センダン、令和3（2021）年12月）



写真 5-5 ③水田跡地（排水路なし・畔上）の状況
（愛知県豊田市センダン、令和3（2021）年12月）



写真 5-6 ④水田跡地（排水路なし・田内）の状況
（愛知県豊田市センダン、令和3（2021）年12月）

(4) 植栽立地別のセンダンの生存率と令和3（2021）年度における生育状況

植栽直後（平成30（2018）年12月）から令和3（2021）年12月までのセンダンの生存率を図5-4に示す。

①畑跡地は植栽後の枯死がほとんど見られず、令和3（2021）年度の生存率は95%と高い値を示した。一方でそれ以外の3つ（②水田跡地（排水路あり）、③水田跡地（排水路なし・畔上）、④水田跡地（排水路なし・田内））については、植栽1年後の令和元（2019）年度には生存率が大きく低下しており、②水田跡地（排水路あり）と④水田跡地（排水路なし・田内）では生存率が3割以下だった。

生存率が低くなった②水田跡地（排水路あり）と④水田跡地（排水路なし・田内）は、滞水が発生する等過湿な環境にあり（写真5-4及び写真5-6）、植栽直後のセンダンが過湿な環境下で根腐れ等を起こして枯死したと考えられる。

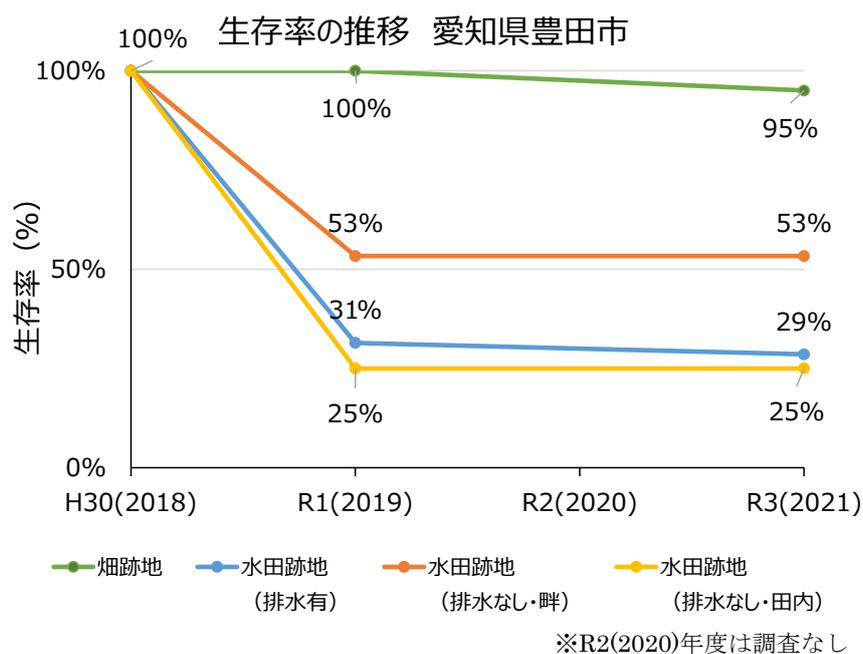


図 5-4 植栽立地別のセンダンの生存率（愛知県豊田市センダン）

次に、令和3（2021）年度におけるセンダンの生育状況を図5-5及び写真5-7に示す。

本植栽地は周囲に防鹿柵（ネットタイプ）が設置されているが、一部が破られてシカが侵入しており、令和3（2021）年度の調査ではシカによるセンダンへの被害が確認されている。特に多いのは畑跡地におけるセンダンの樹皮への被害であり、生存しているセンダンのうち約6割に角研ぎや剥皮の跡が確認された。また、一部のセンダンにこぶ病やゴマダラカミキリによる食害の跡も確認されている（写真5-7）。

畑跡地にシカの被害が集中した要因として、滞水が発生しておらずシカが歩き回りがやすかったことや、畑跡地のセンダンが角研ぎのしやすい太さであったこと等が考えられる。このような樹皮被害は、センダンの材としての価値を落とす可能性がある。そのため、シカの生息が確認される地域にセンダンを植栽する場合は、スギ等の造林木の場合と同じように防鹿柵を設置し、また柵の破損が無いか定期的に見回る必要があることが分かった。

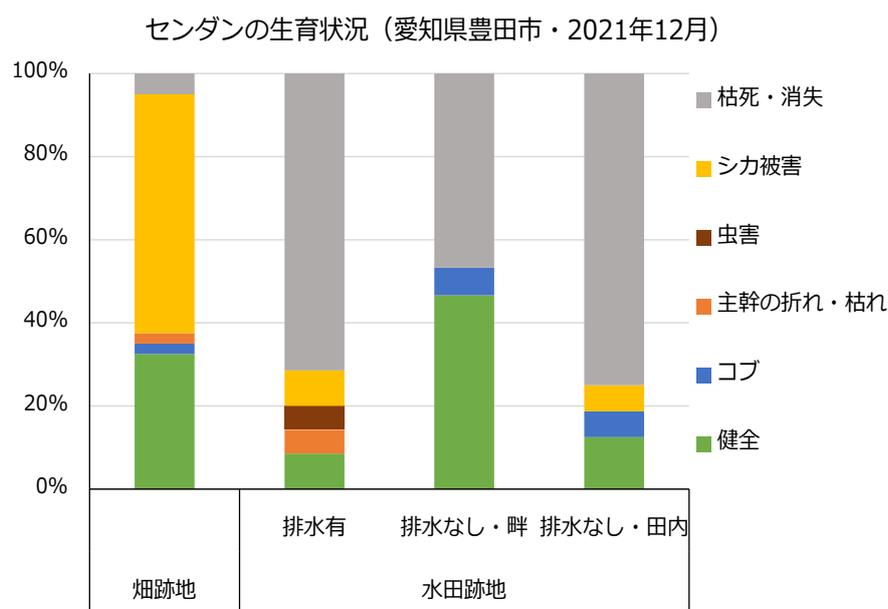


図 5-5 センダンの生育状況（愛知県豊田市センダン、令和3（2021）年12月）



シカによる樹皮への被害の跡
(①畑跡地)



樹皮への被害で枯死したセンダン
(③水田跡地・排水路なし・畔上)



こぶ病に罹患したセンダン
(③水田跡地・排水路なし・畔上)



ゴマダラカミキリによる食害の跡
(②水田跡地・排水路あり)

写真 5-7 センダンの被害状況 (愛知県豊田市センダン、令和3 (2021) 年12月)

(5) 植栽立地別のセンダンの成長状況

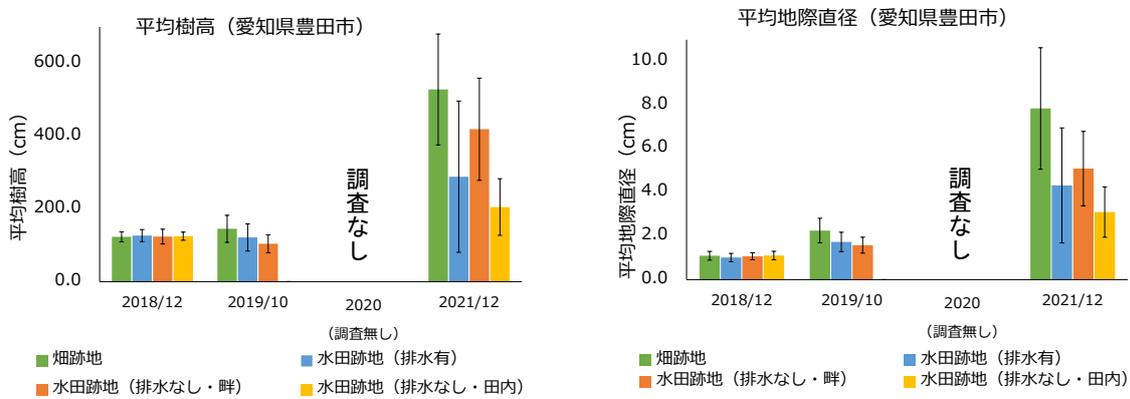
植栽直後（平成 30（2018）年 12 月）から令和 3（2021）年 12 月までの植栽木の成長状況は表 5-6 及び図 5-6 のとおりである。

令和 3（2021）年度における植栽木の平均樹高は、①畑跡地で 528.4cm、②水田跡地（排水路あり）で 288.6cm、③水田跡地（排水路なし・畔上）で 419.1cm、④水田跡地（排水路なし・田内）で 205.3cm となり、①畑跡地で最も大きく、次いで③水田跡地（排水路なし・畔上）で大きくなる結果となった。一方で、②水田跡地（排水路あり）及び④水田跡地（排水路なし・田内）については、植栽から 3 成長期が経過しても平均樹高が 3 m を超えておらず、成長が非常に遅いことが分かった。また、植栽木の地際直径、胸高直径についても同様に、①畑跡地で最も大きい結果となった。

以上の結果を生存率のデータと合わせると、センダンの植栽に最も適しているのは畑跡地であることが分かった。一方で水田跡地については、②水田跡地（排水路あり）及び④水田跡地（排水路なし・田内）は生存率・成長量ともに低く、センダンの植栽には適さなかった。③水田跡地（排水路なし・畔上）については、成長量は比較的良好だったものの、生存率が 5 割近くまで低下していた（図 5-4）ことを考えると、センダンの植栽に適しているとは言えない状況だった。

表 5-6 植栽立地別のセンダンの成長状況（愛知県豊田市センダン）

調査プロット	調査項目 (平均値)	平成 30(2018)年 12 月 27 日	令和元(2019)年 10 月 10 日	令和 3 (2021)年 12 月 14-15 日
①畑跡地	樹高(cm)	123.3±13.6	145.5±37.3	528.4±152.3
	地際直径(cm)	1.1±0.2	2.2±0.6	7.8±2.8
	胸高直径(cm)			5.3±2.2
	形状比	114.7±14.8	65.8±14.6	69.4±11.5
②水田跡地 (排水路あり)	樹高(cm)	126.8±16.7	121.6±37.4	288.6±207.9
	地際直径(cm)	1.0±0.2	1.7±0.4	4.3±2.6
	胸高直径(cm)			3.1±2.1
	平均形状比	127.3±17.3	73.9±27.9	62.6±18.0
③水田跡地 (排水路なし・ 畦上)	樹高(cm)	124.1±20.4	104.2±24.5	419.1±140.5
	地際直径(cm)	1.1±0.2	1.6±0.4	5.1±1.7
	胸高直径(cm)			3.4±1.2
	形状比	117.1±21.3	67.3±16.2	84.2±17.6
④水田跡地 (排水路なし・ 田内)	樹高(cm)	125.1±11.3		205.3±77.7
	地際直径(cm)	1.1±0.2	全て枯死と判断	3.1±1.2
	胸高直径(cm)			2.0±0.8
	形状比	115.4±16.4		66.9±6.9



※2019/10の「水田跡地（排水なし・田内）」は、全て枯死と判定したためデータなし

図 5-6 植栽立地別のセンダンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
（愛知県豊田市センダン）

（6）植栽から令和3（2021）年度までの施業内容及び人工数

令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に本実証植栽地で実施された施業内容及び人工数（ヘクタールあたり）を森林所有者から聞き取り、早生樹調査における結果と合わせて整理した（表5-7）。

なお下刈りや芽かきの人工数（ヘクタールあたり）については、令和元（2019）年度については作業にかかった時間を直接計測して算出しており、令和2（2020）年度以降と単純に比較ができないことに注意が必要である。

本実証植栽地においては、雑草の繁茂が比較的少ないことや植栽後も丁寧に管理されている等の理由により、令和3（2021）年度の下刈りは実施しなくともよい状態だった。

表 5-7 植栽から令和3（2021）年度までの施業内容及び人工数（愛知県豊田市センダン）

植栽密度	植栽年度 H30(2018)	2年目 R1(2019)			3年目 R2(2020)			4年目 R3(2021)	合計
	植栽	春芽かき	下刈り	夏芽かき	春芽かき	下刈り	夏芽かき	夏芽かき	
400本/ha	9.3	2.1	5.0	0.9	1.2	5.8	1.2	1.2	26.7

※表中の数値は、ヘクタールあたり人工数（人日/ha）

※赤字は、森林所有者へ聞き取り調査を実施して算出した人工数

(7) 林況写真 (愛知県豊田市センダン)

① 畑跡地

 <p>畑跡地の状況 (平成 30(2018)年 12 月)</p>	 <p>畑跡地の状況 (令和元(2019)年 10 月)</p>
 <p>畑跡地の状況 (令和 3 (2021) 年 12 月)</p>	 <p>畑跡地のセンダン (令和 3 (2021) 年 12 月)</p>

写真 5-8 畑跡地の状況 (愛知県豊田市センダン)

② 水田跡地 (排水路あり)

 <p>水田跡地 (排水路あり) の状況 (平成 30(2018)年 12 月)</p>	 <p>水田跡地 (排水路あり) の状況 (令和元(2019)年 10 月)</p>
---	--



写真 5-9 水田跡地（排水路あり）の状況（愛知県豊田市センダン）

③水田跡地（排水路なし・畔上）及び④水田跡地（排水路なし・田内）



写真 5-10 水田跡地（排水路なし）の状況（愛知県豊田市センダン）

5-2-2. 熊本県 天草市（センダン）（No.2）

（1）実証植栽地の概要

熊本県天草市のセンダン実証植栽地の概要を表 5-8 及び図 5-7 に示す。

平成 30（2018）年 1 月 22 日に、熊本県天草市新和町の 0.45ha の耕作放棄地に、センダンを密度 200 本/ha と 400 本/ha で植栽した。なお、耕作放棄前はサツマイモが作られており、植栽前はクズとともに樹高 3～4 m 程度で樹齢 5～8 年生程度のアカメガシワやクサギ等が一部に侵入し、藪状になっていた（写真 5-11）。また、植栽地の周囲にはミカン畑が広がっている。

表 5-8 実証植栽地の概要（熊本県天草市センダン）

実証植栽地	熊本県天草市新和町碓石		
苗木種	センダン 裸苗		
植栽密度	200 本/ha	400 本/ha	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	15.4℃（平均気温） / 2106.3mm（年降水量） （気象観測所「本渡」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	200 本/ha： 215m / 3° / N（32° 22.809'、130° 09.069'） 400 本/ha： 215m / 0° / -（32° 22.770'、130° 09.026'）		
森林所有者	個人		
植栽実施者	株式会社 祐翔開発		
植栽日	平成 30（2018）年 1 月 22 日		



図 5-7 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 11 月）
（熊本県天草市センダン）



写真 5-11 センダン植栽前に定着していたクサギ（左） ヤクズ（右）
（熊本県天草市センダン）

（2）調査プロットの概要

調査プロットの概要を図 5-8 に示す。実証植栽地 0.45ha のうち、0.29ha に植栽密度 200 本/ha 区（プロット①）、0.16ha に植栽密度 400 本/ha 区（プロット②）を設け、植栽密度によるセンダンの生育状況の違いが比較できるように植栽地を設定した。実証植栽地 0.45ha の全域を調査対象とし、200 本/ha 区内の 49 本、400 本/ha 区内の 56 本、合計 105 本のセンダンを調査対象木とした（表 5-9）。

なお、令和 2（2020）年度は調査を実施していない。

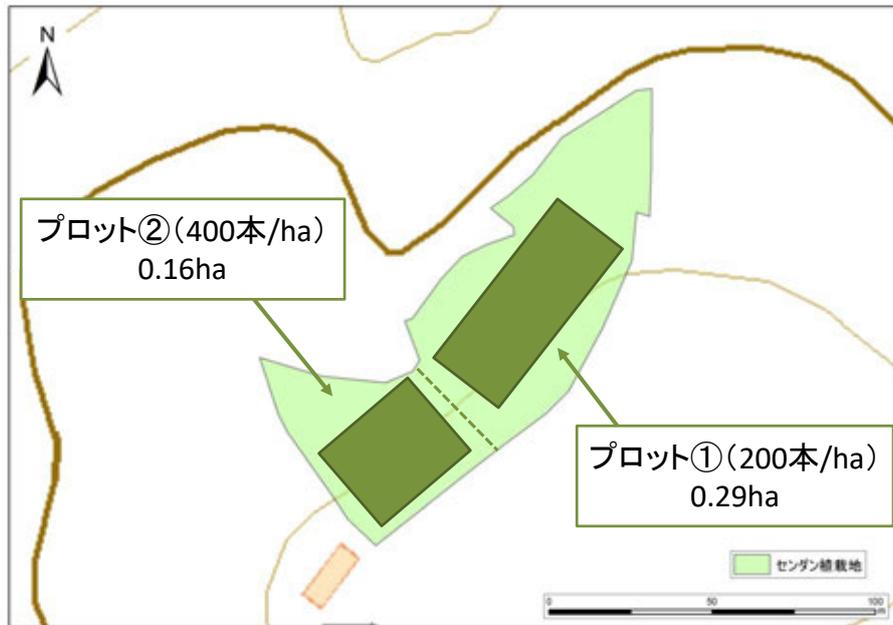


図 5-8 設定した調査プロット（熊本県天草市センダン）

表 5-9 調査プロットの概要（熊本県天草市センダン）

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

本実証植栽地における、植栽から令和 3（2021）年度までに実施された施業の内容と実施時期を表 5-10 に示す。

本植栽地はセイタカアワダチソウやクズ等の雑草木の繁茂が激しく、令和元（2019）年 6 月の下刈り（1 回目）の 2 週間後に試験的に除草剤が散布された。また 11 月の下刈り（2 回目）の際には、雑草木の繁茂が激しかったため人力での下刈りは困難と判断し、重機による下刈りを実施したが、激しく繁茂する雑草木に覆われ視認できなかったセンダんに誤伐が発生した。その後、誤伐したセンダンについては台切りにより萌芽更新を促すとともに、センダンが消失していた場所に誤伐した本数分のセンダンを新たに補植した。

なお、令和 2（2020）年度及び令和 3（2021）年度については施業が実施されていない。

表 5-10 施業の実施状況（熊本県天草市センダン）

年度	施業内容	実施時期
平成 29（2017）年度	植栽	1 月
平成 30（2018）年度	下刈り	8 月
	夏芽かき	8 月
令和元（2019）年度	春芽かき	4 月
	下刈り 1 回目	6 月
	除草剤散布	6 月
	夏芽かき	7 月
	下刈り 2 回目	11 月
	台切り・補植	12～1 月
令和 2（2020）年度	施業なし	
令和 3（2021）年度	施業なし	

(3) 植栽密度別のセンダンの生存率と令和3（2021）年度における生育状況

植栽直後（平成30（2018）年1月）から令和3（2021）年11月までのセンダンの生存率を図5-9に示す。なお、令和元（2019）年度に誤伐された個体のうち、その後萌芽再生した個体は生存木としてカウントしている。また、令和元（2019）年度に新たに補植した個体は生存木としてカウントしていない。

植栽密度別に比較すると、200本/ha区に比べて400本/ha区で生存率が大きく減少している。この要因として、400本/ha区でセイタカアワダチソウ等の雑草木の繁茂が激しく、センダンが被圧されたことが大きく影響したと考えられる。

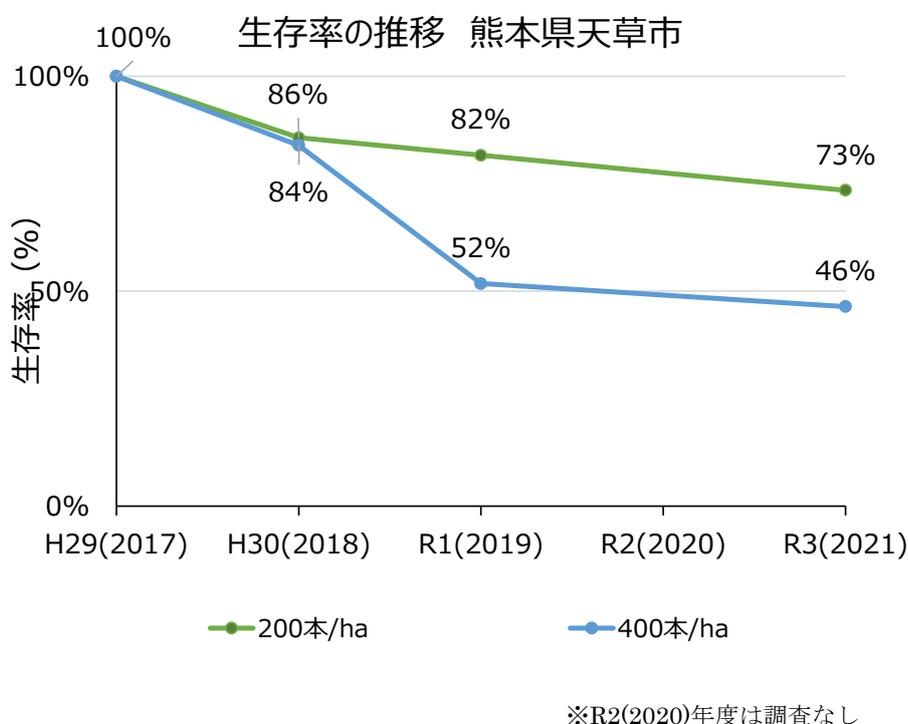


図 5-9 植栽密度別のセンダンの生存率（熊本県天草市センダン）

次に、令和3（2021）年度におけるセンダンの生育状況を図5-10及び写真5-12に示す。

本実証植栽地は令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に下刈り等の施業が実施されておらず、令和3（2021）年11月の調査では雑草木が激しく繁茂している状況が確認された。特に、つる植物であるクズがセンダンに大きな影響を与えており、クズに巻き付かれたセンダンは倒伏や主幹の変形（写真5-12左）等の被害が確認された。また、被害が見られなかったセンダンも、クズに巻き付かれて強く被圧されている状況だった（写真5-12右）。

センダンは成長が早いため、雑草木群落から早期に抜け出せる可能性がある。一方で、本実証植栽地のように耕作を放棄してから長年経過しているような耕作放棄地では、クズ等の雑草木の根系が地下部に大量に蓄積されており、下刈りを終了すると一斉に繁茂してセンダンに大きな被害を与えてしまうことが分かった。

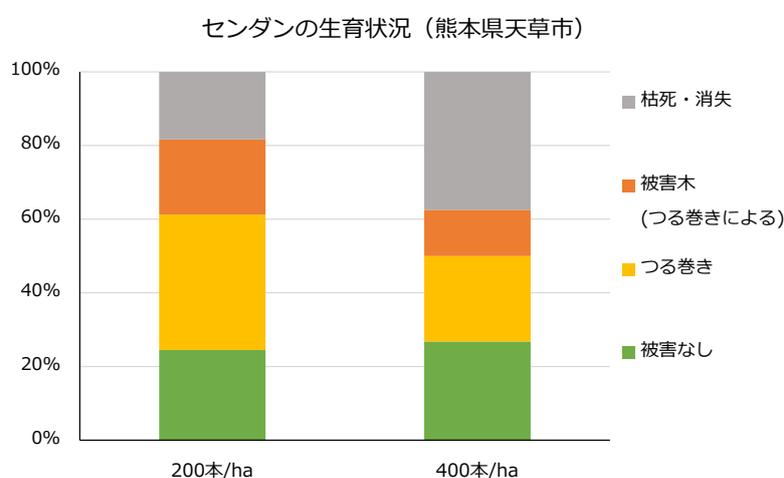


図5-10 植栽密度別のセンダンの生育状況
（熊本県天草市センダン、令和3（2021）年11月）



写真5-12 クズに巻き付かれ主幹の変形（左）や被圧（右）の被害を受けているセンダン
（熊本県天草市センダン、200本/ha区、令和3（2021）年11月）

(4) 植栽密度別のセンダンの成長状況の違い

植栽直後（平成 30（2018）年 1 月）から令和 3（2021）年 11 月までのセンダンの成長状況は表 5-11 及び図 5-11 のとおりである。

令和 3（2021）年度における植栽木の平均樹高は、200 本/ha 区で 376.0cm、400 本/ha 区で 290.8cm となった。また植栽木の平均地際直径は、200 本/ha 区で 7.8cm、400 本/ha 区で 5.9cm となり、どちらも 200 本/ha 区の方が大きくなった。なお、植栽密度間の成長の差は植栽から 1 成長期が経過した平成 30（2018）年 10 月の時点で生じているが、少なくともこの時点で植栽密度が成長に影響しているとは考えにくい。そのため生存率と同様に、セイタカアワダチソウ等の雑草木による被圧が要因と考えられる。

表 5-11 植栽密度別のセンダンの成長状況（熊本県天草市センダン）

調査プロット	調査項目 (平均値)	H30(2018)年 1月29日	H30(2018)年 10月18日	R1(2019)年 11月21-22日	R3(2021)年 11月12日
200 本/ha	樹高(cm)	110.0±15.5	142.3±43.2	275.2±70.0	376.0±166.5
	地際直径(cm)	1.1±0.3	2.1±0.7	4.7±1.2	7.8±3.7
	胸高直径(cm)				5.8±2.6
	形状比	101.4±25.1	66.2±15.1	55.8±7.4	52.1±17.2
400 本/ha	樹高(cm)	102.1±10.2	109.7±33.7	165.9±34.6	290.8±96.9
	地際直径(cm)	1.3±0.4	1.6±0.3	3.1±0.6	5.9±3.1
	胸高直径(cm)				4.2±2.2
	形状比	83.5±19.5	68.6±21.7	53.6±8.1	58.1±22.8

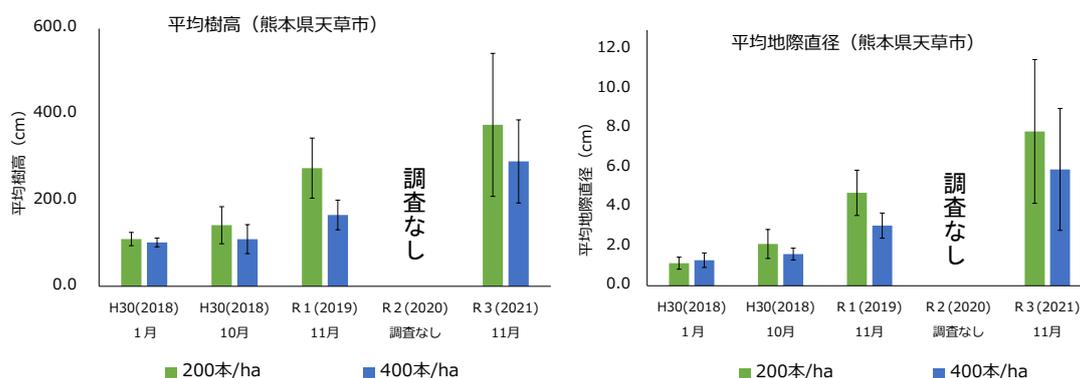


図 5-11 植栽密度別センダンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
（熊本県天草市センダン）

(5) 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数

令和2(2020)年度及び令和3(2021)年度に実施された施業内容及び人工数(ヘクタールあたり)を森林所有者等から聞き取り、過年度における調査結果と合わせて整理した(表5-12)。なお、本実証植栽地では、令和2(2020)年度及び令和3(2021)年度の施業は実施されていない。

表 5-12 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数
(熊本県天草市センダン)

植栽密度	植栽年度 H29(2017)	2年目 H30(2018)		3年目 R1(2019)					4年目 R2(2020)	5年目 R3(2021)	合計
	植栽	下刈り	夏芽 かき	春芽 かき	6月 下刈り	除草剤	夏芽 かき	11月 下刈り	施業 なし	施業 なし	
200本/ha	4.4	9.3	1.0	1.3	4.1	0.4	0.5	4.3			施業 なし
400本/ha	8.7	10.2	0.6	2.3	9.1	0.6	0.9	7.6	40.0		

※表中の数値は、ヘクタールあたり人工数(人日/ha)

※赤字は、森林所有者へ聞き取り調査を実施した結果

(6) 林況写真 (熊本県天草市センダン)

①200本/ha区

 <p>200本/ha区 (平成30(2018)年1月)</p>	 <p>200本/ha区 (平成30(2018)年10月)</p>
 <p>200本/ha区 (令和元(2019)年11月)</p>	 <p>200本/ha区 (令和3(2021)年11月)</p>
 <p>一面がクズに覆われている区域 (200本/ha区、令和3(2021)年11月)</p>	 <p>クズがない場所で順調に生育したセンダン (200本/ha区、令和3(2021)年11月)</p>

写真 5-13 200本/ha区の状態 (熊本県天草市センダン)

②400本/ha区

 <p>400本/ha区（平成30(2018)年1月）</p>	 <p>400本/ha区（平成30(2018)年8月）</p>
 <p>400本/ha区（令和元(2019)年11月）</p>	 <p>400本/ha区（令和3（2021）年11月）</p>
 <p>最も成長が良かったセンダン （400本/ha区、令和3（2021）年11月）</p>	 <p>台切り後に萌芽再生したセンダン （400本/ha区、令和3（2021）年11月）</p>

写真 5-14 400本/ha区の状態（熊本県天草市センダン）

5-2-3. 宮崎県 宮崎市（センダン）（No.3）

（1）実証植栽地の概要

宮崎県宮崎市のセンダン実証植栽地の位置を表 5-13 及び図 5-12 に示す。

平成 29（2017）年 12 月 25 日に、宮崎県宮崎市高岡町の傾斜 0～30° の山の斜面 0.54ha に、センダンを密度 200 本/ha と 400 本/ha で植栽した。

なお、前生林は 66 年生のスギ、一部ヒノキ、広葉樹で、平成 28（2016）年 10 月～平成 29 年 3 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域（4.45ha）の前生林分の蓄積量は 2,880m³（647.2m³/ha）である。また、本実証植栽地はシカ対策のため防鹿柵（ネットタイプ）が設置されているが、破損して内部にシカ等が侵入している。

表 5-13 実証植栽地の概要（宮崎県宮崎市センダン）

実証植栽地	宮崎県宮崎市高岡町（国有林）			
苗木種	センダン 裸苗			
試験処理区 （植栽密度） （斜面位置）	No.1 200 本/ha 平坦～斜面下部	No.2 400 本/ha 平坦～斜面下部	No.3 400 本/ha 斜面中部	合計
植栽面積	0.25ha	0.29ha		0.54ha
植栽本数	60 本	100 本		160 本
気温/ 降水量	17.4℃（平均気温） / 2625.5mm（年降水量） （気象観測所「宮崎」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）			
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1 : 45m/0～17～30° /ENE～NW (31° 54.785'、131° 14.274') No.2 : 52m/ 18～23° /N (31° 54.769'、131° 14.313') No.3 : 75m/ 28° /N (31° 54.754'、131° 14.358')			
土壌	褐色森林土			
森林所有者	九州森林管理局			
植栽実施者	宮崎地区国有林事業協同組合			
植栽日	平成 29（2017）年 12 月 25 日			



図 5-12 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 12 月）
（宮崎県宮崎市センダン）

(2) 調査プロットの概要

調査プロットの概要を図 5-13、写真 5-15 及び表 5-14 に示す。植栽密度及び斜面位置によるセンダンの生育状況の違いを検証するため、200 本/ha・斜面下部、400 本/ha・斜面下部、400 本/ha・斜面中部の 3 プロットを設置した (図 5-13)。なお本実証植栽地は、コウヨウザン実証植栽地 (175~189 ページ) と隣接している (図 5-13 の黄色のエリア)。

それぞれ調査本数は 36 本、33 本、30 本とし、計 99 本のセンダン进行调查した (表 5-14)。なお、令和 2 (2020) 年度は調査を実施していない。

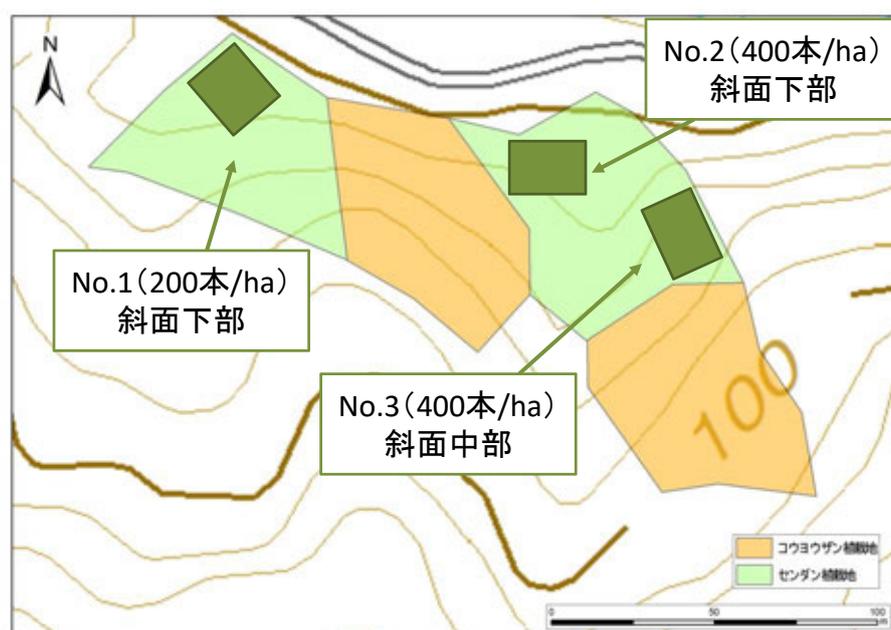


図 5-13 設定した調査プロット (宮崎県宮崎市センダン)



斜面下部

200 本/ha



斜面中部 (標高 75m)

斜面下部~平坦地
(標高 52m)

400 本/ha

写真 5-15 調査プロットの概要 (宮崎県宮崎市センダン)

表 5-14 調査プロットの概要（宮崎県宮崎市センダン）

試験処理区	プロット No.	プロット形	調査本数	備 考
200 本/ha・斜面下部	No.1	37.5×37.6m+飛地	36 本	
400 本/ha・斜面下部	No.2	29.7×28.7m+飛地	33 本	
400 本/ha・斜面中部	No.3	17.5×40.6m	30 本	
合計			99 本	

本実証植栽地における、植栽から令和 3（2021）年度までに実施された施業の内容と実施時期を表 5-15 に示す。

令和 2（2020）年度及び令和 3（2021）年度は、春芽かき及び夏芽かきは実施されず、下刈りのみ実施されている。

表 5-15 施業の実施状況（宮崎県宮崎市センダン）

年度	施業内容	実施時期
平成 29（2017）年度	植栽	12 月
平成 30（2018）年度	下刈り	8 月
	夏芽かき	9 月
令和元（2019）年度	春芽かき	5 月
	夏芽かき	9 月
	下刈り	9 月
令和 2（2020）年度	下刈り	夏期
令和 3（2021）年度	下刈り	9 月

(3) 植栽密度及び植栽立地別のセンダンの生存率と令和3（2021）年度の生育状況

植栽直後（平成30（2018）年12月）から令和3（2021）年12月までのセンダンの生存率を図5-14に示す。なお、本実証植栽地では200本/ha区、400本/ha区のどちらも隣同士のセンダンの樹冠はまだ接していないため（写真5-16）、植栽密度の影響はまだほとんどないと考えられる。

令和3（2021）年12月の調査では、200本/ha・斜面下部と400本/ha・斜面中部では生存率が8割以上だった一方で、400本/ha・斜面下部では生存率が7割以下となった。ただし400本/ha・斜面下部では、平成30（2018）年度の台風により沢沿いに植栽したセンダンが5本ほど流出しており、このことが生存率が低下した一因と考えられる。

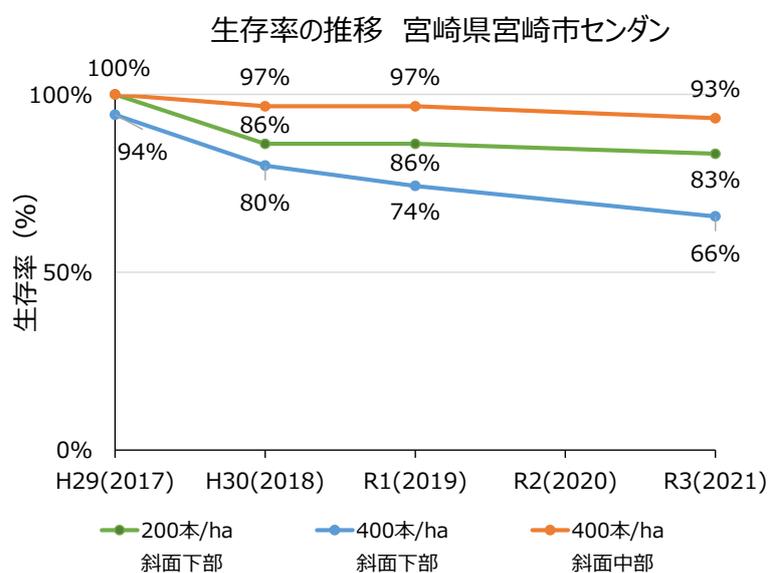


図 5-14 植栽密度及び植栽立地別のセンダンの生存率（宮崎県宮崎市センダン）



200 本/ha ・ 斜面下部

400 本/ha ・ 斜面下部

写真 5-16 樹冠閉鎖の状況（宮崎県宮崎市センダン）

次に、令和3（2021）年度における植栽木の生育状況を図5-15に示す。

斜面下部と斜面中部で比較すると、斜面中部では枯死・消失が少ない一方で、主幹が折損・枯損して根元から萌芽再生しているなど、形質不良のセンダンが多く見られた。

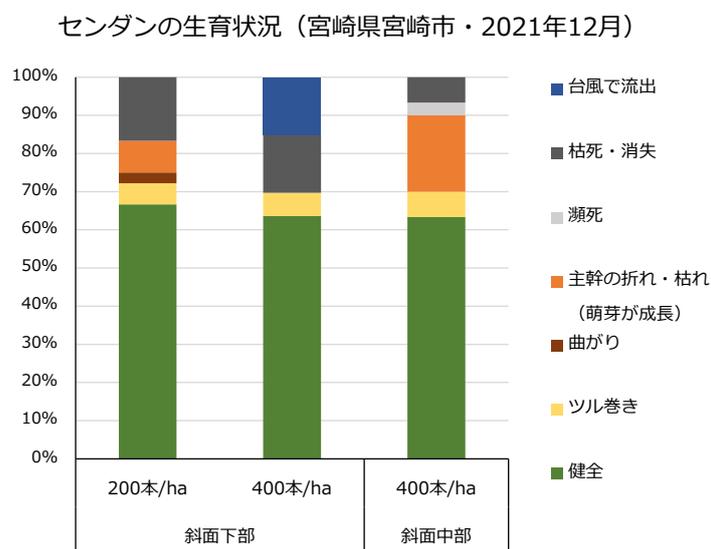


図 5-15 令和3（2021）年12月におけるセンダンの生育状況（宮崎県宮崎市センダン）

（3）植栽密度及び植栽立地別のセンダンの成長状況

植栽直後（平成29（2017）年12月）から令和3（2021）年12月までのセンダンの成長状況は表5-16及び図5-16のとおりである。なお、本実証植栽地においては写真5-16に示すように、令和3（2021）年度の時点で200本/ha、400本/haともに植栽木の樹冠同士は接していない。そのため、植栽密度の影響はまだ少ないと考えられる。

令和3（2021）年度におけるセンダンの平均樹高は、200本/ha・斜面下部で399.4cm、400本/ha・斜面下部で490.0cm、400本/ha・斜面中部で229.1cmとなり、400本/ha・斜面中部で最も小さくなった。

斜面下部と斜面中部を比較すると成長状況に大きな差があり、特に斜面中部では植栽から4成長期が経過しているにもかかわらず、平均樹高が2m程度と低かった。以上から、センダンの植栽に適しているのは斜面中部よりも斜面下部であると言える。

表 5-16 植栽密度及び植栽立地別のセンダンの成長状況（宮崎県宮崎市センダン）

調査 プロット	調査項目 (平均値)	平成 29(2017)年 12-1月	平成 30(2018)年 10月22日	令和元(2019)年 10月22-23日	令和3(2021)年 12月1日
200本/ha 斜面下部	樹高(cm)	108.3±14.1	142.8±32.9	184.5±96.1	399.4±188.6
	地際直径 (cm)	1.2±0.3	1.9±0.6	2.5±1.3	6.4±4.5
	胸高直径 (cm)				4.4±3.4
	形状比	94.2±13.8	79.1±19.4	75.2±29.6	73.8±20.9
400本/ha 斜面下部	樹高(cm)	111.3±12.4	155.6±42.2	234.4±88.5	490.0±179.8
	地際直径 (cm)	1.2±0.3	2.2±0.8	3.0±1.2	8.0±3.7
	胸高直径 (cm)				3.0±5.8
	平均形状比	92.0±16.1	73.2±15.3	78.7±13.1	66.5±14.5
400本/ha 斜面中部	樹高(cm)	112.0±18.2	126.1±42.2	166.5±55.6	229.1±91.1
	地際直径 (cm)	1.2±0.3	1.8±0.6	2.2±0.7	2.9±1.1
	胸高直径 (cm)				2.0±0.8
	形状比	97.1±26.0	74.7±31.6	76.7±17.7	79.9±17.6

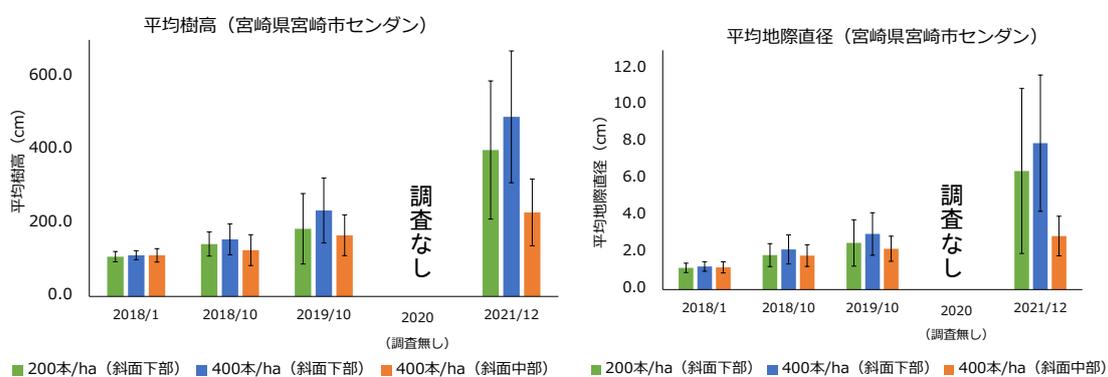


図 5-16 植栽密度及び植栽立地別のセンダンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
（宮崎県宮崎市センダン）

(4) 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数

令和2(2020)年度及び令和3(2021)年度に実施した施業内容及び人工数(ヘクタールあたり)を森林所有者から聞き取り、早生樹調査における結果と合わせて整理した(表5-17)。

なお下刈りや芽かきの人工数(ヘクタールあたり)については、令和元(2019)年度までは作業にかかった時間を直接計測して算出しており、令和2(2020)年度以降と単純に比較ができないことに注意が必要である。

また、令和2(2020)年度の下刈りについては、樹種ごとに作業を分けずにセンダン植栽地とコウヨウザン植栽地でまとめて下刈りが実施されており、センダン植栽地のみの人工数(ヘクタールあたり)を分けて算出することができなかった。令和3(2021)年度の下刈りについては、植栽密度ごとに作業を分けずにセンダン植栽地全体でまとめて下刈りが実施されており、植栽密度別の人工数(ヘクタールあたり)を算出することができなかった。

表 5-17 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数
(宮崎県宮崎市センダン)

植栽密度	植栽年度 H29(2017)	2年目 H30(2018)		3年目 R1(2019)			4年目 R2(2020)	5年目 R3(2021)	合計
	植栽	下刈り	夏芽かき	春芽かき	下刈り	夏芽かき	下刈り	下刈り	
200本/ha	6.3	6.3	0.4	0.6	9.5	0.5	(10.6)	(9.3)	43.6
400本/ha	12.7	6.0	0.6	1.0	7.3	0.8			48.2

※表中の数値は、ヘクタールあたり人工数(人日/ha)

※赤字は、森林所有者へ聞き取り調査を実施して算出した人工数

(令和2(2020)年度の下刈りは、センダン植栽地とコウヨウザン植栽地で作業を分けずにまとめて実施されている。また、令和3(2021)年度の下刈りは、植栽密度ごとに作業を分けずにセンダン植栽地でまとめて実施されている。)

(5) 林況写真 (宮崎県宮崎市センダン)

①200 本/ha・斜面下部



200 本/ha・斜面下部
(平成 29(2017)年 12 月)



200 本/ha・斜面下部
(平成 30(2018)年 10 月)



200 本/ha・斜面下部
(令和元(2019)年 10 月)



200 本/ha・斜面下部
(令和 3 (2021) 年 12 月)

写真 5-17 200 本/ha・斜面下部の状況 (宮崎県宮崎市センダン)

②400 本/ha・斜面下部



400 本/ha・斜面下部
(平成 29(2017)年 12 月)



400 本/ha・斜面下部
(平成 30(2018)年 10 月)



400 本/ha・斜面下部
(令和元(2019)年 10 月)



400 本/ha・斜面下部
(令和 3 (2021) 年 12 月)

写真 5-18 400 本/ha・斜面下部の状況 (宮崎県宮崎市センダン)

③400 本/ha・斜面中部



400 本/ha 区・斜面中部
(平成 30(2018)年 1 月)



400 本/ha 区・斜面中部
(平成 30(2018)年 10 月)



400 本/ha 区・斜面中部
(令和元(2019)年 10 月)



400 本/ha 区・斜面中部
(令和 3 (2021) 年 12 月)

写真 5-19 400 本/ha・斜面中部の状況 (宮崎県宮崎市センダン)

5-2-4. センダン実証植栽地の調査結果まとめ

【センダンの植栽密度について】

熊本県天草市及び宮崎県宮崎市の実証植栽地では、センダンを 200 本/ha と 400 本/ha の 2つの植栽密度で植栽してそれぞれ調査プロットを設置し、センダンに適した植栽密度を検証した。

令和 3（2021）年度の調査では、どちらの実証植栽地も、200 本/ha、400 本/ha とともに隣同士の植栽木の樹冠はまだほとんど接しておらず、植栽密度による植栽木への影響はほとんどないと考えられた。

なお、植栽密度間でセンダンの成長に差が見られた実証植栽地もあったが、それらの成長差は植栽の翌年といった早い段階から生じており、植栽地の雑草木の繁茂状況といった植栽密度以外の要因によると考えられる。

【センダンの植栽に適した立地環境（耕作放棄地）】

愛知県豊田市の実証植栽地では、耕作をやめてから 20 年程度経過している桑畑及び水田の跡地にセンダンを植栽して、耕作放棄地へのセンダンの植栽について検証した。なお、立地環境による生育の差を検証するため、実証植栽地を①畑跡地、②水田跡地（排水路あり）、③水田跡地（排水路なし、畔の上に植栽）、④水田跡地（排水路なし、田内に植栽）の 4つに分けてそれぞれに調査プロットを設置している。

令和 3（2021）年 12 月の調査結果では、①畑跡地に植栽したセンダンが生存率・成長量ともに良好な結果だった一方で、水田跡地に植栽したセンダンは、いずれも生存率が低下していた。特に、②水田跡地（排水路あり）及び④水田跡地（排水路なし、田内に植栽）では、植栽の 1 年後に生存率が 3 割程度まで低下しており、生き残ったセンダンも成長が良好ではなかった。

これらの生存率や成長量が低くなった調査プロットは、ところどころに滞水が発生しているなど過湿な状況に置かれていた。このことから、過湿な環境下にセンダンを植栽した場合、生育が大きく阻害されることが分かった。

熊本県天草市の実証植栽地では、サツマイモ畑の跡地にセンダンを植栽して、耕作放棄地へのセンダンの植栽について検証した。

熊本県天草市の実証植栽地では令和 2（2020）年度以降の下刈り等の施業が実施されておらず、令和 3（2021）年 11 月の調査では、調査プロット内にセイタカアワダチソウやクズなどの雑草木が繁茂しており、センダンを強く被圧していた。また、クズの巻き付きにより倒伏・折損等の被害を受けたセンダンも多く確認された。

熊本県天草市の実証植栽地のように放棄されてから長い年月が経過している耕作放棄地では、雑草木の根系が地拵え後も大量に残されており、下刈り等の管理を早期に終了すると一

齊に繁茂して植栽したセンダンに被害を与えてしまうことがある。特にクズの巻き付きは、センダンを被圧するだけでなく樹幹の変形や折損等に繋がるため、注意が必要である。

植栽前にクズ等の雑草木が繁茂していた場合は、除草剤を散布するなどして地下部に残された根系まで徹底的に除去しておくことや、植栽地を定期的に見回り、つる植物の巻き付きが見られた場合はその都度除去する等の対策を取る必要があることが分かった。

【センダンの植栽に適した立地環境（山地斜面）】

宮崎県宮崎市の実証植栽地では、山地の斜面下部と斜面中部にセンダンを植栽し、斜面位置によるセンダンの成長の違いを検証した。

植栽から約4年が経過した令和3（2021）年12月の調査では、斜面中部に植栽したセンダンは、生存率こそ比較的高かったものの、主幹が枯れて根元などから萌芽再生している個体が多く見られるなど、生育状態は良好ではなく、また植栽から4成長期が経過しているにもかかわらず平均樹高が2 m程度と、成長も非常に遅かった。一方で、斜面下部に植栽したセンダンについては、沢沿いに植栽した一部が台風の影響で流出して消失していたものの、斜面中部と比較して良好な成長状況を示していた。

以上から、山地においてセンダンの植栽に適しているのは、斜面中部よりも斜面下部であることが分かった。ただし、センダンの成長については個体差があり、同じ調査プロット内でも大きくなっていった個体からあまり成長していないような個体まで様々だった。今後は、そのような成長のばらつきがどのような要因により生じているかについても検証していく必要がある。

5-3. コウヨウザン植栽地における追跡調査結果

早生樹調査で平成 29 (2017) 年度にコウヨウザンを植栽した実証植栽地 3 箇所 (富山県立山町、広島県北広島町、宮崎県宮崎市) (表 5-18、図 5-17) について、令和 3 (2021) 年度に追跡調査を実施した。調査結果を以下に示す。

表 5-18 コウヨウザン実証植栽地の一覧

No	実証植栽地	苗種	植栽年度	植栽密度 (本/ha)	苗齢	植栽面積 (ha)	植栽本数 (本)	R3 下刈	
1	富山県立山町 (民有林)	コウヨウザン 裸苗	H29 (2017)	1,600	1	0.23	360	720	7月
					2	0.23			
2	広島県北広島町 (民有林)	コウヨウザン 裸苗	H29 (2017)	1,600	1	0.22	323	645	—
					2	0.22			
3	宮崎県宮崎市 (国有林)	コウヨウザン 裸苗	H29 (2017)	1,600	1	0.51	787	9月	

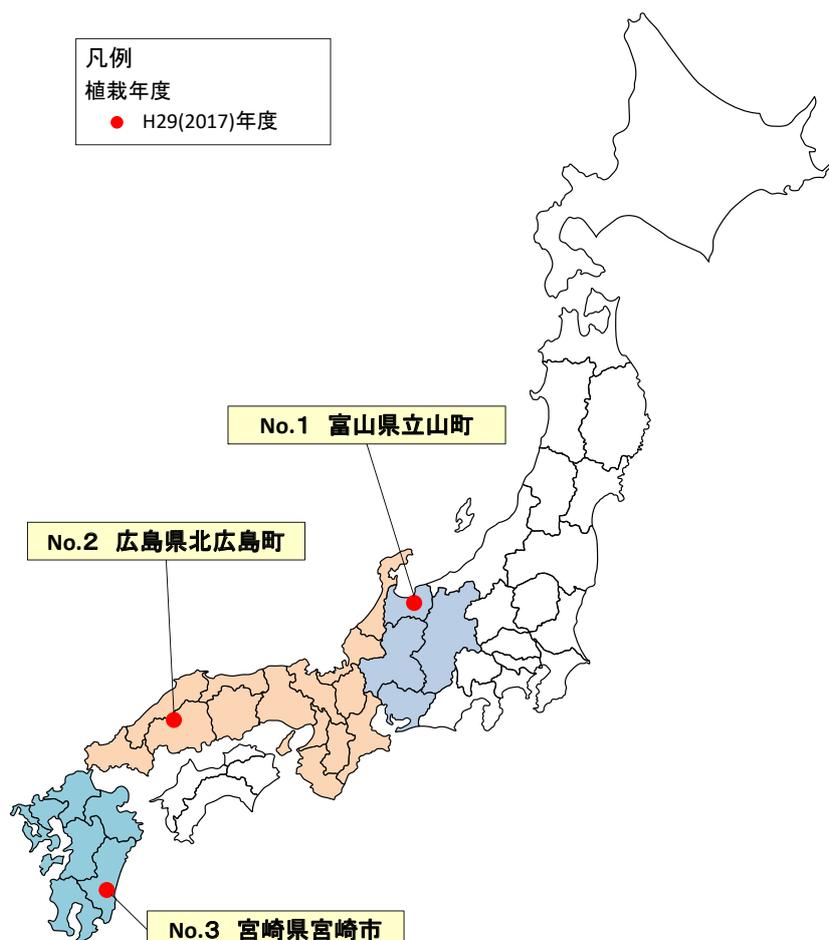


図 5-17 コウヨウザン実証植栽地の位置図

5-3-1. 富山県 立山町（コウヨウザン）（No.1）

（1）実証植栽地の概要

富山県立山町のコウヨウザン実証植栽地の概要を表 5-19 及び図 5-18 に示す。

平成 29（2017）年 11 月 18 日に、富山県立山町の傾斜 13～24° の斜面 0.45ha に、コウヨウザンの裸苗（1 年生苗及び 2 年生苗）を密度 1,600 本/ha で植栽した。

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

本実証植栽地は多雪地であり、冬期には 1～2 m 程度の積雪がある（下刈り実施者への聞き取り結果から）。

表 5-19 実証植栽地の概要（富山県立山町コウヨウザン）

実証植栽地	富山県立山町（県有林）		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理区	1 年生苗区	2 年生苗区	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	10.6℃（平均気温）/ 3020.7mm（年降水量） （気象観測所「上市」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1：602m / 24° / NE（36° 35.096′、137° 22.645′） No.2：603m / 13° / NE（36° 35.071′、137° 22.628′）		
土壌	褐色森林土		
森林所有者	富山県		
植栽実施者	立山山麓森林組合		
植栽日	平成 29（2017）年 11 月 18 日		

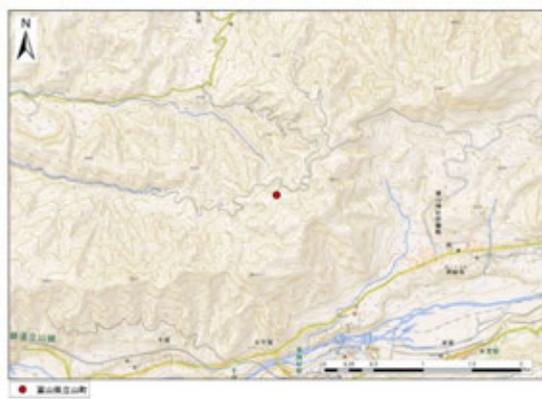


図 5-18 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 10 月）
（富山県立山町コウヨウザン）

(2) 調査プロットの概要

調査プロットの概要を図 5-19、表 5-20 に示す。

植栽する苗木の苗齢による生育の違いを検証するため、植栽地を1年生苗及び2年生苗の植栽区に分け、それぞれの苗齢で1つずつプロットを設定した(図 5-19)。プロットは15.6×17.3m(1年生苗区)及び17.2×17.3m(2年生苗区)の長方形で、各プロット36本ずつ、合計72本のコウヨウザンを調査した(表 5-20)。

なお、本実証植栽地では平成29(2017)年度の植栽直後の調査が積雪の影響により実施できておらず、初回調査を平成30(2018)年8月に実施している。また、令和2(2020)年度は調査を実施していない。

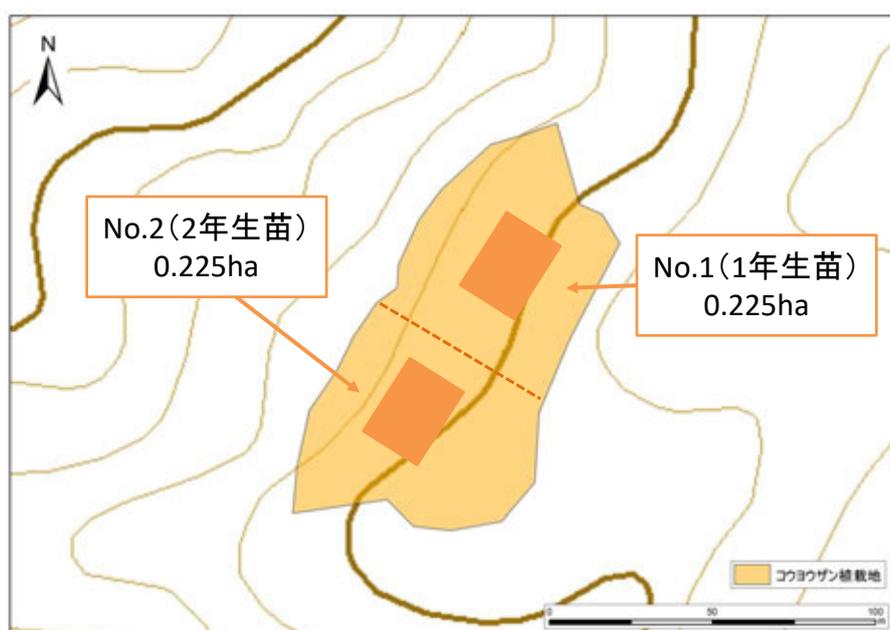


図 5-19 調査プロットの概要 (富山県立山町コウヨウザン)

表 5-20 調査プロットの概要 (富山県立山町コウヨウザン)

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	

本実証植栽地における、植栽から令和3（2021）年度までに実施された下刈りの実施時期は表 5-21 のとおりである。本実証植栽地では、植栽翌年の平成 30（2018）年度から令和 3（2021）年度まで、毎年下刈りが実施されている。

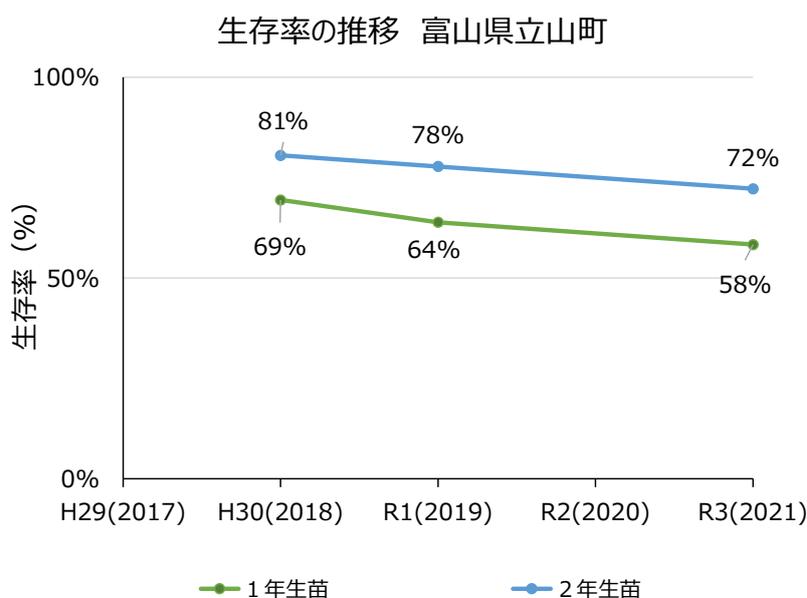
表 5-21 下刈りの実施時期（富山県立山町コウヨウザン）

年度	下刈り実施日
平成 29（2017）年度	—（植栽年）
平成 30（2018）年度	8 月
令和 元（2019）年度	8 月
令和 2（2020）年度	7 月
令和 3（2021）年度	7 月

（3）苗齢別のコウヨウザンの生存率と令和 3（2021）年度における生育状況

植栽直後（平成 30（2018）年 12 月）から令和 3（2021）年 12 月までのコウヨウザンの生存率を図 5-20 に示す。なお、前述の通り本実証植栽地では平成 29（2017）年度の植栽直後の調査を実施していないため、平成 29（2017）年度における生存率は不明である。

1 年生苗と 2 年生苗の生存率を比較すると、平成 30（2018）年度以降は 1 年生苗の生存率が 2 年生苗よりも低い値で推移しており、令和 3（2021）年度における生存率は 1 年生苗で 58%、2 年生苗で 72%となった。



※R2(2020)年度は調査なし

図 5-20 苗齢別のコウヨウザンの生存率（富山県立山町コウヨウザン）

次に、令和3（2021）年度におけるコウヨウザンの生育状況を図5-21に示す。

1年生苗と2年生苗で比較すると、枯死・消失は2年生苗の方が少ない一方で、2年生苗に主軸の折損や枯損等の被害が多く見られた（写真5-20）。

主軸への被害については、積雪地のため冬期に積もった雪がグライドしたことによる折損のほか、寒害による主軸の枯損や、周囲にシカの食痕等の痕跡も確認されたことからシカによる食害も考えられる。ただし、2年生苗に主軸の被害が多く発生した理由については不明である。

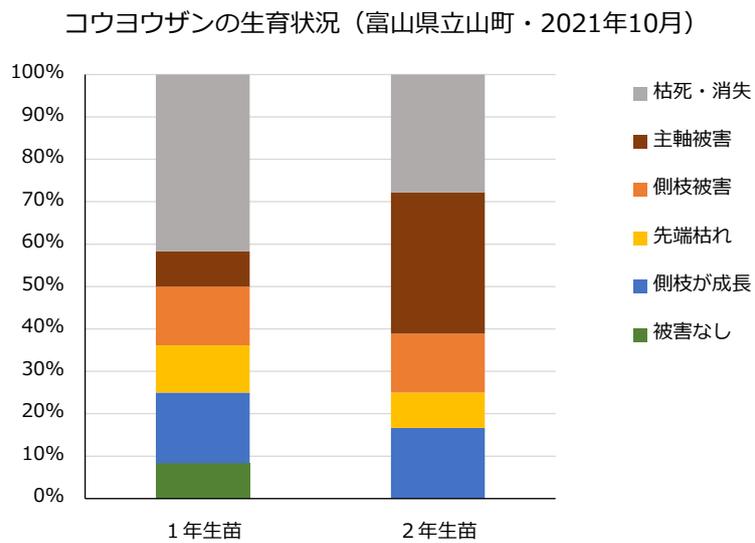


図5-21 令和3（2021）年10月における生育状況（富山県立山町コウヨウザン）



写真5-20 コウヨウザンの主軸の被害状況
（富山県立山町コウヨウザン、令和3（2021）年10月）

(4) 苗齢別のコウヨウザンの成長状況

植栽直後から令和3（2021）年度までのコウヨウザンの成長状況は表 5-22 及び図 5-22 のとおりである。令和3（2021）年度における平均樹高は、植栽から4成長期が経過しているにもかかわらず1年生苗で48.6cm、2年生苗で53.7cmとなり、1年生苗、2年生苗ともに植栽時からほとんど成長していなかった。

コウヨウザンの成長が遅い要因として、写真 5-20 で見られるような主軸の折損・枯損が高い頻度で発生しており、コウヨウザンが萌芽再生を繰り返して主軸がなかなか伸長せず、樹高成長が抑えられている可能性が考えられた。

表 5-22 苗齢別のコウヨウザンの成長状況（富山県立山町コウヨウザン）

調査 プロット	調査項目 (平均値)	平成 30(2018) 年 8 月 1 日	平成 30(2018)年 11 月 6 日	令和元(2019)年 10 月 1 日	令和 3 (2021)年 10 月 25 日
1 年生苗	樹高 (cm)	14.6±4.9	20.8±3.7	23.5±8.6	48.6±17.4
	地際直径 (cm)	0.3±0.1	0.4±0.1	0.4±0.2	0.8±0.4
	形状比	50.4±24.5	60.1±13.7	56.8±22.1	62.9±19.8
2 年生苗	樹高(cm)	41.8±9.4	33.5±13.5	26.0±10.7	53.7±21.5
	地際直径 (cm)	0.7±0.2	0.8±0.2	0.9±0.3	1.2±0.5
	形状比	63.2±25.8	40.7±14.7	33.4±18.7	50.0±20.2

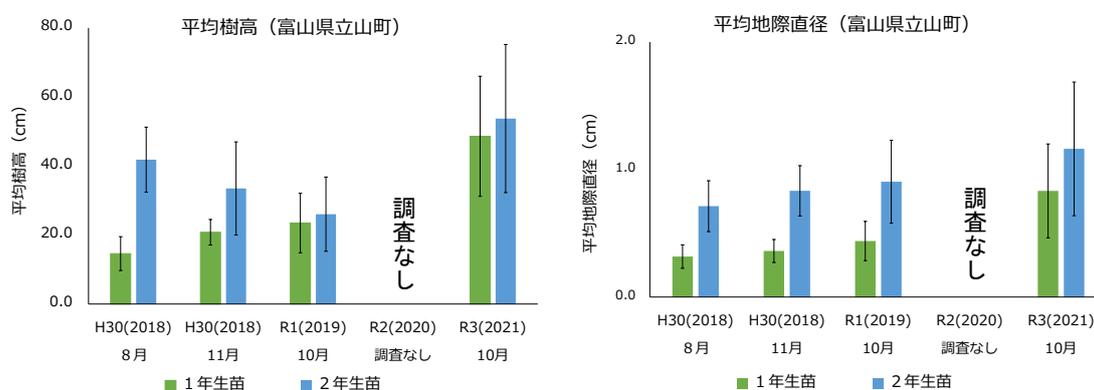


図 5-22 苗齢別のコウヨウザンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
（富山県立山町コウヨウザン）

(5) 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数

令和2(2020)年度及び令和3(2021)年度に実施された施業内容及び人工数(ヘクタールあたり)を森林所有者から聞き取り、早生樹調査における調査結果と合わせて整理した(表5-23)。

なお人工数(ヘクタールあたり)については、令和元(2019)年度までは作業にかかった時間を直接計測して算出しており、令和2(2020)年度以降と単純に比較ができないことに注意が必要である。また本実証植栽地では、令和2(2020)年度と令和3(2021)年度の施業は1年生苗区と2年生苗区で分けずにまとめて実施されたため、苗齢ごとの人工数(ヘクタールあたり)は算出できなかった。

本実証植栽地では、植栽翌年の平成30(2018)年度から毎年下刈りが実施されている。また、令和元(2019)年度以外は根踏み作業(冬期に積雪で倒伏した植栽木を起こしたり、植栽木の周囲の土壌を踏み固める作業)も実施されている。

表 5-23 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数
(富山県立山町コウヨウザン)

苗齢	植栽年度 H29(2017)	2年目 H30(2018)		3年目 R1(2019)	4年目 R2(2020)		5年目 R3(2021)		合計
	植栽	下刈り	根踏み	下刈り	根踏み	下刈り	根踏み	下刈り	
1年生苗区	3.8	3.5	2.1	1.8	2.9	5.8	2.2	6.2	28.3
2年生苗区	3.9	2.5	1.3	2.2					27.0

※表中の数値は、ヘクタールあたり人工数(人日/ha)

※赤字は、森林所有者へ聞き取り調査を実施して算出した人工数(令和2(2020)年度及び令和3(2021)年度は、1年生苗区と2年生苗区で作業を分けずにまとめて実施されている)

(6) 林況写真 (富山県立山町コウヨウザン)

① 1年生苗区



1年生苗区 (平成 30(2018)年 8月)



1年生苗区 (平成 30(2018)年 11月)



1年生苗区 (令和元(2019)年 9月)



1年生苗区 (令和 3 (2021) 年 10月)



健全に生育している1年生コウヨウザン (令和 3 (2021) 年 10月)

写真 5-21 1年生苗区の状況 (富山県立山町コウヨウザン)

② 2年生苗区



2年生苗区（平成 30(2018)年 8 月）



2年生苗区（平成 30(2018)年 11 月）



2年生苗区（令和元(2019)年 9 月）



2年生苗区（令和 3（2021）年 10 月）



健全に生育している 2年生コウヨウザン（令和 3（2021）年 10 月）

写真 5-22 2年生苗区の状況（富山県立山町コウヨウザン）

5-3-2. 広島県 北広島町（コウヨウザン）（No.2）

（1）実証植栽地の概要

広島県北広島町のコウヨウザン実証植栽地の概要を表 5-24 及び図 5-23 に示す。

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

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

表 5-24 実証植栽地の概要（広島県北広島町コウヨウザン）

実証植栽地	広島県山県郡北広島町志路原		
苗木種	コウヨウザン 裸苗		
植栽密度	1,500 本/ha		
試験処理区	1 年生	2 年生	合計
植栽面積	0.22ha	0.22ha	0.43ha
植栽本数	323 本	323 本	646 本
気温/ 降水量	11.7℃（平均気温）/ 1852.7mm（年降水量）/ 319cm（年降雪量） （気象観測所「大朝」の平年値を基に 100m で 0.6℃下がるとして算出）		
標高/ 傾斜/ 方位 （緯度経度）	No.1 : 442m / 27° / SE (34° 54.044'、133° 00.749') No.2 : 452m / 20° / SE (34° 42.854'、132° 26.129')		
土壌	褐色森林土		
森林所有者	個人		
植栽実施者	安芸北森林組合		
植栽日	平成 29（2017）年 12 月 11 日		
ノウサギ防除実施日	令和元（2019）年 7 月 23,26 日		



図 5-23 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 12 月）
（広島県北広島町コウヨウザン）

(2) 調査プロットの概要

調査プロットの概要を図 5-24、写真 5-23 及び表 5-25 に示す。

植栽する苗木の苗齢による生育の違いを検証するため、平成 29 (2017) 年 11 月に植栽地を二つに分けて 1 年生苗区及び 2 年生苗区を設定し、それぞれ 1 つずつ調査プロットを設置した。

その後の調査で、植栽したコウヨウザンにノウサギによる食害が確認されたため、令和元 (2019) 年 7 月に 1 年生苗区及び 2 年生苗区にそれぞれ 2 種類のノウサギ防除処理区 (忌避剤区、単木防護区) を設けた。また対照区として植栽直後に設置していた調査プロットを無処理区とし、合計 6 つの調査プロットとした (図 5-24)。

各調査プロットは概ね 200 m²以上の長方形で、各プロット 33 本以上、合計 211 本のコウヨウザンを調査対象とした (表 5-25)。

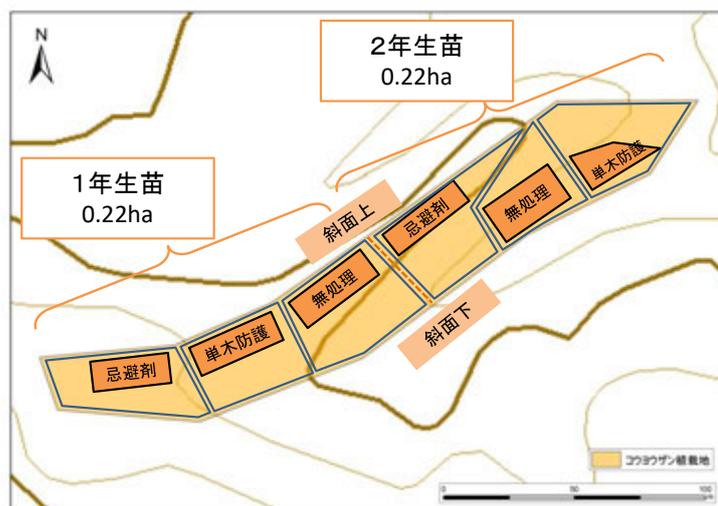


図 5-24 斜面上に設定した調査プロット (広島県北広島町コウヨウザン)



写真 5-23 1 年生苗区と 2 年生苗区の状況
(広島県北広島町コウヨウザン、令和 3 (2021) 年 12 月)

表 5-25 調査プロットの概要（広島県北広島町コウヨウザン）

試験処理区	ノウサギ防除	プロット形	調査本数	設置時期
1年生苗	無処理区	11.1×22.4m	38本	平成29(2017)年12月
	忌避剤区	21.6×8.4m	33本	令和元(2019)年7月
	単木防護区	27.7×6.6m	34本	令和元(2019)年7月
2年生苗	無処理区	10.9×24.4m	38本	平成29(2017)年12月
	忌避剤区	28.6×7.3m	34本	令和元(2019)年7月
	単木防護区	22.2×10.3m	34本	令和元(2019)年7月
合計			211本	

本実証植栽地における、植栽から令和3(2021)年度までに実施された下刈りの実施時期は表5-26のとおりである。本実証植栽地では、植栽翌年の平成30(2018)年度から令和2(2020)年度まで毎年下刈りが実施されていたが、令和3(2021)年度は実施されていない。

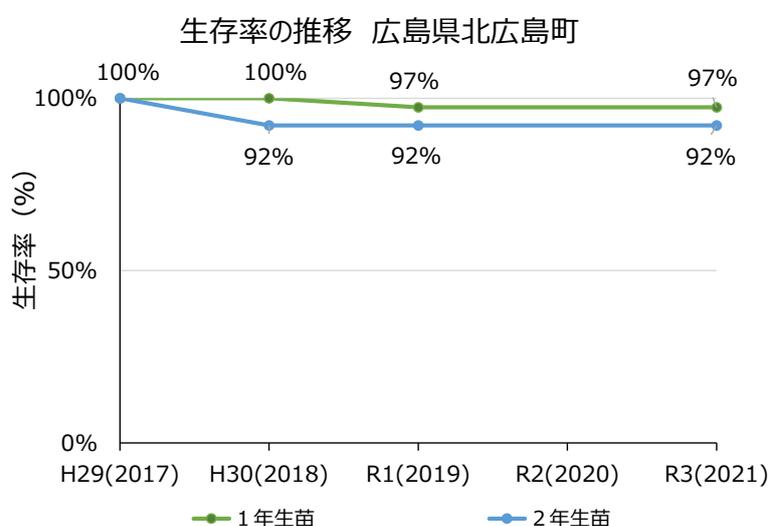
表 5-26 下刈りの実施時期（広島県北広島町コウヨウザン）

年度	下刈り実施日
平成29(2017)年度	— (植栽年)
平成30(2018)年度	9月
令和元(2019)年度	7月
令和2(2020)年度	8月
令和3(2021)年度	—

(3) 苗齢別のコウヨウザンの生存率

植栽直後（平成 29（2017）年 12 月）から令和 3（2021）年 12 月までの植栽木の生存率を図 5-25 に示す。なお、植栽直後から調査をしている 1 年生苗・無処理区及び 2 年生苗・無処理区の植栽木のデータを使用した。

令和 3（2021）年 12 月の時点で、1 年生苗、2 年生苗ともに 9 割以上と高い生存率を示している。本実証植栽地ではノウサギによる食害を高い頻度で受けているが、食害を受けたコウヨウザンは根元からの萌芽により再生していた（写真 5-24）。この結果から、ノウサギによる食害ではコウヨウザンは枯死しにくいことが分かる。



※R2(2020)年度は調査なし

図 5-25 苗齢別のコウヨウザンの生存率（広島県北広島町コウヨウザン）



写真 5-24 ノウサギによる被害状況（左）と被害を受け萌芽再生したコウヨウザン（右）
（広島県北広島町コウヨウザン 1 年生苗・無処理区、令和 3（2021）年 12 月）

(4) 苗齢別のコウヨウザンの成長状況

植栽直後（平成 29（2017）年 12 月）から令和 3（2021）年 12 月までのコウヨウザンの成長状況を表 5-27 及び図 5-26 に示す。なお、植栽直後から調査をしている 1 年生苗・無処理区及び 2 年生苗・無処理区の植栽木のデータを使用した。

植栽直後の平均樹高は、1 年生苗が 13.1cm、2 年生苗がそれぞれ 41.3cm だった。植栽から 2 年後の令和元（2019）年度の平均樹高は、1 年生苗が 36.2cm、2 年生苗が 51.6cm とほとんど成長しておらず、ノウサギによる食害で上方成長が抑えられている様子が分かる。さらに植栽から 4 年後の令和 3（2021）年度の平均樹高は、1 年生苗で 101.9cm、2 年生苗が 142.8cm となり、どちらも以前より成長していたが 2 年生苗の方が大きくなっていった。（写真 5-25）。令和 3（2021）年度に成長量が増加していた理由は不明だが、樹高が高くなるにつれノウサギがコウヨウザンの主軸に届かなくなったため、大きく成長できた可能性がある。

以上から、本実証植栽地のようにノウサギ被害が多い場所にコウヨウザンを植栽する場合は、植栽時の樹高が高い 2 年生苗を使用したほうが良いと考えられた。

表 5-27 苗齢別のコウヨウザンの生育状況（広島県北広島町コウヨウザン）

調査 プロット	調査項目 (平均値)	H29(2017)年 12 月 18 日	H30(2018)年 11 月 2 日	R 元(2019)年 10 月 25 日	R 3(2021)年 12 月 6 日
1 年生苗 無処理区	樹高 (cm)	13.1±4.8	18.3±11.3	36.2±20.7	101.9±52.2
	地際直径 (cm)	0.4±0.1	0.6±0.2	0.8±0.2	2.2±1.3
	形状比	37±11	31.3±12.1	42.1±17.7	51.5±15.2
2 年生苗 無処理区	樹高 (cm)	41.3±11.4	33.0±18.4	51.6±21.8	142.8±65.4
	地際直径 (cm)	0.8±0.1	0.9±0.2	1.3±0.4	3.2±2.0
	形状比	52±9	35.5±15.2	41.0±13.5	52.8±17.9

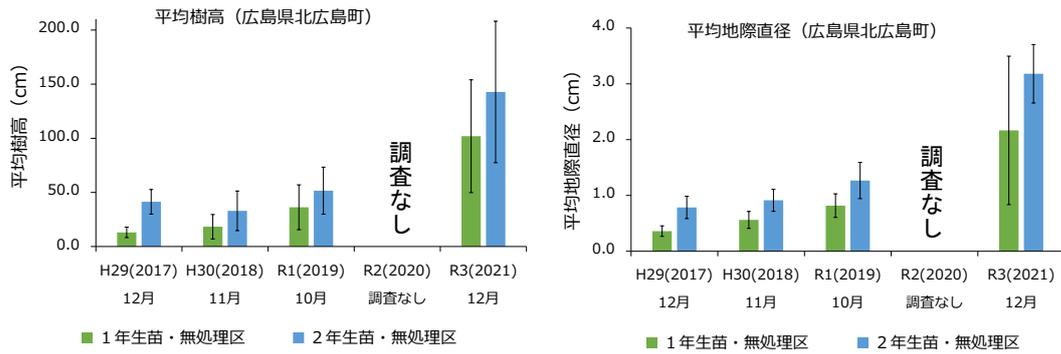


図 5-26 苗齢別のコウヨウザンの平均樹高 (左) 及び平均地際直径 (右)
(広島県北広島町コウヨウザン)



写真 5-25 萌芽再生後に順調に成長したコウヨウザン。複数の樹幹が伸長している。
(左：1年生苗・無処理区、右：2年生苗・無処理区、令和3(2021)年12月)

(5) ノウサギ防除処理別のノウサギ被害率

ノウサギの食害に対する防除資材の効果を検証するため、令和元（2019）年度7月に無処理区、忌避剤区、単木防護区を1年生苗区と2年生苗区に設置した。さらに、各調査プロット内の植栽木について、令和元（2019）年10月と令和3（2021）年12月にノウサギ被害の有無や成長状況を調査した。また、ノウサギ被害を受けていた場合には、コウヨウザンの主軸に被害を受けていた場合と、主軸以外（側枝など）に被害を受けていた場合の2つに区分した。結果を図5-27、図5-28及び図5-29に示す。

防除資材を設置してから約3カ月後の令和元（2019）年10月の調査では（図5-27）、無処理区及び忌避剤区はいずれもノウサギの被害が認められた（無処理区では、1年生苗で約95%、2年生苗で100%が被害。忌避剤区では、1年生苗で約69%、2年生苗で93%が被害）。忌避剤区については、忌避剤の散布後に新しく伸長した部分が食害を受けていた。一方で、単木防護区では1年生苗、2年生苗ともにノウサギの被害を受けていなかった。

この結果から、ノウサギによる食害を回避するためには、忌避剤を一度散布しただけでは十分でないこと、単木防護資材がノウサギによる食害に有効であることが分かる。

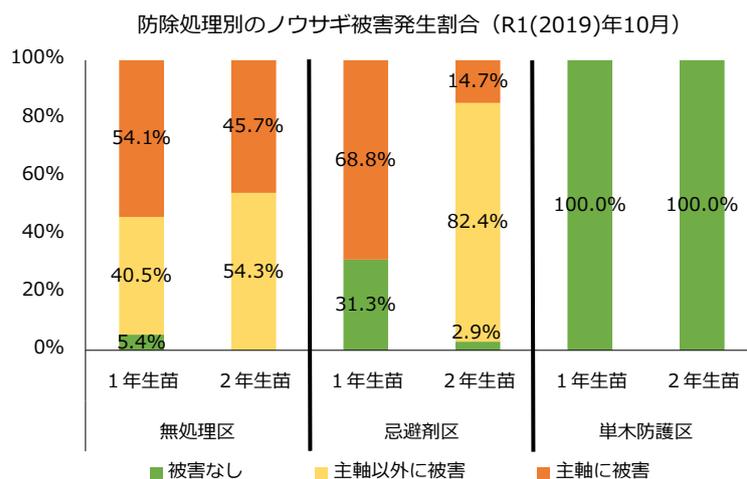


図 5-27 防除処理別のノウサギ被害発生割合
（広島県北広島町コウヨウザン、令和元（2019）年10月時点）

また、防除資材を設置してから約2年半後の令和3（2021）年12月の調査では（図5-28）、無処理区、忌避剤区、単木防護区の全てにおいてノウサギの被害が認められた（無処理区では、1年生苗で100%、2年生苗で100%が被害。忌避剤区では、1年生苗で約97%、2年生苗で100%が被害。単木防護区では、1年生苗で約82%、2年生苗で100%が被害。）。令和元（2019）年度には被害を受けていなかった単木防護区でも新たに被害が発生していたが、資材（防護ネット）が下部までずり落ちていたことが原因である。これは、冬期に積もった雪の重みによるものと考えられた。

また、令和3（2021）年12月における防除資材別のコウヨウザンの成長状況（図5-29）

では、どの防除資材区でも1年生苗よりも2年生苗の方が大きかった。

令和元（2019）年度と令和3（2021）年度の被害状況を比較すると、コウヨウザンの主軸への被害（図5-27及び図5-28のオレンジ色の部分）は、令和元（2019）年度に被害を受けていない単木防護区を除いて、令和3（2021）年度の方が減少していた。また、どの防除資材区も、2年生苗の方が主軸への被害は少なかった。これらの結果から、令和3（2021）年度にはコウヨウザンの樹高が成長してノウサギが主軸を食害しにくくなったため、主軸への被害が減少したこと、また樹高が大きかった2年生苗の方が主軸への被害を減少できたことが考えられる。

以上より、ノウサギによる被害を抑えるためには1年生苗よりも2年生苗を使用した方がよく、また単木防護資材はノウサギの被害に効果があるが、資材が効果を発揮できているかどうか定期的に確認する必要があると考えられた。

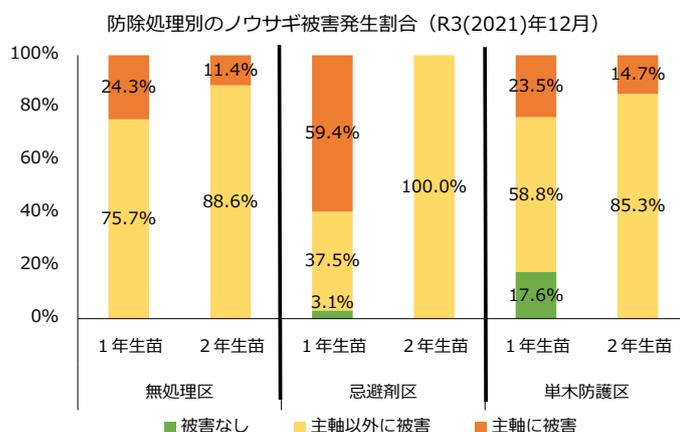


図 5-28 防除処理別のノウサギ被害発生割合
(広島県北広島町コウヨウザン、令和3（2021）年12月時点)

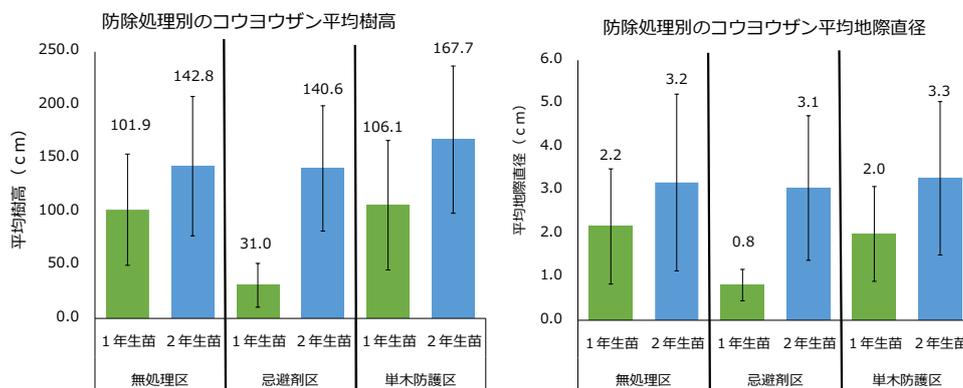


図 5-29 防除処理別のコウヨウザンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
(広島県北広島町コウヨウザン、令和3（2021）年12月時点)

(6) ノウサギによる食害の発生箇所

コウヨウザンがどの程度まで成長すれば、ノウサギによる食害を受けなくなるかを検証するため、令和3（2021）年12月の調査時に、コウヨウザンが食害を受けていた被害箇所の地面からの高さ、被害箇所の直径を測定した。なお、同じコウヨウザンに被害が複数箇所確認された場合は、地面から最も高い位置にある被害箇所のみ測定した。結果を図5-30に示す。

調査の結果、コウヨウザンがノウサギによる被害を受けた箇所は、地面から約80cm以下に集中して発生していた。ノウサギが摂食できる高さは70cmまでという研究事例もあるが、被害がそれよりも高い位置でも発生していた（写真5-26）要因として、冬期の積雪がノウサギの足場となったことが考えられた。

このことから、積雪地で単木防護資材を使用する場合は、積雪によってノウサギがより高い位置まで摂食する可能性を考慮して防除資材を選ぶ必要があると考えられる。

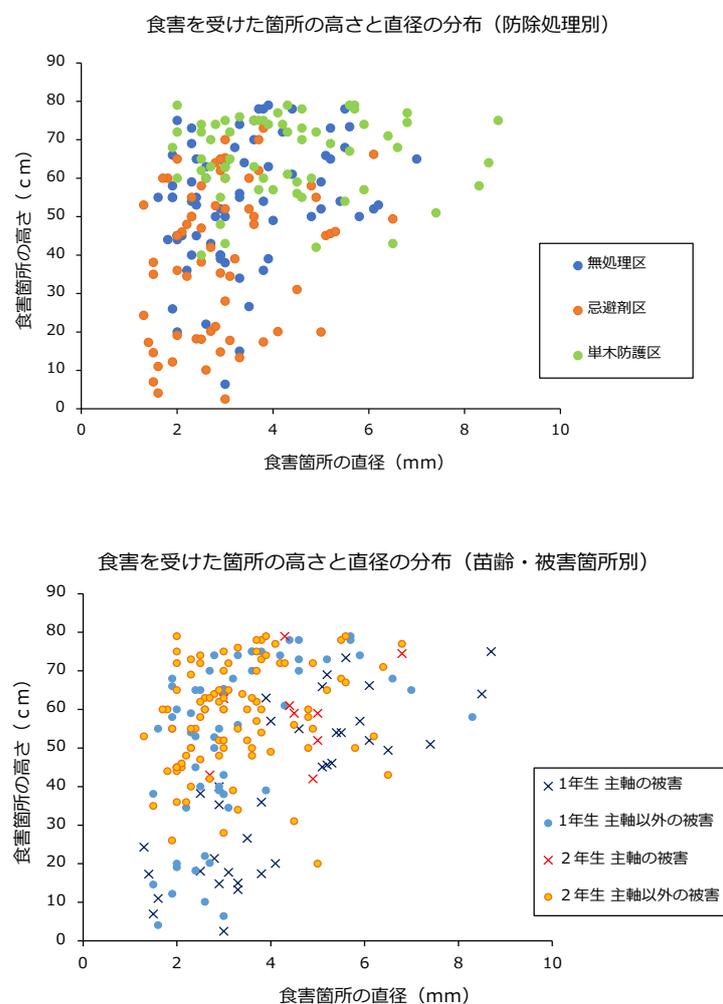


図 5-30 ノウサギ被害を受けた箇所の高さと直径の分布
上：防除処理別、下：苗齢及び被害箇所別
(広島県北広島町コウヨウザン、令和3（2021）年12月)



写真 5-26 高さ約 80cm の枝に食害を受けていたコウヨウザン
(1年生苗・無処理区、令和3(2021)年12月)

(7) 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数

令和2(2020)年度及び令和3(2021)年度に実施した施業内容及び人工数(ヘクタールあたり)を森林所有者から聞き取り、早生樹調査の結果と合わせて整理した(表5-28)。

なお、人工数(ヘクタールあたり)については、令和元(2019)年度までは施業にかかった時間を直接計測して算出しており、令和2(2020)年度以降と単純に比較ができないことに注意が必要である。また、令和2(2020)年度の下刈りは1年生苗区と2年生苗区で作業を分けずにまとめて実施されたため、苗齢ごとの人工数は算出できなかった。

本実証植栽地は雑草木の被度が比較的低く、令和3(2021)年度は下刈りが必要ないと判断されたため実施されなかった。

表 5-28 植栽から令和3(2021)年度までの施業内容及び人工数
(広島県北広島町コウヨウザン)

苗齢	植栽年度 H29(2017)	2年目 H30(2018)		3年目 R1(2019)	4年目 R2(2020)	5年目 R3(2021)	合計
	植栽	下刈り	印付け※	下刈り	下刈り	下刈り	
1年生苗区	2.8	6.4	3.6	6.0	4.7	実施せず	23.6
2年生苗区	3.1	5.8	0.0	6.3			19.9

※表中の数値は、ヘクタールあたり人工数(人日/ha)

※赤字は、森林所有者へ聞き取り調査を実施して算出した人工数(令和2(2020)年度の下刈りは、1年生苗区と2年生苗区で作業を分けずにまとめて実施されている。)

(8) 林況写真 (広島県北広島町コウヨウザン)

① 1年生苗・無処理区



1年生苗・無処理区 (平成30(2018)年11月)



1年生苗・無処理区 (令和元(2019)年7月)



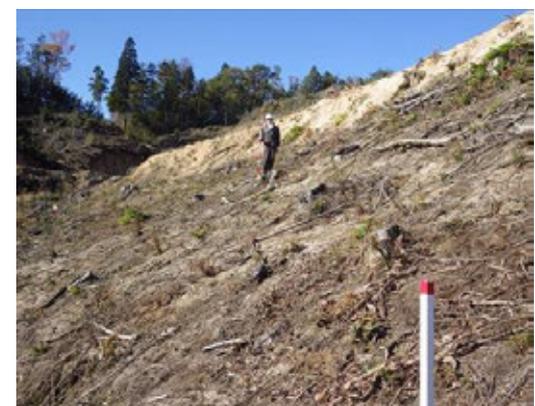
1年生苗・無処理区 (令和元(2019)年10月)



1年生苗・無処理区 (令和3(2021)年12月)

写真 5-27 1年生苗・無処理区の状況 (広島県北広島町コウヨウザン)

② 2年生苗・無処理区



2年生苗・無処理区 (平成30(2018)年11月)



2年生苗・無処理区 (令和元(2019)年7月)

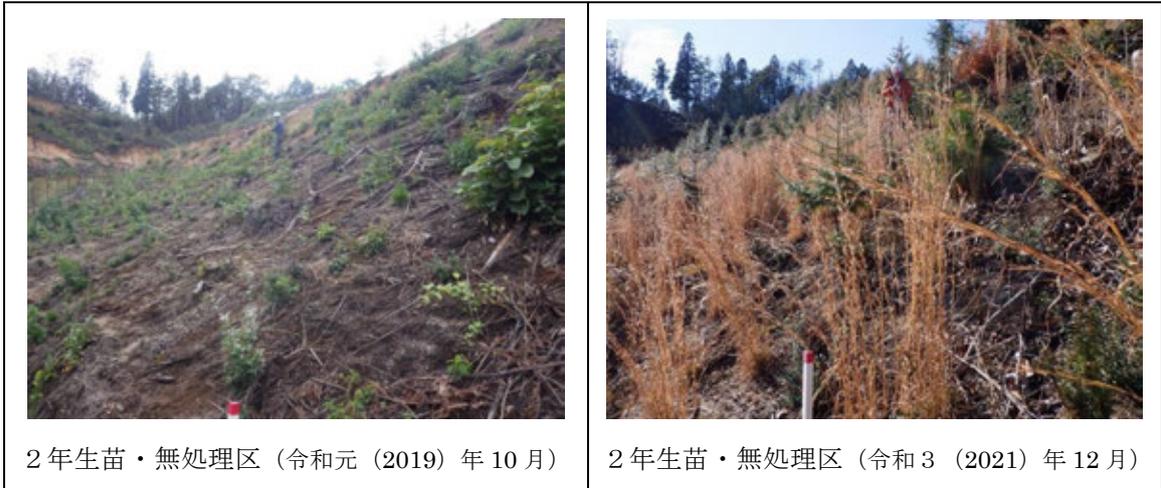


写真 5-28 2年生苗・無処理区の状況（広島県北広島町コウヨウザン）

③ 1年生苗・忌避剤区

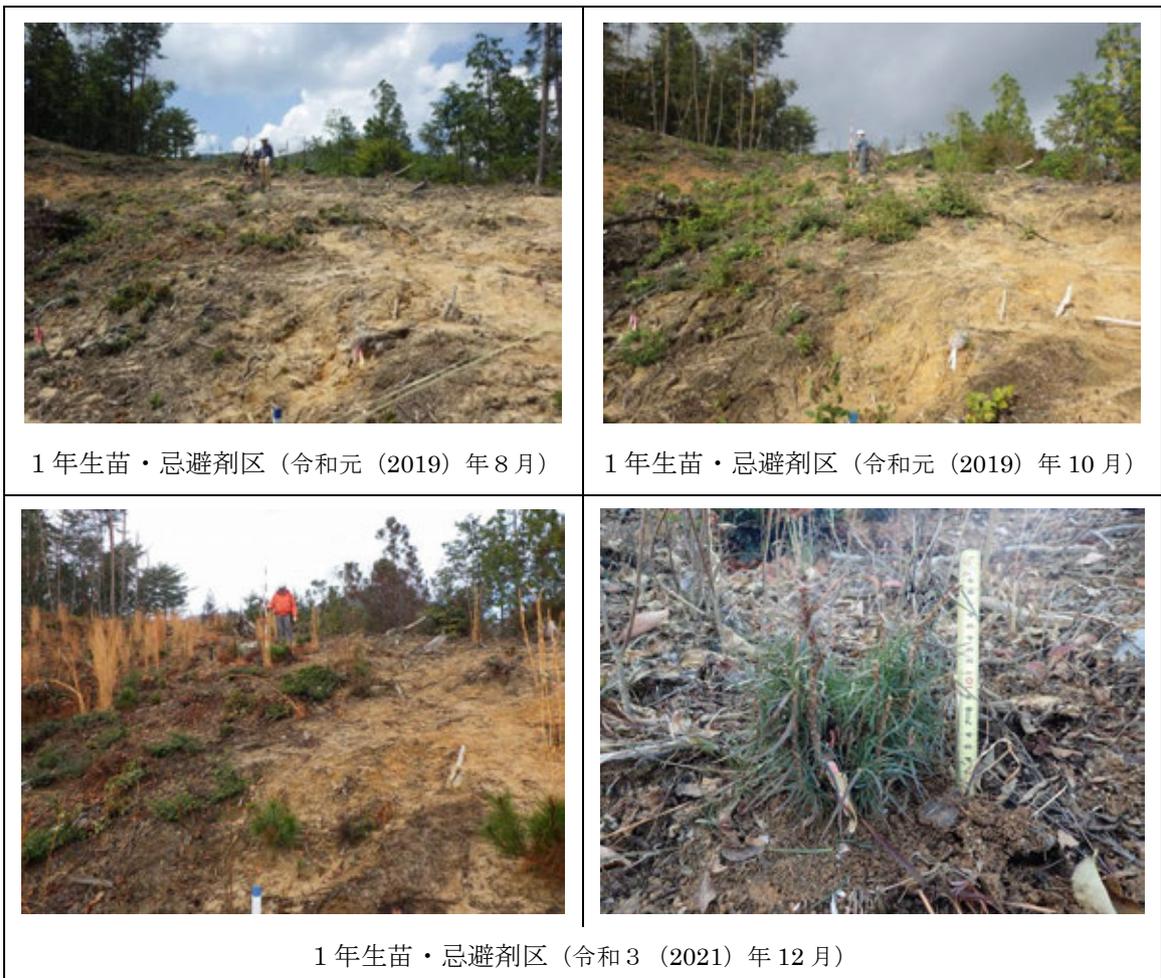


写真 5-29 1年生苗・忌避剤区の状況（広島県北広島町コウヨウザン）

④ 2年生苗・忌避剤区



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年8月）



2年生苗・忌避剤区（令和元（2019）年10月）



2年生苗・忌避剤区（令和3（2021）年12月）

写真 5-30 2年生苗・忌避剤区の状況（広島県北広島町コウヨウザン）

⑤ 1年生苗・単木防護区



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年8月）



1年生苗・単木防護区（令和元（2019）年10月）

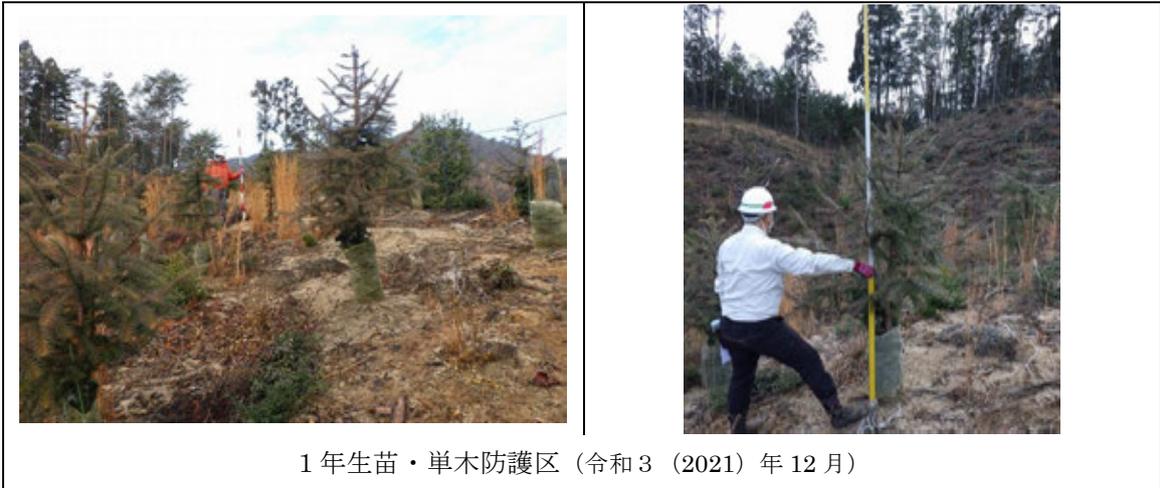


写真 5-31 1年生苗・単木防護区の状況（広島県北広島町コウヨウザン）

⑥ 2年生苗・単木防護区

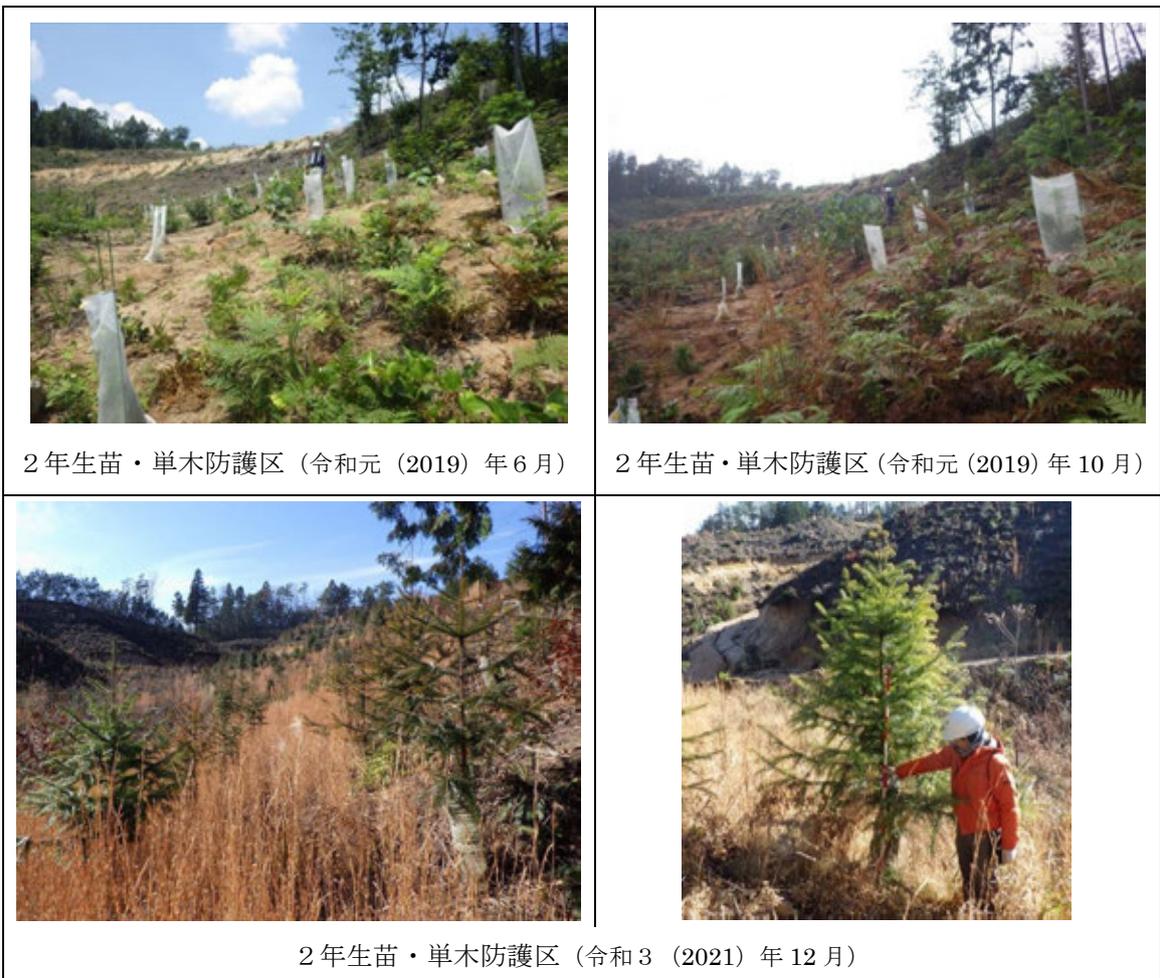


写真 5-32 2年生苗・単木防護区の状況（広島県北広島町コウヨウザン）

5-3-3. 宮崎県 宮崎市 (コウヨウザン) (No.3)

(1) 実証植栽地の概要

宮崎県宮崎市のコウヨウザン実証植栽地の概要を表 5-29 及び図 5-31 に示す。

平成 29 (2017) 年 12 月 12 日に、宮崎県宮崎市の傾斜 27~34° の斜面 0.51ha に、コウヨウザンの裸苗 (1 年生苗) を密度 1,600 本/ha で植栽した (表 5-29)。また、植栽から 2 年目の令和元 (2019) 年 7 月 24~27 日にノウサギ防除を実施した。

なお、前生林は 66 年生のスギ、一部ヒノキ、広葉樹で、平成 28 (2016) 年 10 月~平成 29 (2017) 年 3 月に伐採されている。本実証植栽地を含む全地域 (4.45ha) の前生林分の蓄積量は 2,880m³ (647.2m³/ha) である。また、本実証植栽地はシカ対策のため防護柵 (ネット) が設置されているが、破損して内部にシカ等が侵入している。

表 5-29 実証植栽地の概要 (宮崎県宮崎市コウヨウザン)

実証植栽地	宮崎県宮崎市高岡町 (国有林)		
苗木種	コウヨウザン 裸苗 (1 年生苗)		
植栽密度	1,600 本/ha		
試験処理 (斜面位置)	斜面中部	斜面上部	合計
植栽面積	0.25ha	0.26ha	0.51ha
植栽本数	400 本	387 本	787 本
気温/ 降水量	17.1℃ (平均気温) / 2625.5mm (年降水量) (気象観測所「宮崎」の平年値を基に、100m で 0.6℃下がるとして算出)		
標高/ 傾斜/ 方位 (緯度経度)	No.1: 70m / 34° / NE (31° 54.761'、131° 14.292') No.2: 103m / 27° / WNW (31° 54.723'、131° 14.357')		
土壌	褐色森林土		
森林所有者	九州森林管理局		
植栽実施者	宮崎地区国有林事業協同組合		
植栽日	平成 29 (2017) 年 12 月 12 日		
ノウサギ防除実施日	令和元 (2019) 年 7 月 24~27 日		

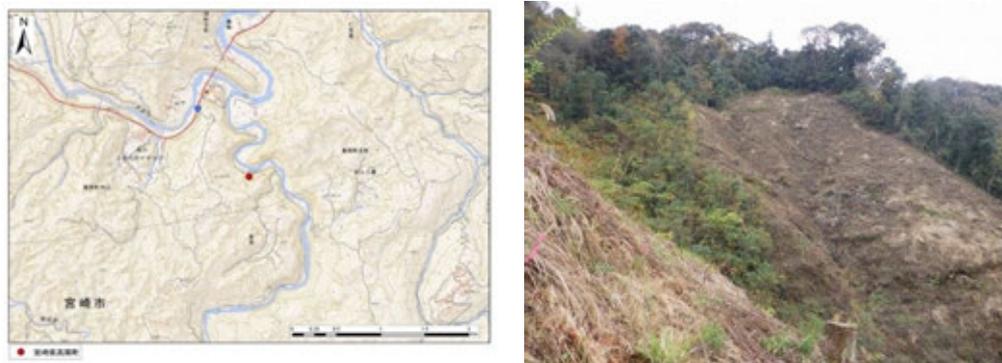


図 5-31 実証植栽地の位置 (左) と状況 (右、令和 3 (2021) 年 11 月)
(宮崎県宮崎市コウヨウザン)

(2) 調査プロットの概要

調査プロットの概要を図 5-32、写真 5-33 及び表 5-30 に示す。コウヨウザンの植栽に適した立地環境を検証するため、斜面中部と斜面上部にコウヨウザンを植栽し、それぞれに調査プロットを設置した。なお、本実証植栽地はセンダン実証植栽地（141～149 ページ）と隣接している（図 5-32 の緑色のエリア）。

その後の調査で、植栽したコウヨウザンにノウサギによる食害が確認されたため、令和元（2019）年 7 月に斜面中部及び斜面上部に、それぞれ 2 種類のノウサギ防除処理区（忌避剤区、単木防護区）を設けた。また対照区として植栽直後に設置していた調査プロットを無処理区とし、合計 6 つの調査プロットとした（図 5-32）。各調査プロットは概ね 200 m²以上の長方形で、各プロット 14 本以上、合計 136 本のコウヨウザンを調査対象とした（表 5-30）。なお、令和 2（2020）年度は調査を実施していない。

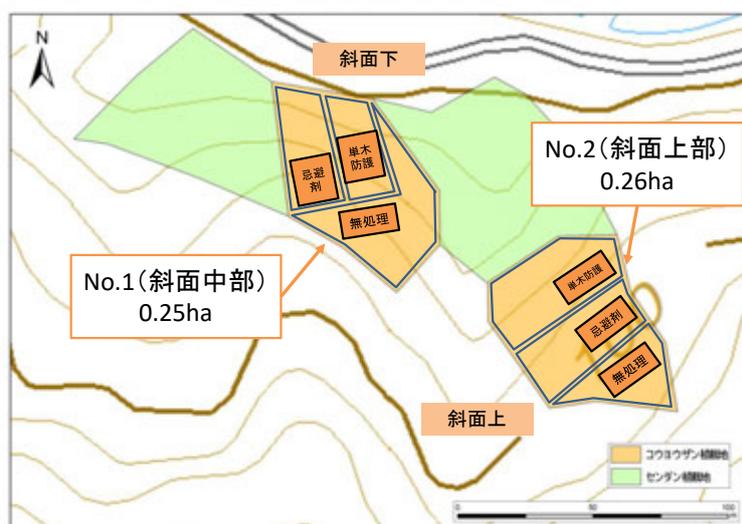


図 5-32 設定した調査プロット（宮崎県宮崎市コウヨウザン）



斜面中部（手前側はセンダン植栽地）

斜面上部

写真 5-33 各調査プロットの状況（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

表 5-30 調査プロットの概要（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

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

本実証植栽地における、植栽から令和3（2021）年度までに実施された下刈りの実施時期は表 5-31 のとおりである。本実証植栽地では、植栽翌年の平成30（2018）年度から令和3（2021）年度まで、毎年下刈りが実施されている。

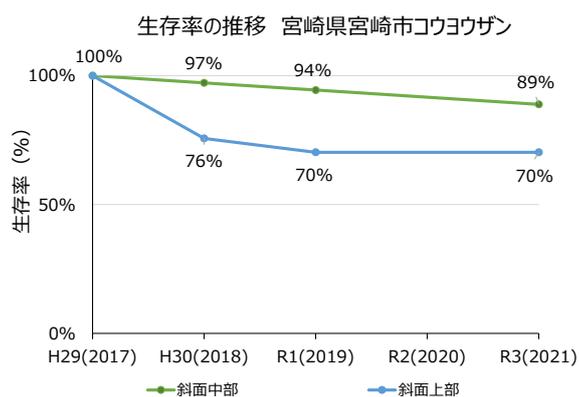
表 5-31 下刈りの実施時期（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

年度	下刈り実施日
平成29（2017）年度	—（植栽年）
平成30（2018）年度	8月
令和元（2019）年度	9月
令和2（2020）年度	夏期
令和3（2021）年度	9月

(3) 斜面位置別のコウヨウザンの生存率

植栽直後（平成 29（2017）年 12 月）から令和 3（2021）年 11 月までの植栽木の生存率を図 5-33 に示す。なお、植栽直後から調査をしている斜面中部・無処理区及び斜面上部・無処理区の植栽木のデータを使用した。

斜面中部と斜面上部の比較では、斜面中部は植栽以降大きく生存率が低下せず、令和 3（2021）年 11 月時点で 9 割近くが生存していた一方で、斜面上部では植栽から 1 年で生存率が 8 割以下にまで低下し、令和 3（2021）年 11 月時点で生存率は 7 割となった。



※R2(2020)年度は調査なし

図 5-33 斜面位置別のコウヨウザンの生存率（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

次に、令和 3（2021）年 11 月におけるコウヨウザンの生育状況を図 5-34 に示す。

斜面中部、斜面上部のどちらもほとんどのコウヨウザンがノウサギによる食害を受けており、主軸に被害を受けたコウヨウザンの割合は斜面中部・斜面上部ともに 6 割以上だった。（写真 5-34）。

以上から、斜面上部で生存率が低くなった要因として、乾燥しやすい立地だった可能性があるほか、斜面上部の調査プロットの近くに森林が残されており（写真 5-33）、林内を住処としていたノウサギに集中的に食害された可能性もあるが、現時点で要因の特定は困難である。

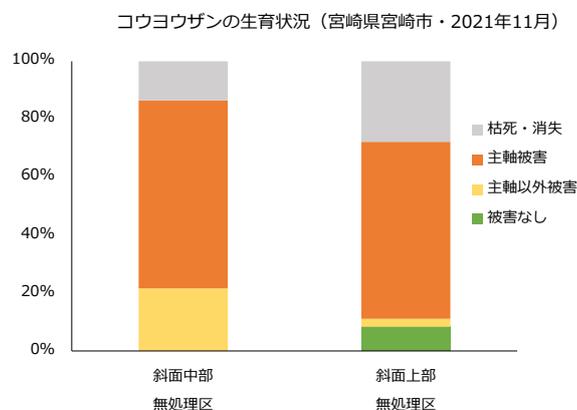


図 5-34 令和 3（2021）年 11 月における生育状況（宮崎県宮崎市コウヨウザン）



写真 5-34 ノウサギによる食害を受けていたコウヨウザン
(宮崎県宮崎市コウヨウザン、令和3(2021)年11月)

(4) 斜面位置別のコウヨウザンの成長状況

植栽直後(平成29(2017)年12月)から令和3(2021)年12月までのコウヨウザンの成長状況を表5-32及び図5-35に示す。なお、植栽直後から調査をしている斜面中部・無処理区及び斜面上部・無処理区の植栽木のデータを使用した。

本実証植栽地では、植栽直後からノウサギによる食害が高い頻度で発生している。その結果、植栽から約4年が経過した令和3(2021)年11月の調査でも、コウヨウザンの平均樹高は斜面中部で30.0cm、斜面上部で18.1cmとほとんど成長しておらず、斜面上部に至っては植栽直後よりも平均樹高が下回っている状況だった。これらのことから、ノウサギによる食害がコウヨウザンの成長に非常に強い影響を与えていることが分かる。

なお、平成30(2018)年から令和元(2019)年にかけて、斜面上部で平均地際直径が小さくなっているが、これは主軸がノウサギによる食害を受けて枯れ、新しく萌芽再生枝が主軸化したことにより測定位置が変わったことによるものである。

以上から、本実証植栽地ではノウサギによる食害がコウヨウザンの成長に強い影響を与えているため、斜面位置によるコウヨウザンの成長の違いを検証することは難しい。

表 5-32 斜面位置別のコウヨウザンの成長状況（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

調査 プロット	調査項目 (平均値)	平成 29(2017)年	平成 30(2018)年	令和元(2019)年	令和 3 (2021)年
		12 月 18 日	10 月 22 日	10 月 21-22 日	11 月 30 日
斜面中部 無処理区	樹高 (cm)	19.5±3.8	23.9±15.0	22.9±12.3	30.0±16.9
	地際直径 (cm)	0.5±0.1	0.6±0.2	0.6±0.2	0.9±0.3
	形状比	40.2±10.6	41.2±22.3	40.9±22.2	36.6±19.8
斜面上部 無処理区	樹高(cm)	21.8±3.1	10.7±3.5	28.1±13.0	18.1±12.4
	地際直径 (cm)	0.5±0.1	0.6±0.2	0.4±0.2	0.7±0.3
	形状比	43.6±7.7	18.4±7.0	68.3±29.2	31.0±16.0

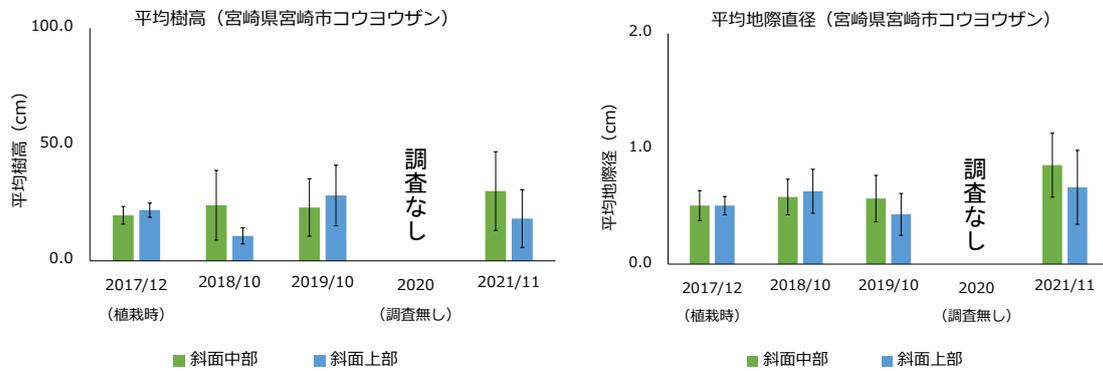


図 5-35 斜面位置別のコウヨウザンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

(5) ノウサギ防除処理別のノウサギ被害率及び成長状況等の違い

ノウサギの食害に対する防除資材の効果を検証するため、6つのノウサギ防除処理区に設置した各調査プロット内の植栽木について、令和元（2019）年10月と令和3（2021）年11月にノウサギ被害の有無及び成長状況を調査した。また、ノウサギ被害を受けていた場合には、コウヨウザンの主軸に被害を受けていた場合と、主軸以外（側枝など）に被害を受けていた場合の2つに区分した。結果を図5-36、図5-37及び図5-38に示す。

防除資材を設置してから約3カ月後の令和元（2019）年10月の調査では（図5-36）、斜面中部の無処理区及び忌避剤区で多くのコウヨウザンにノウサギの被害が認められた（無処理区では約68%、忌避剤区では約56%が被害）。忌避剤区については、忌避剤の散布後に新しく伸長した部分が食害を受けていた。一方で、単木防護区では1年生苗、2年生苗ともにノウサギの被害を受けていなかった。

この結果から、ノウサギによる食害を回避するためには、単木防護資材が有効であることが分かる。

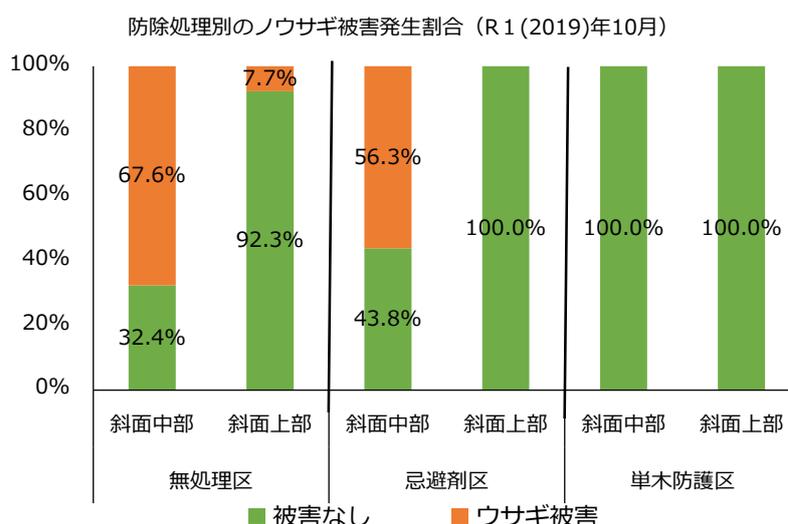


図 5-36 防除処理別のノウサギ被害発生割合
（宮崎県宮崎市コウヨウザン、令和元（2019）年10月時点）

一方、防除資材を設置してから約2年半後の令和3（2021）年11月の調査では（図5-37）、無処理区、忌避剤区、単木防護区の全てにおいてノウサギの被害が認められ、また被害の多くが主軸への被害だった。令和元（2019）年度には被害を受けていなかった単木防護区でも新たに被害が発生していたが、資材（防護ネット）が下部までずり落ちていた（写真5-35）ことが原因である。これは、資材の一部の支柱とネットを結束する部分がわずかに緩んでいたこと等が要因と考えられる。

また、令和3（2021）年11月における防除資材別のコウヨウザンの成長状況（図5-38）では、どの防除資材区でも斜面上部よりも斜面中部の方が大きかった。また、図5-37及び図

5-38 からは、特にコウヨウザンの平均樹高が高くなっている防除処理区（斜面中部・忌避剤区、斜面中部・単木防護区、斜面上部・単木防護区）では、コウヨウザンの主軸への被害が比較的少なくなっていることが分かる。

令和元（2019）年度と令和3（2021）年度の被害状況を比較すると、どの防除処理区も令和元（2019）年度より令和3（2021）年度の方がノウサギによる被害が増加していた。ただし、単木防護区では他の防除処理区よりも被害が少なく、斜面中部で約85%、斜面上部で約64%のコウヨウザンが被害を受けずに成長していた。また、斜面上部・単木防護区では、シカによる主軸への食害も確認されており、単木防護ネットよりも高い位置を食害していた。

この結果から、単木防護資材はノウサギによる被害を抑えるためには効果があるが、設置した後も資材が効果を発揮しているかどうか定期的に確認する必要があると考えられた。

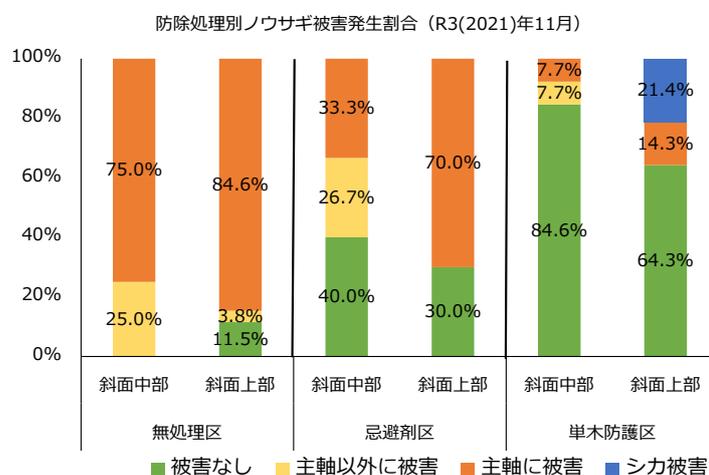


図 5-37 防除処理別のノウサギ被害発生割合
(宮崎県宮崎市コウヨウザン、令和3（2021）年11月時点)

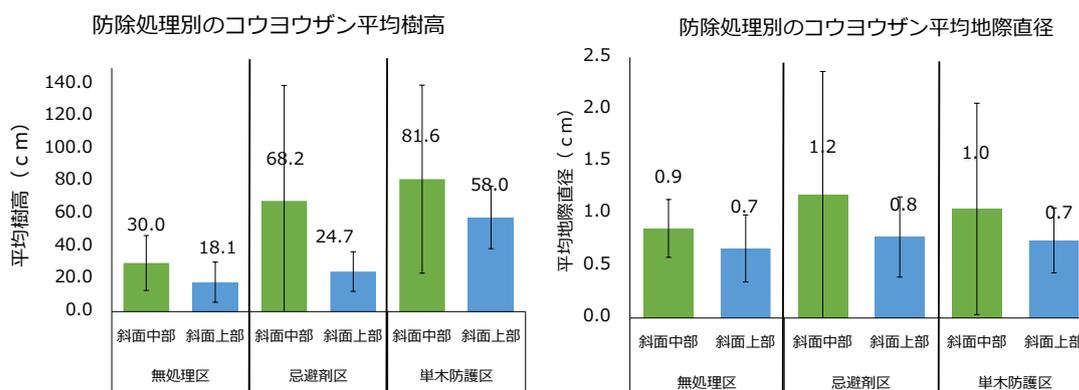


図 5-38 防除処理別のコウヨウザンの平均樹高（左）及び平均地際直径（右）
(宮崎県宮崎市コウヨウザン、令和3（2021）年11月時点)



写真 5-35 ネットがずり落ちて食害を受けていたコウヨウザン
(斜面上部・単木防護区、令和3（2021）年11月）

（6）ノウサギによる食害の発生箇所

コウヨウザンがどの程度まで成長すれば、ノウサギによる食害を受けなくなるかを検証するため、令和3（2021）年11月の調査時に、コウヨウザンが食害を受けていた被害箇所の地面からの高さ、被害箇所の直径を測定した。なお、同じコウヨウザンに被害が複数箇所確認された場合は、地面から最も高い位置にある被害箇所のみ測定した。結果を図5-39に示す。

調査の結果、コウヨウザンがノウサギによる被害を受けた箇所は、地面から約40cm以下・直径5mm以下に集中していた。この結果から、本実証植栽地ではコウヨウザンの樹幹の高さ40cmの部分が5mm以上にまで成長すれば、ノウサギによる被害が少なくなる可能性が示唆された。

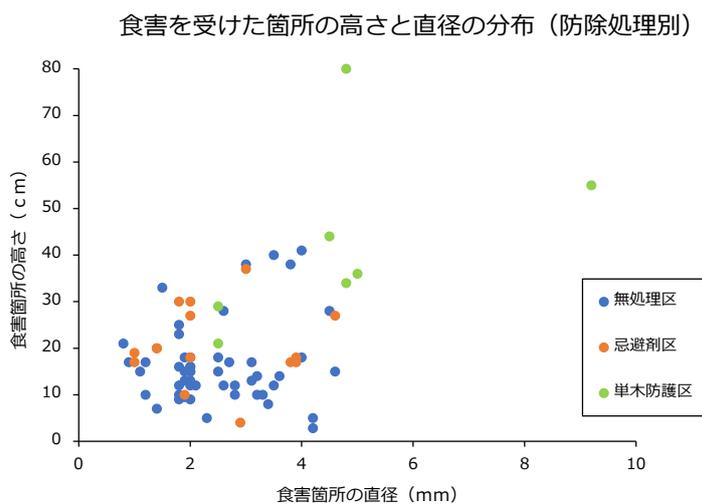


図 5-39 ノウサギ被害を受けた箇所の高さ（防除処理別）
(宮崎県宮崎市コウヨウザン、令和3（2021）年11月)

(7) 植栽から令和3（2021）年度までの施業内容及び人工数

令和2（2020）年度及び令和3（2021）年度に実施された施業内容及び人工数（ヘクタールあたり）を森林所有者から聞き取り、早生樹調査の結果と合わせて整理した（表 5-33）。

なお人工数（ヘクタールあたり）については、令和元（2019）年度までは作業にかかった時間を直接計測して算出しており、令和2（2020）年度以降と単純に比較ができないことに注意が必要である。また、令和2（2020）年度の下刈りについては、隣接しているセンダン植栽地と作業を分けずにまとめて実施されており、コウヨウザン植栽地のみ的人工数（ヘクタールあたり）を分けて算出することができなかった。

本実証植栽地では、植栽翌年の平成30（2018）年度から毎年下刈りが実施されている。

表 5-33 植栽から令和3（2021）年度までの施業内容及び人工数
（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

苗 齢	植栽年度 H29(2017)	2年目 H30(2018)	3年目 R1(2019)	4年目 R2(2020)	5年目 R3(2021)	合 計
	植栽	下刈り	下刈り	下刈り	下刈り	
1年生苗	6.5	5.5	7.2	(10.6)	16.0	45.8

※表中の数値は、ヘクタールあたり人工数（人日/ha）

※赤字は、森林所有者へ聞き取り調査を実施して算出した人工数（令和2（2020）年度の下刈りは、センダン植栽地とコウヨウザン植栽地で作業を分けずにまとめて実施されている。）

(8) 林況写真 (宮崎県宮崎市コウヨウザン)

① 斜面中部・無処理区



斜面中部・無処理区 (平成 29(2017)年 12 月)



斜面中部・無処理区 (平成 30(2018)年 10 月)



斜面中部・無処理区 (令和元 (2019) 年 7 月)



斜面中部・無処理区 (令和元 (2019) 年 10 月)



斜面中部・無処理区 (令和 3 (2021) 年 11 月)

写真 5-36 斜面中部・無処理区の状況 (宮崎県宮崎市コウヨウザン)

②斜面上部・無処理区



斜面上部・無処理区 (平成 29(2017)年 12 月)



斜面上部・無処理区 (平成 30(2018)年 10 月)



斜面上部・無処理区 (令和元 (2019) 年 7 月)



斜面上部・無処理区 (令和元 (2019) 年 10 月)



斜面上部・無処理区 (令和 3 (2021) 年 11 月)

写真 5-37 斜面上部・無処理区の状況 (宮崎県宮崎市コウヨウザン)

③斜面中部・忌避剤区

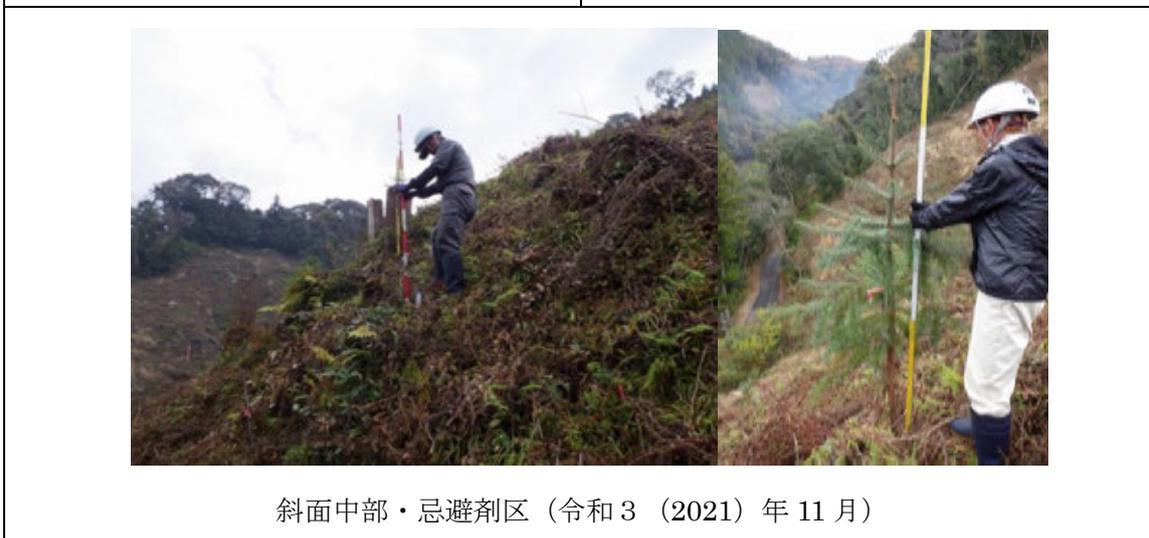
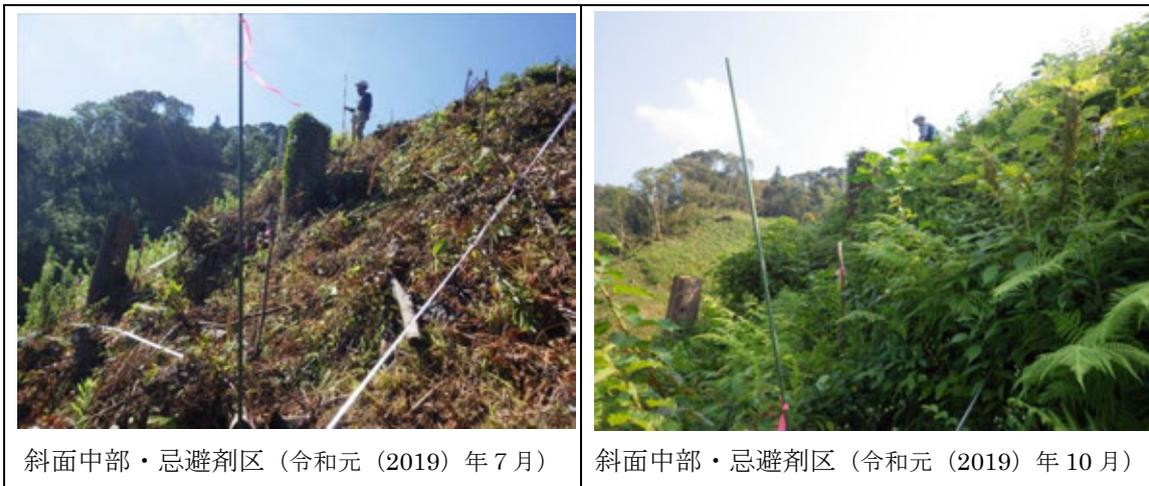
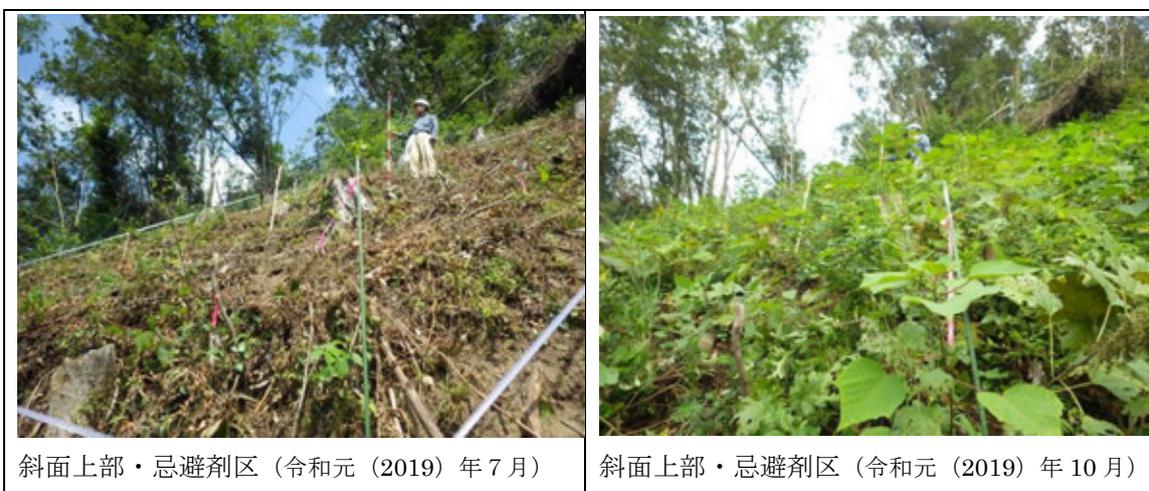
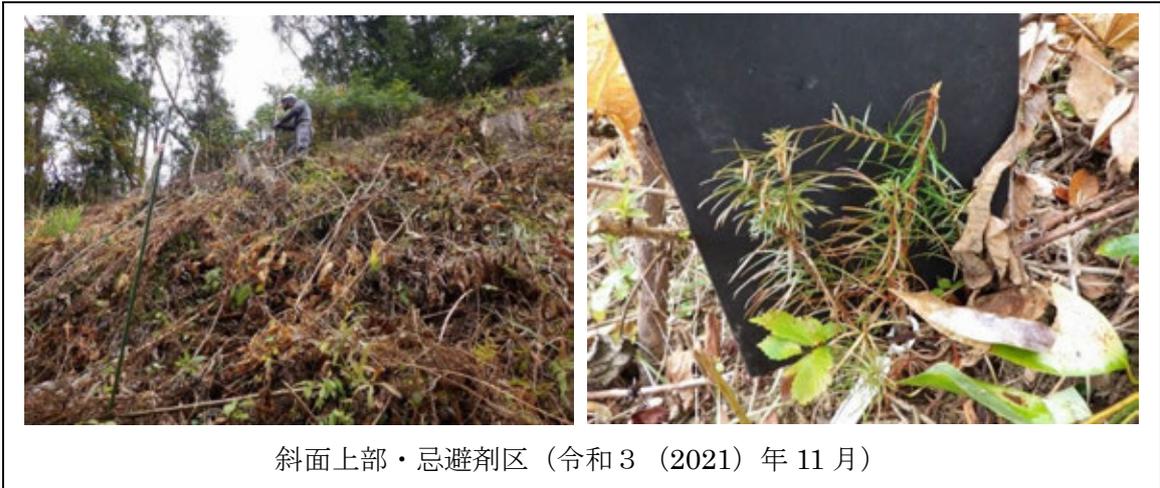


写真 5-38 斜面中部・忌避剤区の状況（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

④斜面上部・忌避剤区

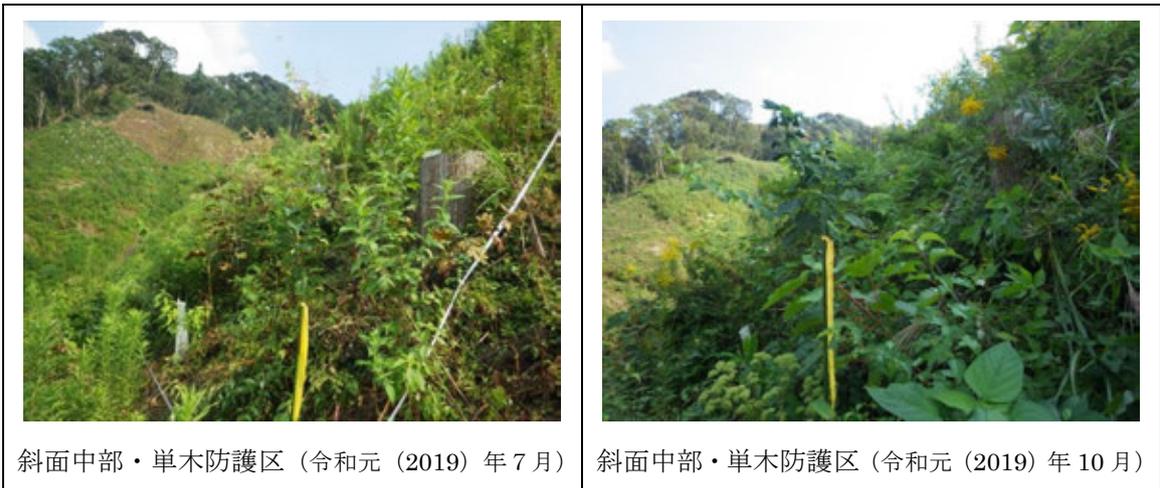




斜面上部・忌避剤区（令和3（2021）年11月）

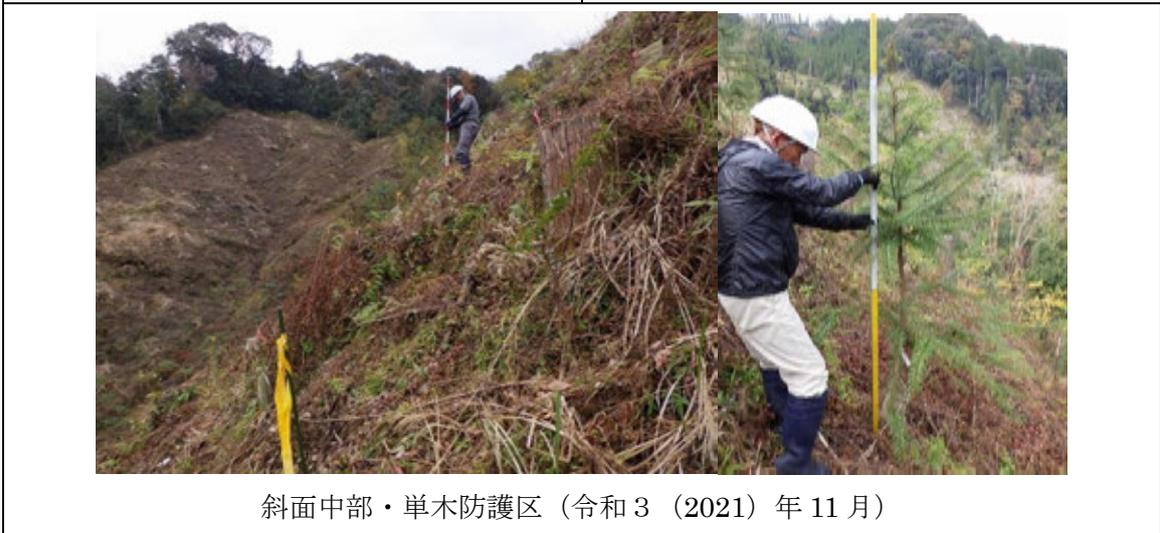
写真 5-39 斜面上部・忌避剤区の状況（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

⑤斜面中部・単木防護区



斜面中部・単木防護区（令和元（2019）年7月）

斜面中部・単木防護区（令和元（2019）年10月）



斜面中部・単木防護区（令和3（2021）年11月）

写真 5-40 斜面中部・単木防護区の状況（宮崎県宮崎市コウヨウザン）

⑥斜面上部・単木防護区

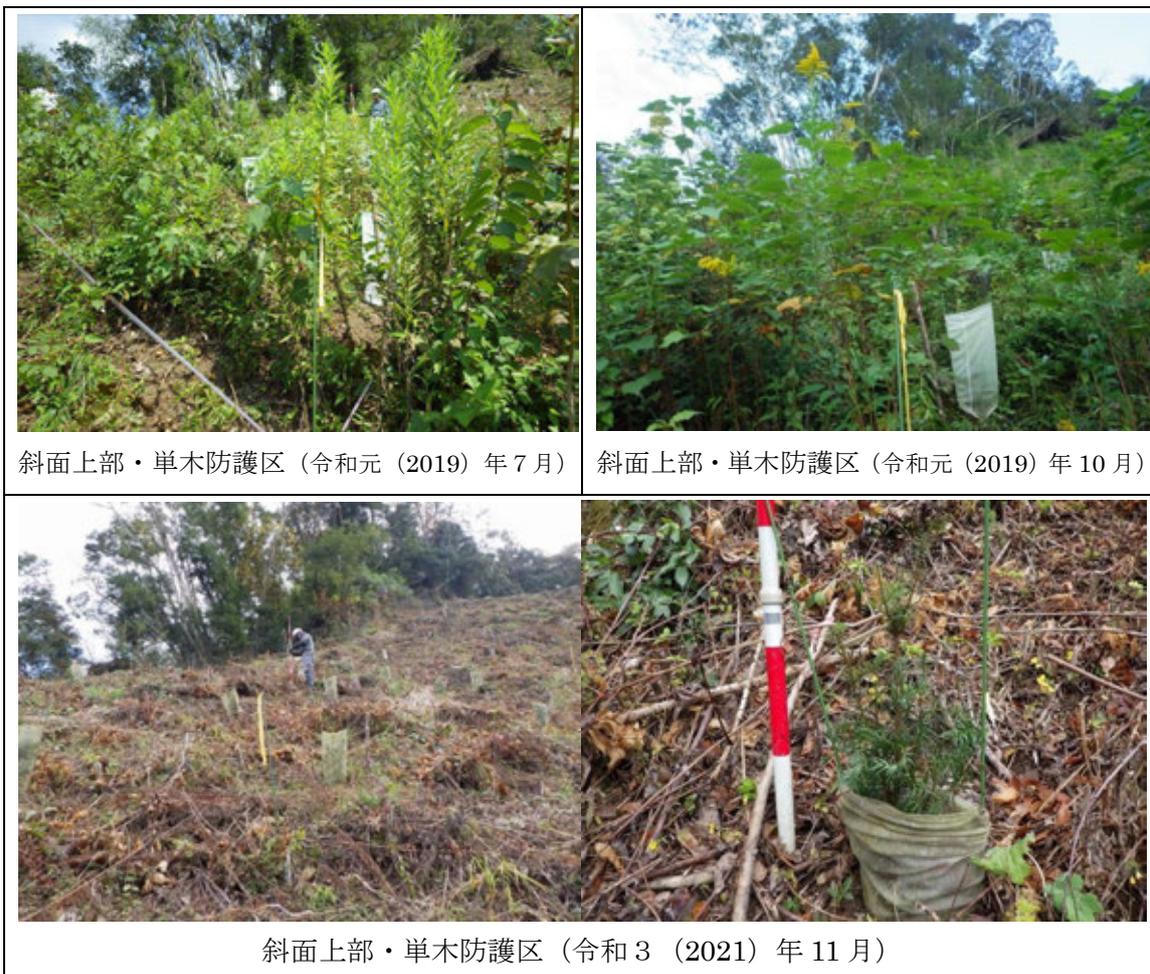


写真 5-41 斜面上部・単木防護区の状況 (宮崎県宮崎市コウヨウザン)

5-3-4. コウヨウザンの調査結果まとめ

【コウヨウザンの苗木の苗齢について（裸苗）】

富山県立山町及び広島県北広島町の実証植栽地では、コウヨウザンの1年生及び2年生の裸苗を植栽してそれぞれ調査プロットを設置し、植栽時の苗木の苗齢の違いによるコウヨウザンの生存率や成長状況を検証した。

富山県立山町の実証植栽地では、植栽から約4年が経過した令和3（2021）年10月時点の生存率が1年生苗で58%、2年生苗で72%となり、1年生苗の生存率の方が低くなっていた。一方で、主軸の折損等の被害については2年生苗の方に多く確認された。また、コウヨウザンの成長状況については、令和3（2021）年10月の時点で4成長期が経過しているにもかかわらず、1年生苗の平均樹高が48.6cm、2年生苗の平均樹高が53.7cmとほとんど成長していないことが分かった。

コウヨウザンがほとんど成長していなかった要因として、シカによる食害のほか、冬期の積雪や寒害によると思われる主軸の折損・枯損により、コウヨウザンの主軸が伸長する前に欠損してしまっている状況が考えられた。このような条件下では、苗齢にかかわらずコウヨウザンの成長が大きく阻害される可能性があることに注意する必要がある。

広島県北広島町の実証植栽地では、ノウサギによる被害が頻繁に見られたにもかかわらず、植栽から約4年が経過した令和3（2021）年12月の時点の生存率が1年生苗、2年生苗ともに9割以上と高い値を示した。このことは、苗齢にかかわらずコウヨウザンはノウサギ被害では枯死しにくい可能性を示している。一方で、平均樹高については、1年生苗が101.9cm、2年生苗が142.8cmと2年生苗の方が高くなっていた。ノウサギが主軸を摂食できる高さには限りがあると考えられるため、樹高が高い2年生苗を植栽した方が、ノウサギに主軸を摂食されない高さにより早く到達できる可能性がある。

【コウヨウザンの植栽に適した立地環境（山地）】

宮崎県宮崎市の実証植栽地では、山地の斜面中部と斜面上部にコウヨウザンを植栽し、斜面位置によるコウヨウザンの成長の違いを検証した。

植栽から約4年が経過した令和3（2021）年12月の調査では、斜面中部に植栽したコウヨウザンの方が、斜面上部に植栽したコウヨウザンよりも生存率・成長ともに良好だった。ただし、本実証植栽地ではほとんどのコウヨウザンがノウサギによる食害を受けていたため、生存率や成長の差が立地環境の違いによるものかどうかの特定はできなかった。

【防除処理別のノウサギ被害の発生状況】

広島県北広島町の実証植栽地では、令和元（2019）年7月にノウサギ防除資材を設置した。設置から約3カ月後の令和元（2019）年10月の調査では、無処理区と忌避剤区にノウサギ

被害が認められた。忌避剤区では、忌避剤の散布後に新しく伸長した部分が食害を受けていた。一方で、単木防護区では1年生苗、2年生苗ともにノウサギ被害が確認されなかった。

設置から約2年半の令和3（2021）年12月の調査では、単木防護区を含む全ての調査プロットでノウサギ被害が確認された。ただし、無処理区及び忌避剤区については、主軸への被害は令和元（2019）年度の調査時点よりも減少しており、被害形態の多くは主軸以外（側枝など）への被害だった。このことは、コウヨウザンの樹高が大きくなると主軸への被害が減少する可能性を示唆している。また、これまで被害が確認されなかった単木防護区で新たに被害が確認された要因として、冬期の積雪による重みによって、設置していた単木防護資材のネット部分がずり落ちていたことが考えられた。

ノウサギ被害を受けていた部位は、地面から約80cmの高さまでに確認された。冬期の積雪がノウサギの足場になり、ノウサギが通常よりも高い位置まで食害できた可能性がある。

宮崎県宮崎市の実証植栽地では、令和元（2019）年7月にノウサギ防除資材を設置した。設置から約3カ月後の令和元（2019）年10月の調査では、無処理区と忌避剤区でノウサギ被害が確認された一方で、単木防護区では被害が確認されなかった。

設置から約2年半の令和3（2021）年11月の調査では、単木防護区を含む全ての調査プロットでノウサギ被害が確認された。ただし、ノウサギ被害を受けていたコウヨウザンの割合は単木防護区が最も少なかった。また、全ての調査プロットで、ノウサギ被害の割合が増加していた。令和元（2019）年度にノウサギ被害が確認されなかった単木防護区でも被害が確認された要因として、一部の単木防護資材のネット部分がずり落ちていたことが考えられた。

広島県北広島町と宮崎県宮崎市の事例から、ノウサギ被害に対し単木防護資材は効果があるものの、資材の効果が得られているか定期的に見回り、場合によってはメンテナンスを必要があること、また忌避剤は散布後に新たに伸長した部分には効果が薄いため、旺盛に萌芽を伸ばすコウヨウザンに使用する場合は定期的に散布し直す等の対策を講じる必要があることが分かった。

5-4. コウヨウザン実証植栽地における聞き取り調査

令和3（2021）年度に追跡調査を実施した6箇所以外の5箇所の実証植栽地（全てコウヨウザン植栽地）について、植栽木の生育状況等を把握するため、森林所有者等に聞き取り調査を実施した。結果を表5-34に示す。

表 5-34 コウヨウザン実証植栽地における聞き取り結果

植栽地名	樹種	聞き取り結果
静岡県 小山町	コウヨウザン	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施した。まだ下刈りは必要だと思う。 ・コウヨウザンの成長状況については、おそらく現時点の樹高は50～60cm程度だと思う。まだ雑草木から抜け出しておらず、思ったよりは成長していない。 ・ノウサギ被害については、それほどノウサギが侵入している様子はなかったが、盆栽状になっているコウヨウザンが良く見られるので、食害を受けている可能性がある。
和歌山県 上富田町	コウヨウザン	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない。植栽後半年の間に、降雨が無くてほとんどが枯れてしまっているため。枯れたコウヨウザンについては、その後再生等はしていない様子。 ・コウヨウザンの生育には、水分環境が重要だと思う。
山口県 周南市	コウヨウザン	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度は下刈りをしていないが、令和3（2021）年度は下刈りを実施した。来年度も実施予定。 ・詳細に確認したわけでは無いが、コウヨウザンの樹高はだいたい1mくらいにはなっているのではないかと。また、生存率についてはおよそ7割くらいだと思う。 ・ノウサギ防除資材の効果については、無処理区が最もよくなく、忌避剤と単木防護資材はそれなりに効果が出ていると思う。ただ単木防護資材については、ネットにつる植物や雑草がからまって効果を失っているものも見られる。

徳島県 三好市	コウヨウ ザン	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度は下刈りをしたが、令和3（2021）年度は下刈りを実施していない。 ・コウヨウザンは大きな問題は無く成長していると思う。ただし、ノウサギによる被害は発生している。 ・単木防護区ではノウサギ被害は発生していないが、シカによる食害等が確認されている。
熊本県 水俣市	コウヨウ ザン	<ul style="list-style-type: none"> ・令和2（2020）年度、令和3（2021）年度とも下刈りを実施していない。来年度は下刈りを実施したいと考えている。 ・植栽地には最近行っていないため詳細は不明だが、近くに植栽したヒノキはノウサギやシカによる食害をあまり受けていなかった。 ・元々シカの生息密度は低い地域である。

5-5. 早生樹ガイドラインの改訂

本事業の調査結果を踏まえ、早生樹調査で作成した「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」の改訂を行った。

「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」は、今後の早生樹の導入に参考となるよう、平成 29（2017）年度から令和元（2019）年度までの早生樹調査による調査結果から、既存の早生樹の植栽技術に関する分析結果、早生樹に関する実態調査、植栽及び保育に関する実証成果等を整理し、令和元（2019）年度に作成した。

令和 3（2021）年度は、実証植栽地のうち 6 箇所（センダン 3 箇所、コウヨウザン 3 箇所）における追跡調査の結果を反映し、植栽木の生育状況に関するデータ等を更新した。また、コウヨウザンに関するノウサギ被害の防除資材についての効果についても、新たに得られた知見を反映させた。

6. 学識経験者等からの意見聴取

事業の実施にあたり、調査結果や作成した資料について技術的指導や助言を受けるため、学識経験者等に意見聴取を実施した。聴取した意見の概要を以下に示す。

なお、意見を聴取した学識経験者及び聴取の時期や内容については、「1-3. 事業内容」の「(4) 学識経験者等からの意見聴取」(7~8ページ)に記載している。

6-1. 低密度植栽技術実証植栽地における追跡調査について

(1) 今年度の調査結果について

【茨城県日立市ヒノキ】

- ✓ 一部のプロットで生存率が低くなったのは、周囲の植生の影響が大きかったと思われる。(寺岡氏)
- ✓ 一部のプロットの生存率が低くなっているが、低密度植栽を広く行っていく上で、このような状況になることも十分考えられる。仮に生存率が50%になったとして、2,500本/haであればまだ1,250本/ha残るが、1,100本/haだと550本/haになってしまう。低密度植栽の最大の弱点ともいべき部分のため、丁寧に説明すべきである。(大矢氏)
- ✓ 伐採から植栽までに2~3成長期が経過していることも影響しているのではないかと。皆伐後に光環境が改善されて雑草が繁茂し、2年以上も地下部に養分を蓄えているため、植栽前に地拵えをしたとしても翌年には雑草がかなり高くなっていたと思われる。そのため、特に水分条件が良かった斜面下部で雑草が繁茂し、植栽木を被圧したのではないかと。(大矢氏)

【富山県立山町スギ】

- ✓ 植栽したスギの成長が悪いが、無花粉スギであることは影響していないと考える。富山県が育種してきた無花粉スギには、初期成長が優れた品種が存在するため。茨城県日立市(ヒノキ)の事例と同様、伐採から植栽まで2年ほど経過しており雑草の勢力が強かったのが主な要因ではないかと。(大矢氏)

【岐阜県高山市カラマツ】

- ✓ 生存率が低くなったプロットは、調査対象から外すことも考えてよい。同じ植栽密度区内で植栽木が多く生存している場所にプロットを設置し直すのであれば、カラマツなので輪生枝から樹高成長を復元することは可能である。(寺岡氏)
- ✓ 生存率の低下は、植栽密度とは関係ないと考えてよい。また、下刈り終了時期に関するデータが得られたので、それでよしとしてもよいのではないかと。(駒木氏)
- ✓ 特に2,500本/ha区では隣同士の植栽木の樹冠が接する時期に近づいているとあるが、写真を見る限りでは接し始めたとしてもスカスカであり林床が暗くなっていないように見える。カラマツについては、樹冠の接触と林分閉鎖は分けて考える必要がありそうである。(山川氏)

【宮崎県椎葉村スギ】

- ✓ 宮崎県椎葉村（スギ）の樹冠幅の成長が遅いのは、スギの品種による可能性もある。（澁谷氏、寺岡氏）
- ✓ 宮崎県椎葉村（スギ）の樹冠幅の成長について、挿し木苗の系統によっては樹高優勢・樹冠幅劣勢の成長特性を有するものもある。（橋本氏）
- ✓ 宮崎県椎葉村（スギ）の樹冠幅の成長が遅いとあるが、周囲の雑草木による被圧と品種、どちらも影響している可能性はある。ただし、手持ちのデータ（九州の挿し木苗）と比較して、極端に樹冠幅が狭いという訳ではない。（山川氏）

【その他】

- ✓ 低密度植栽では林冠閉鎖が遅れるため、つる植物による巻き付きのリスクは長く残ると考えられる。ただしデータが十分ではないため、今後の検証が必要である。（山川氏）
- ✓ 今後の調査については、つる切りや除伐に焦点をあてた調査ができると良い。（山川氏）

（2）低密度植栽技術指針、低密度植栽事例集、パンフレットの改訂について

- ✓ 技術指針の13ページやパンフレットの9ページ等に、今後の課題として林冠閉鎖の遅れによるつる切りや除伐への影響の評価が必要であることを明記したほうが良い。（山川氏）
- 技術指針の13ページについて、本事業においては樹種の並びはスギ、ヒノキ、カラムツの順となっているため、この順番にすること。（橋本氏）
- 技術指針の15～18ページについて、事例が九州に偏っている。また、宮崎県椎葉村の事例が掲載されており、初期成長が良好でない造林地でも低密度植栽が可能ということを示唆している。造林学的には大変意義深いですが、そもそも造林の大前提は適地適木であることに留意する必要がある。（橋本氏）

6-2. 低密度植栽における施業体系の整理について

【資料全体について】

- ✓ 本資料全体について、もっと簡潔な表現を用いて低密度植栽の推進についてアピールするような表現にしても良いのではないか。また、低密度植栽を実施し、立派に成林している施業地のような成功例が示せれば、普及に当たっての強いインパクトとなるのではないか。(今富氏)
- ✓ 基本的にほとんどが幼齢段階の事例である。そのため、低密度植栽や省力保育によって保育された30年生以上の事例をできるだけ集めることが重要である。(寺岡氏)

【低密度植栽と従来の植栽密度における施業の比較(3~4ページ)】

- ✓ 3~4ページのフローチャートについて、このページが非常に重要であり、もっと直感的にイメージしやすいものにした方が良い。また、これ以降のページで説明する部分については、該当するページ数を記載すること。(山川氏)
- ✓ 3ページのフローチャート、施業における主な生産目標について、表現の仕方を検討すること。低密度植栽の推進という視点からは、明るい表現が望ましい。(今富氏)
- ✓ 低密度植栽で林冠閉鎖が遅れたときについて、具体的に記述すること。素直につる切りや除伐のコストが増加する可能性について記述したほうが良い。(山川氏)
- ✓ 3ページのフローチャートについて、林冠閉鎖の時期は除伐の後にすること。また、低密度植栽の場合、林冠閉鎖は従来より数年遅れることを追記すること。(橋本氏)
- ✓ 従来の施業の除伐の項目で「除伐を1~数回程度実施し」とあるが、除伐は造林地に侵入してきた目的外の侵入樹種を取り除くことが目的であり、何度も実施するものではない。「除伐を1回程度実施し」とした方が良い。(駒木氏)
- ✓ 従来の施業で「間伐を3回以上実施」とあるが、保育間伐なのか搬出間伐なのかの記載がない。低密度植栽の利点は、利益を生まない保育間伐を1~2回程度省略できることであるため、それをイメージできるような記載にすること。(大矢氏)

【低密度植栽における下刈り後の保育作業(7ページ)】

- ✓ 林冠閉鎖の時期についての項目は、何年くらいで林冠閉鎖に至るのかにより、つる切りや除伐に影響を及ぼすため重要なポイントである。カラマツについては岩手県盛岡市の事例が示されているが、ここは他のカラマツ試験地より成長が遅いため、この事例を標準とするべきではない。スギ、ヒノキについても同様だが、標準的な成長をした試験地を選ぶこと。(大矢氏)

【低密度植栽における間伐(8ページ)】

- ✓ 伐期は40~50年を想定しているようだが、スギやカラマツは良いがヒノキはこれより長くなる可能性があることに留意すること。(橋本氏)
- ✓ 「低密度植栽では従来の植栽密度より間伐の回数を減らすことができる」とあるが、特に保育間伐を減らすことができる点を強調したほうが良い。また、カラマツに関しては成林した事例が見つからないため、シミュレーションの事例が良い。(大矢氏)

- ✓ 「低密度植栽では、採算性の劣る若齢時の間伐を避けられ」とした方が良い。間伐の採算性がプラスであれば間伐回数は多くても良いということになるため、間伐回数が減少することは、必ずしもプラスになるとは限らない。(澁谷氏)

【低密度植栽における主伐（9ページ）】

- ✓ カラマツの主伐についての項目で、「材価の低い末口径 14cm 未満の丸太材積は、植栽密度が低いほど減少」とあるが、本州では土木用などで小径木の材価が高い場合もある。一概に 14cm 未満のカラマツの材価が安いとは言えないため、この部分は削除すること。(駒木氏)
- ✓ 低密度植栽や省力保育で、これくらいの林分になるという事例を挙げて「ちゃんと成林する」ことが示せば良い。その際には、胸高直径や樹高、幹材積だけでなく細りや曲がり等も示せば良い。なお、広島県福山市の国有林の低密度植栽地は、それらに必要なデータを含んでいる。(寺岡氏)

【低密度植栽における木材の形質や強度について（10～11 ページ）】

- ✓ 樹幹の細りについての測定方法やヤング率について、説明を入れた方が良い。(橋本氏)
- ✓ カラマツの材の形質や強度については、グイマツ F 1 もカラマツと同じ傾向を示すと考えて問題ない。(澁谷氏)
- ✓ 低密度植栽における木材の材質や強度についての項目について、結果の羅列では非常に見難い。結局は製品規格に求められる強度をクリアしているかどうか重要なため、具体的な数値を記載すること。(山川氏)

6-3. 早生樹利用による森林整備手法追跡調査について

【議事1. 令和3年度の調査結果について（センダン）】

- ✓ 宮崎県宮崎市の実証植栽地について、立地環境によりセンダンの成長にばらつきがあったという点は重要である。ばらつきが多く、小さい個体も存在したという点はマイナスの要因であり、基本的に相当手をかけないと、センダンとして十分な4 m・末口30cm程度の材に育てるのは難しい、という点は明記すべきである。（宇都木氏）
- ✓ 今回は平均値の議論が中心だったが、どの実証植栽地でも良い成長を示したところと成長が悪かったところの差が明確に出てきている。林分全体としての成長も重要だが、単木ごとにセンダンの成長を追跡していくという視点も重要である。（五味氏）
- ✓ 耕作放棄地については、耕作放棄から植栽までにどのくらいの期間が経過しているのかという点も確認する必要がある。長い間放棄された状態だったのか、それとも数年前まで畑をしていたところなのかといった条件によって、土壌の状態が大きく変わってくる。そのような点についても、物理的・化学的な視点で見ていくことも必要である。（五味氏）
- ✓ 熊本県天草市の実証植栽地は、うまくいかなかった事例としても重要である。これから少子・高齢化が進むということもあり、省力化がどこまでできるかということが大きな課題になってきているが、センダンを家具用の用材として育てるのであれば、最低限ここまではきちんと手をかけないといけないということを示す教訓になったと考える。（田中氏）
- 田中氏の御意見に賛成である。早生樹については、早期に植栽木が成長してバイオマスがあつという間に確保できるといった風潮もあるが、換金性が高いものについてはそれなりにコストをかけないと利益を生まない、ということガイドラインにはしっかりと書いておくべきである。（宇都木氏）
- ✓ センダンの成長にばらつきがあつたということだが、育種がなされていないために個体差が生じたという可能性はないのか、知見があればお伺いしたい。（林野庁）
- 本事業で実証植栽したセンダンについては、全て熊本県に依頼したものであり、県で選抜した優良個体を使用している。そのため、ばらつきについては植栽後の環境等によるものとする。（事務局）
- ✓ 愛知県豊田市の事例でセンダンにこぶ病が発生しているが、こぶ病にかかったセンダンは発生源となるため、すぐに取り除いた方がよい。なお、こぶ病はこれまで愛知県では確認されていないため、植栽時の苗木が既に罹病していた可能性がある。また、虫害についてはゴマダラカミキリの食害で間違いない。（横尾氏）
- ✓ 熊本県天草市の事例について、用材を目的としているならば、本来は最低2 m以上の芽かきが必要である。枝下高2 m以下のセンダンを除いた成長の比較を行ってはどうか。（横尾氏）

【議事2.「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」の改訂について(センダン部分)】

- ✓ 水田跡地へのセンダンの植栽について、愛知県豊田市の実証植栽地は水が周囲から集まりやすい地形であり、滞水が発生しやすい立地環境だったが、尾根筋に棚田を造ったような環境であれば違う結果になる可能性はある。ただし基本的には、水田跡地への植栽は止めるべきである、とまとめた方が良く考える。(事務局)
- 「早生樹は葉から水をたくさん出すため、根から十分に吸水できるような状況が必要であり、それには根が健全であることが前提である。そのため、過湿で根が部分的に腐ったりするような環境はセンダンの植栽に適さない」といったように、科学的な理由を記載しておけばよいのではないか。(宇都木氏)
- 水田跡地が植栽に適さないというわけではなく、水田跡地でも条件によっては植栽に適するところもあるだろうし、一方で特に谷津田のような立地条件では植栽に適さないと考えられる。水田跡地と畑跡地という2つの対立構造を作るのではなく、宇都木氏が言われたように、早生樹の生理的特徴から説明するのが良い。(五味氏)
- ✓ ガイドラインに使用している写真について、今年度に撮影した写真を使用してアップデートすること。(林野庁)
- ✓ 熊本県におけるセンダンの造成面積は、令和元(2019)年度には43.53haに達している。最新の情報としてアップデートすること。(横尾氏)

【議事3. 令和3年度の調査結果について(コウヨウザン)】

- ✓ 広島県ではコウヨウザンの獣害に関する調査をしているが、獣害を受けた後も順調に生育しているところがある一方で、何度も食害を受けて盆栽状になり、全く成長していないところもある。最も効果的なのは単木防護だが、ネット型の資材の場合は必ず落ちたり破れたりすることがある。チューブ状の資材が最も良いが、コストの問題が大きい。(松田氏)
- ✓ 宮崎県宮崎市の実証植栽地について、斜面の上部と中部で食害の状況が異なったという点だが、写真を見ると斜面上部は森林に近い。森林に近いところは動物の隠れ家が多いのでよく食害を受ける、ということは世界中で見られることであり、斜面の上部、中部の問題ではない可能性がある。(宇都木氏)
- ✓ ネット状の単木防護資材を使用する場合は定期的なメンテナンスが必要であるとガイドラインに記載したが、ノウサギが主軸を食べられないような高さにコウヨウザンが成長すればネットを外しても大丈夫であり、メンテナンスの必要もなくなる、というようなことを記載してもよいか。(事務局)
- ノウサギの被害があるところは同時にシカの被害のある場合が多い。シカの場合は結構高いところまで食害を受けるため、ノウサギが届かなくなったから大丈夫、とはならない場合がある。(松田氏)
- ✓ ガイドラインには、植栽したコウヨウザンの生存率についての情報も整理できると良

い。どの程度の生存率を良しとするのか。(五味氏)

- 重要なのは目標林形をどうするかであり、ここを決めない限り、何本で植えて食害率が何%で許容できるのかといったようなことは決められない。(宇都木氏)
- ✓ センダンの場合には家具用の用材を造るという目標があり、いろいろ手をかけてもそれなりの価格で売れるだろうということが言える。一方でコウヨウザンの場合は、何のために植えるのかという点についてもう一回考え直さないといけないのではないか。(田中氏)
- コウヨウザンの用途については、バイオマスが目的で植えられているところが多い。(松田氏)
- ✓ 経済産業省の「エネルギーの森事業」において、コウヨウザンが年間 $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ 増えるというのが触れ込みとなっている。一般的にはスギは年間 $10\sim 12 \text{ m}^3/\text{ha}$ ぐらいと言われており、それに比べればコウヨウザンは倍増えるため、それならばエネルギーに利用できると言われていている。しかし実際の林分で見ると、スギも $5\sim 30 \text{ m}^3/\text{ha}$ まで地域によって様々な増え方をしており、比較をすることは難しい。また、コウヨウザンが仮に年間 $20 \text{ m}^3/\text{ha}$ 増えた場合、乾燥重量だとおよそ 10 トンである。一方で草本や針葉樹などの中には年間で 40 トンから 60 トンを生産するようなものがあり、そのようなものがエネルギーとして使われている。やはり、用材としての用途を明確にすることが先である。(宇都木氏)
- ✓ コウヨウザンについては、食害に遭ってもしぶとく生き残るといところが特徴で良い。(田中氏)

【議事4.「早生樹利用による森林整備手法ガイドライン」の改訂について(コウヨウザン部分)】

- ✓ ガイドラインの 30 ページについて、宮崎県宮崎市の事例を基に、斜面上部の乾燥している地形はコウヨウザンの植栽に適さないとあるが、先ほどの議論ではノウサギによる食害の影響もあったと考えられるため、斜面位置だけでの評価は不可能である。(宇都木氏)
- ✓ コウヨウザンは南方の樹種であるにもかかわらず、わざわざ積雪がある地域まで持ってきて植栽して、積雪のことも考慮した対策が必要という記述は良くないのではないか。(宇都木氏)
- 植栽できるとして東北の南部くらいまで、という報告もあり、確かに北限の問題はあると思う。ただし、意外と東北からの需要がある。(松田氏)
- ✓ 今年度の富山県立山町の調査結果だが、積雪が $1\sim 2 \text{ m}$ という条件下でコウヨウザンの生育が悪くなった結果が出ている。少なくともこのガイドラインでは、積雪が深いところではコウヨウザンの植栽について注意喚起する書きぶりをする必要がある。(林野庁)

- ✓ ガイドラインの 38 ページについて、広島県におけるコウヨウザンの苗木の生産量などは新しいデータがあるため、後ほど提供する。(松田氏)
- ✓ ガイドラインの 32 ページにコウヨウザンの 1 年生苗と 2 年生苗の比較が出ているが、当時は裸苗を使用しており、1 年生苗、2 年生苗としてもイメージがつかない。特に 1 年生苗の場合は苗長が 10cm ぐらいしかなかった。そのため、表の備考欄に試験で用いた苗木のサイズを記載する。(事務局)
- ✓ 広島県では、年間 5 万本くらいコウヨウザンの苗木を生産している。裸苗も生産しているが、現在はほとんどがコンテナ苗である。(松田氏)
- ✓ 本事業については、ぜひ何らかの形で継続していただきたい。(宇都木氏)

令和3年度
低密度植栽技術の導入・早生樹利用による森林整備手法に係る
追跡調査委託事業

報告書

令和4（2022）年3月
（発行）林野庁

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