

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

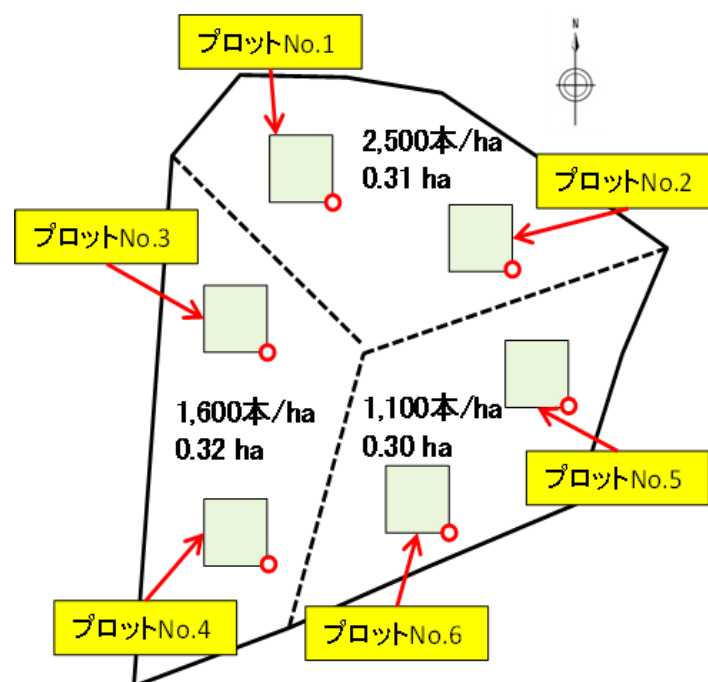


図 3-1 調査プロットの例



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

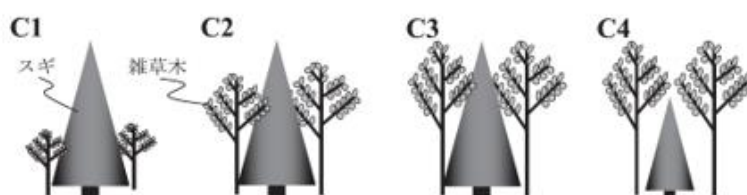


図 3-2 植栽木と雑草木の競合関係の模式図

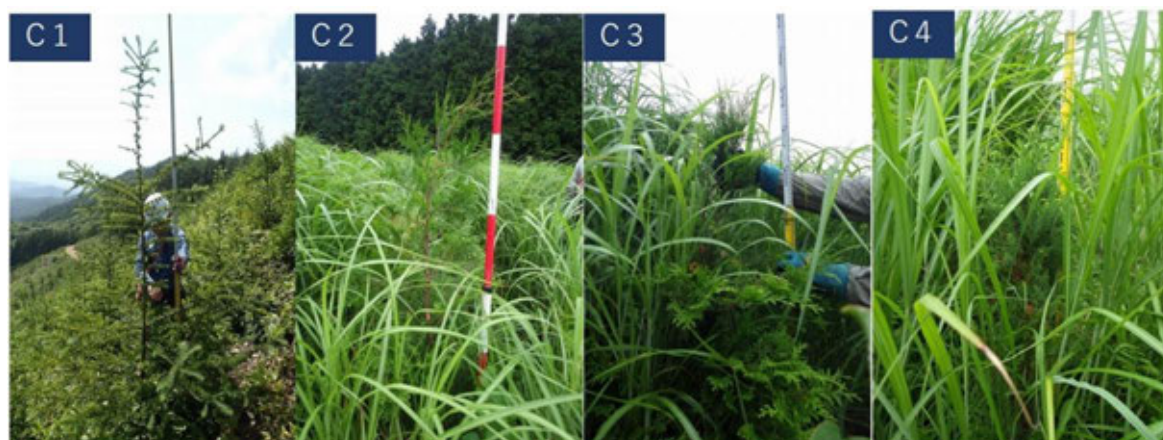


写真 3-2 C1～C4 の例

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。

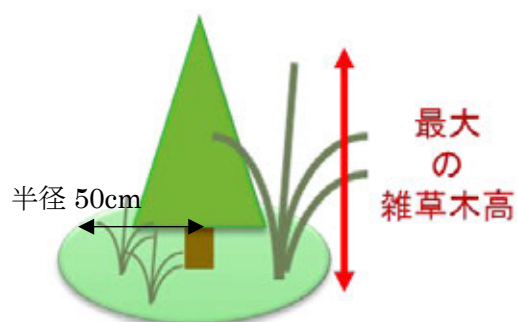


図 3-3 植栽木の半径 50cm にある最大の雑草木の樹高

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 C 1 ～C 4 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	・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	・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）	・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	・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	・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	1.59	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	1.03	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	0.93	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	0.90	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	1.00	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。

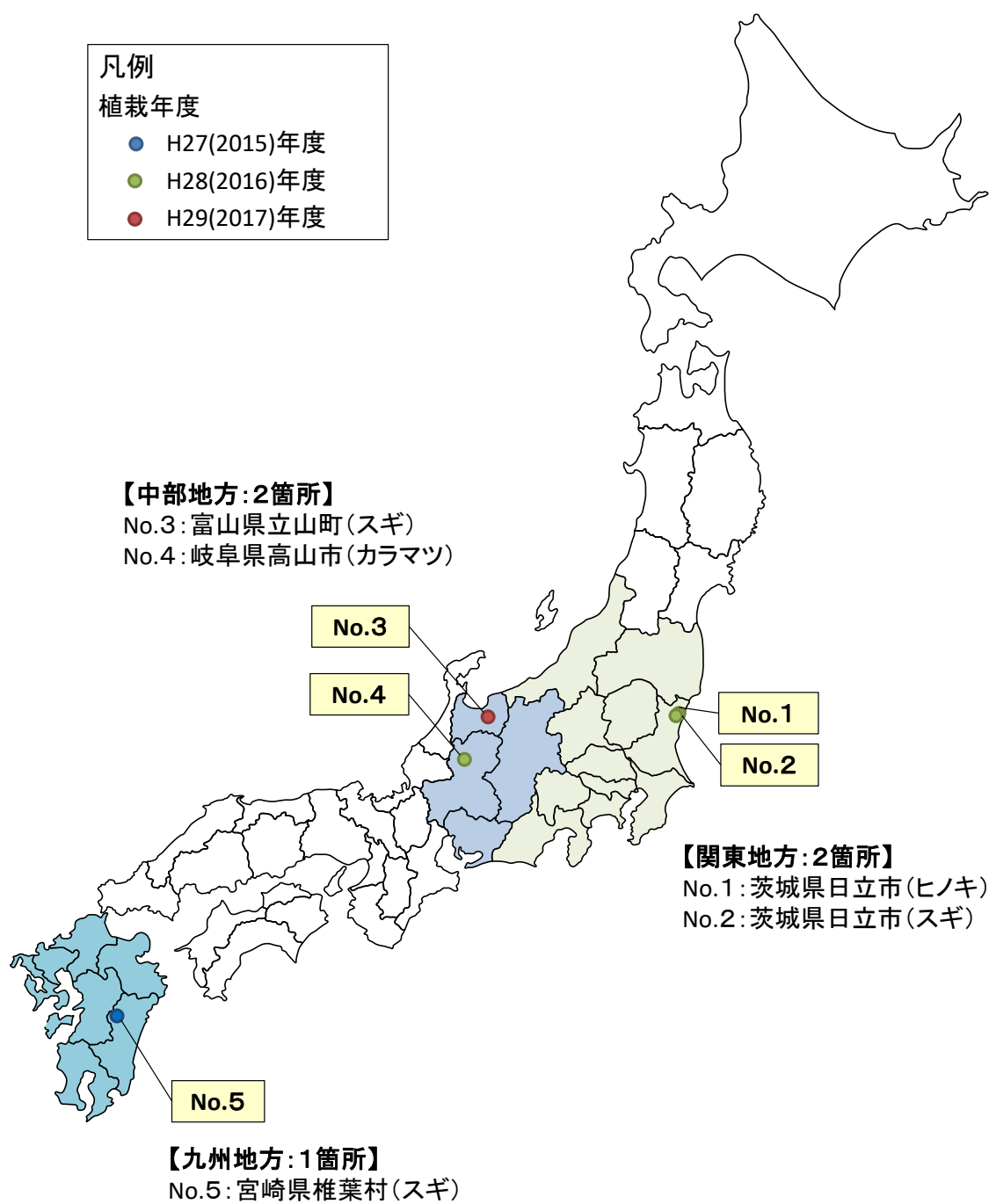


図 3-4 低密度植栽技術実証植栽地の位置図 (全5箇所)

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）。

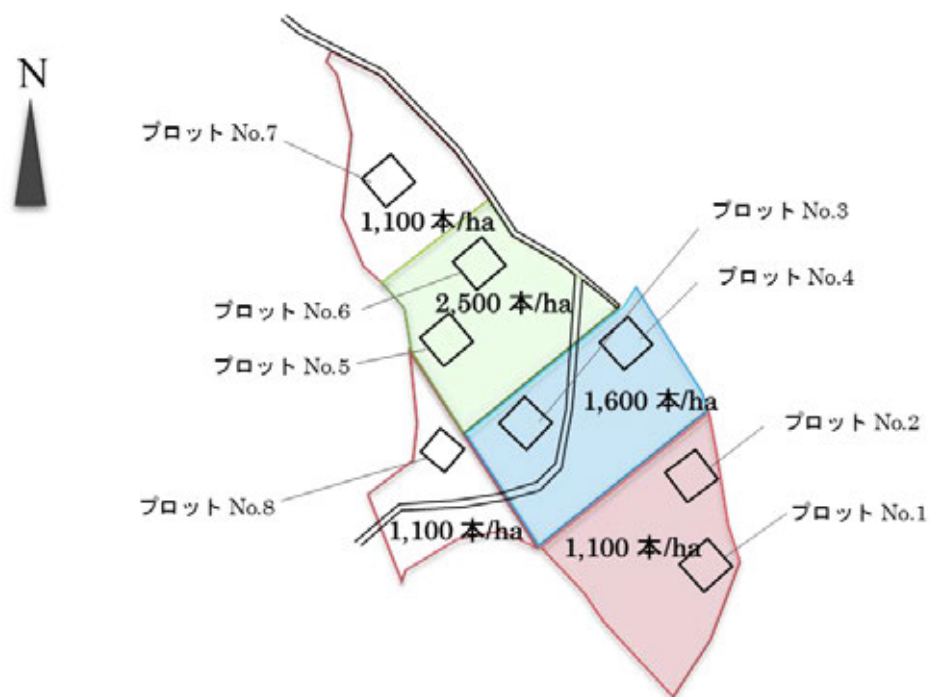


図 3-6 調査プロットの位置図（茨城県日立市ヒノキ）

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 元（2019） 下刈り	R 2（2020）～ 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						活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)	
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)				合計
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、±の後の数値は標準偏差を示す

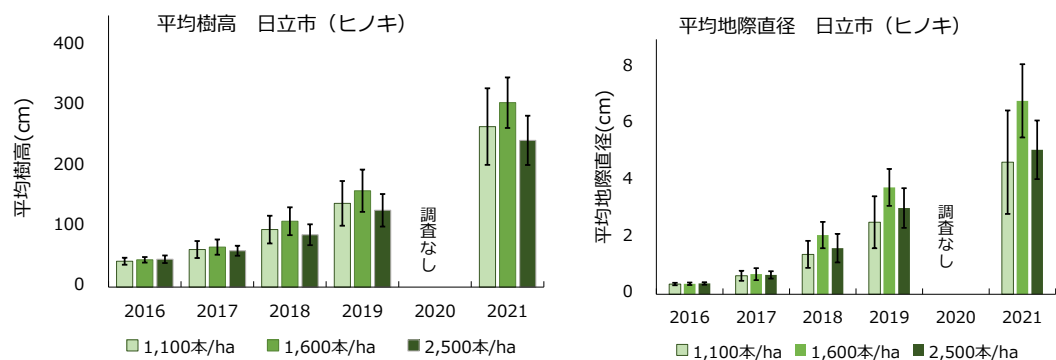
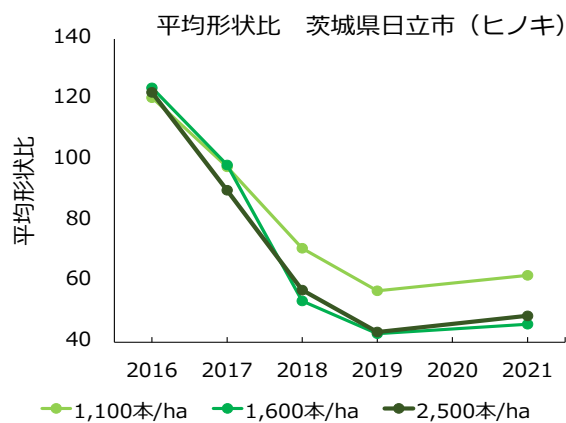


図 3-7 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（茨城県日立市ヒノキ）



※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】

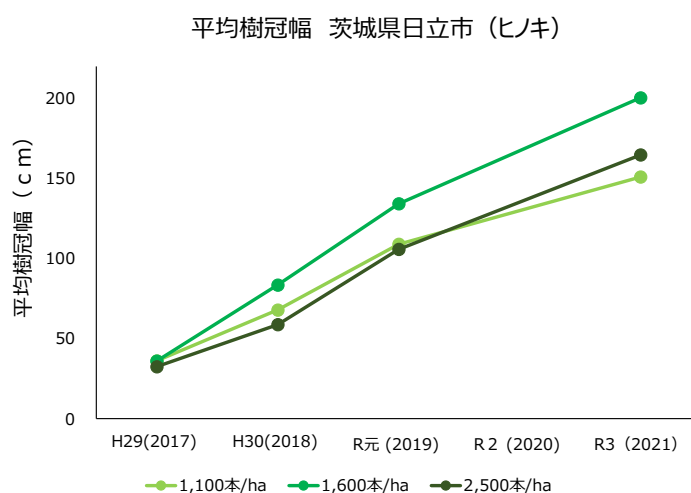
平成 29（2017）年度から令和 3（2021）年度までの植栽木の樹冠幅（直径）の推移を表 3-12、図 3-9 に示す。また、令和 3（2021）年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-6 に示す。

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（cm）				
	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。

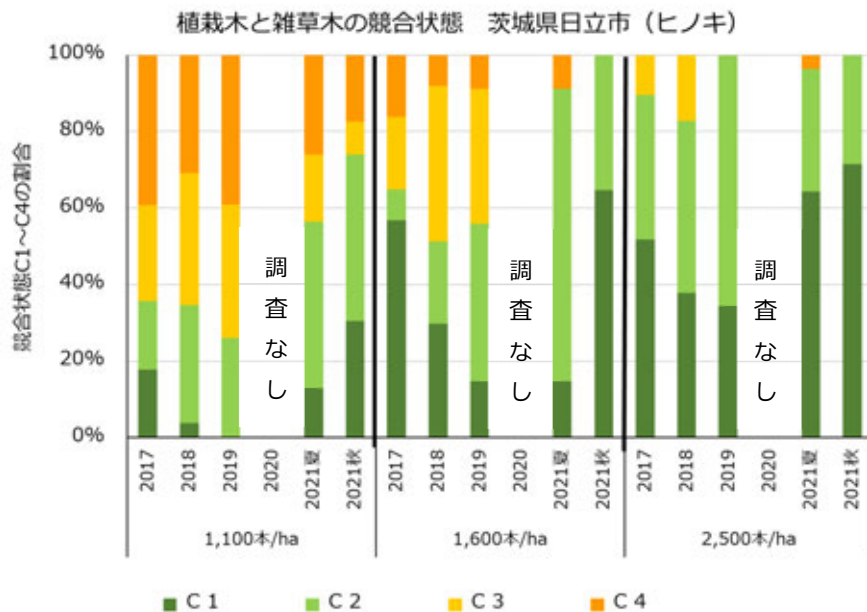
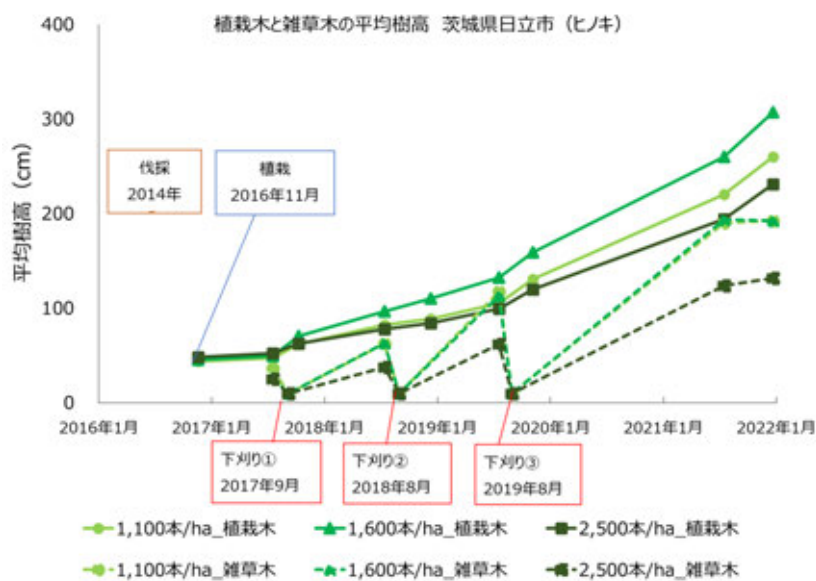


図 3-11 植栽木と雑草木の競合状態（茨城県日立市ヒノキ）



※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



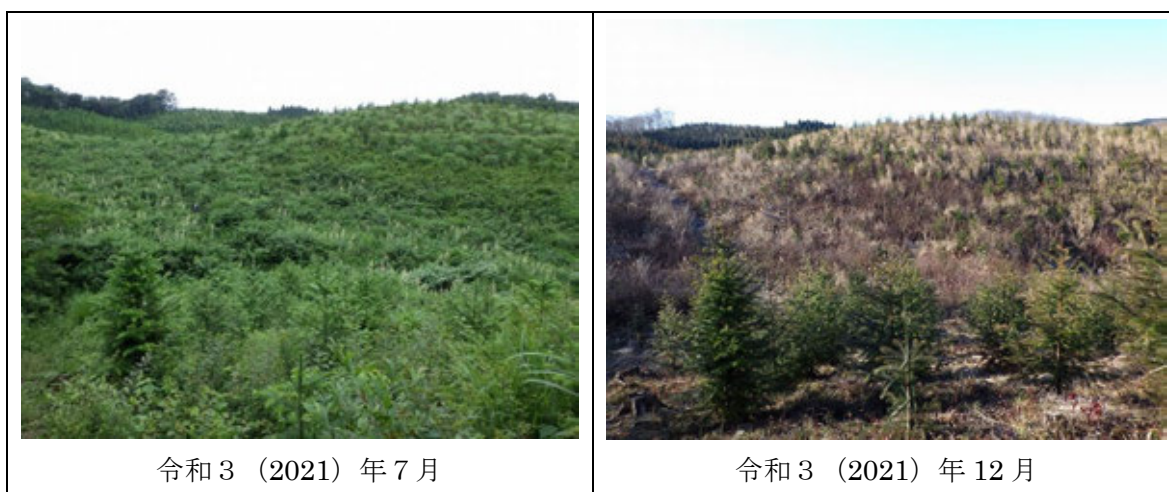
平成 30 (2018) 年 10 月



令和元 (2019) 年 7 月



令和元 (2019) 年 10 月



※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 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）。

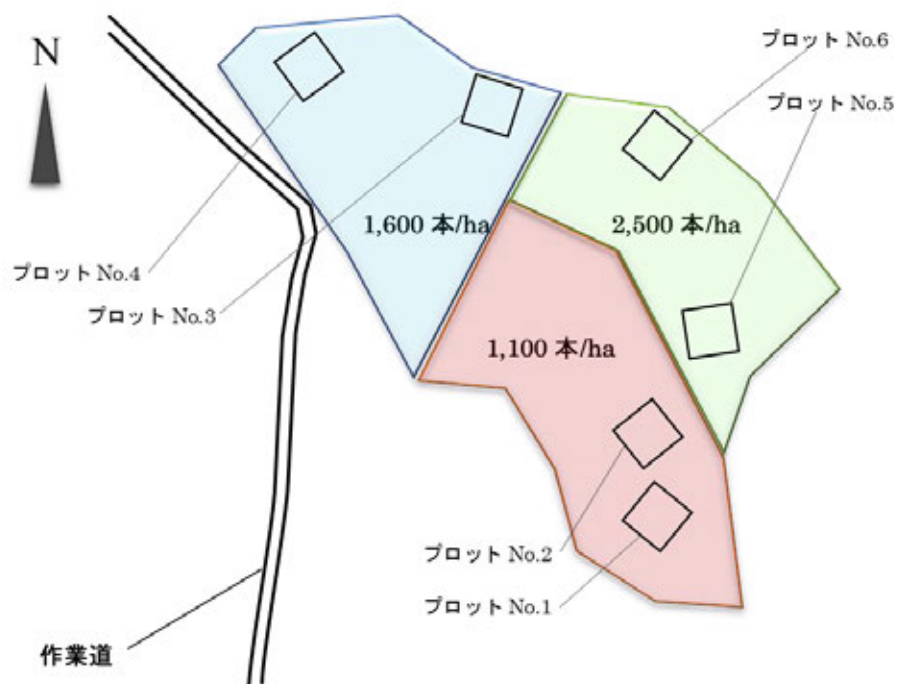


図 3-14 調査プロットの位置図（茨城県日立市スギ）

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						活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)	
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)				合計
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

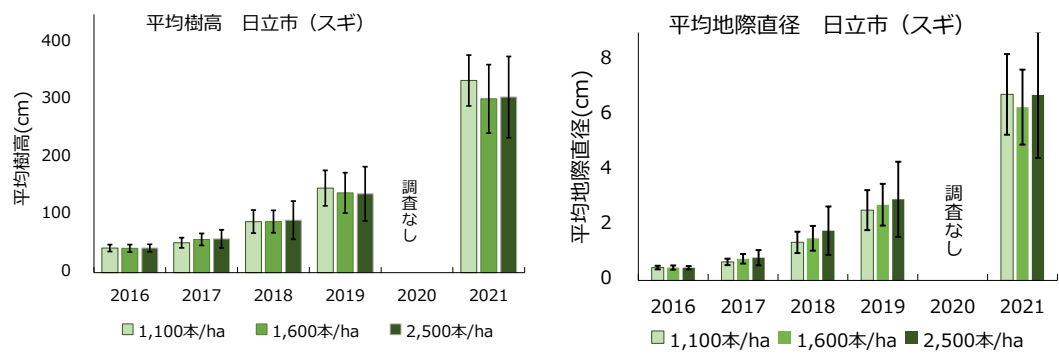
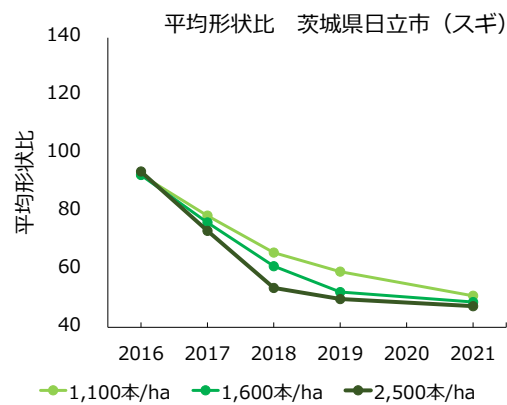


図 3-15 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（茨城県日立市スギ）



※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】

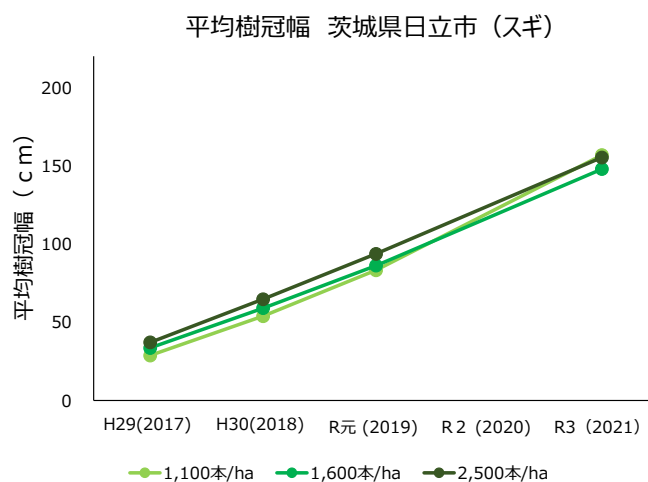
平成 29（2017）年度から令和 3（2021）年度までの植栽木の樹冠幅（直径）の推移を表 3-22、図 3-17 に示す。また、令和 3（2021）年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-11 に示す。

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)	R2(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。

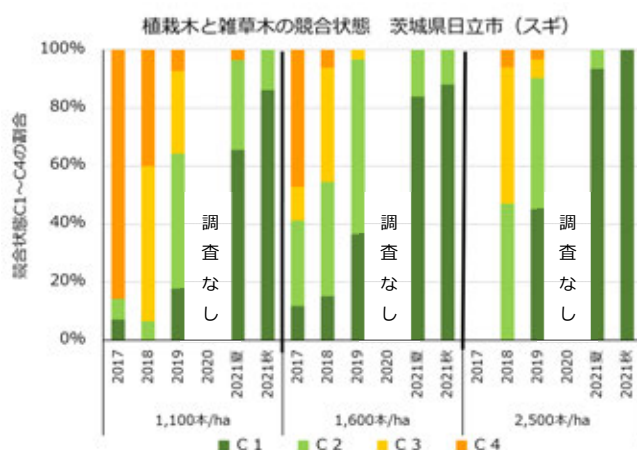


図 3-19 植栽木と雑草木の競合状態（茨城県日立市スギ）



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・チヂミザサ・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況（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
・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
・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
・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
・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

	
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 3-13 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）

	
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 12 月
	
令和元 (2019) 年 7 月	令和元 (2019) 年 11 月
	
令和 3 (2021) 年 7 月	令和 3 (2021) 年 12 月

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）。

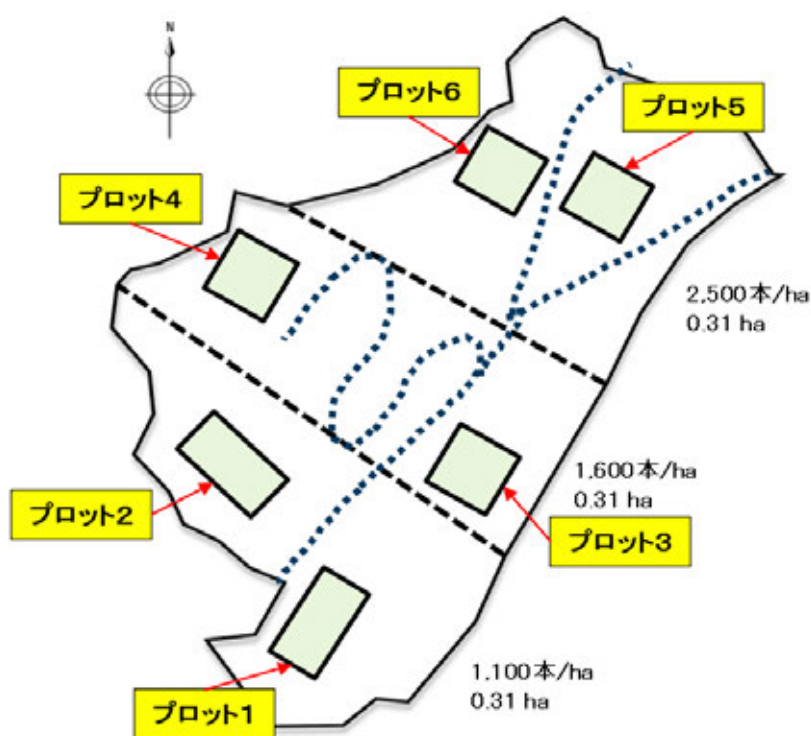


図 3-22 調査プロットの位置図（富山県立山町スギ）

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)	R 2 (2020)	R 3 (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)	R 2 (2020)	R 3 (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)	R 2 (2020)	R 3 (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。）

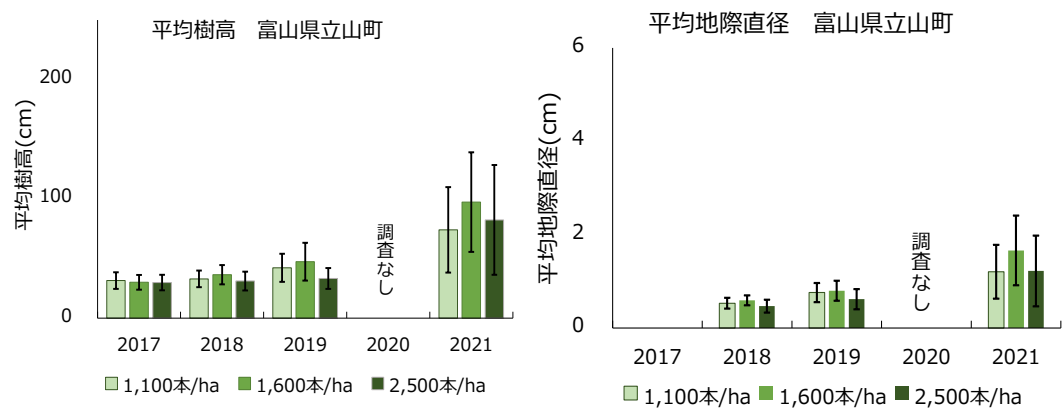
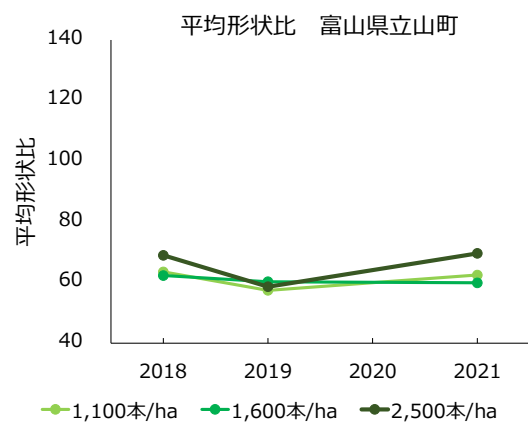


図 3-23 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（富山県立山町スギ）



※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。

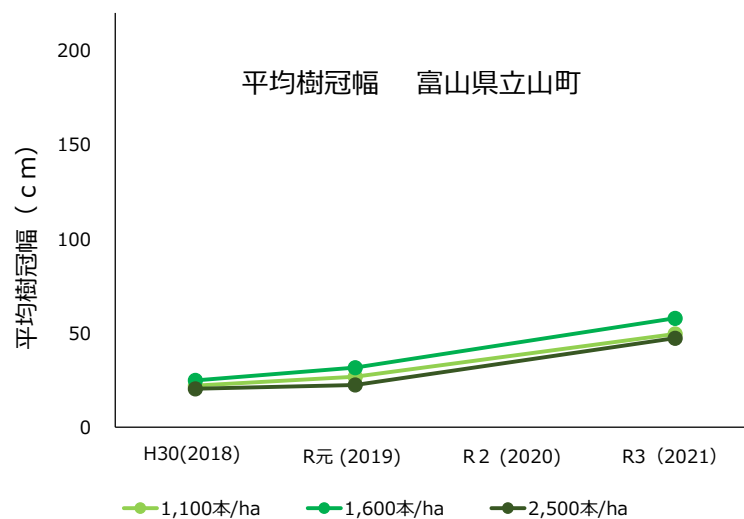
令和 3（2021）年度における樹冠幅は、どの植栽密度も約 40～60cm と、植栽後からあまり成長していない。また、植栽密度間で大きな差は見られなかった。

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。

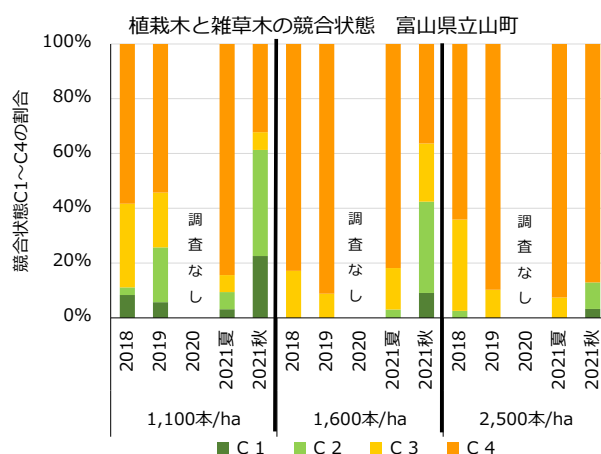


図 3-26 植栽木と雑草木の競合状態（富山県立山町スギ）



※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
・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
・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
・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）

 地拵え前（平成 29（2017）年）	 植栽後（平成 29（2017）年）
 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 6 月	 令和 3（2021）年 10 月

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)

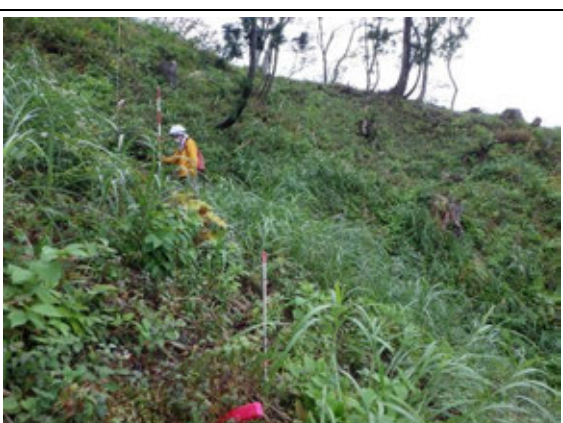
	
平成 30 (2018) 年 7 月	平成 30 (2018) 年 10 月
	
令和元 (2019) 年 7 月	令和元 (2019) 年 10 月
	
令和 3 (2021) 年 6 月	令和 3 (2021) 年 10 月

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」の平年値を基に、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）。

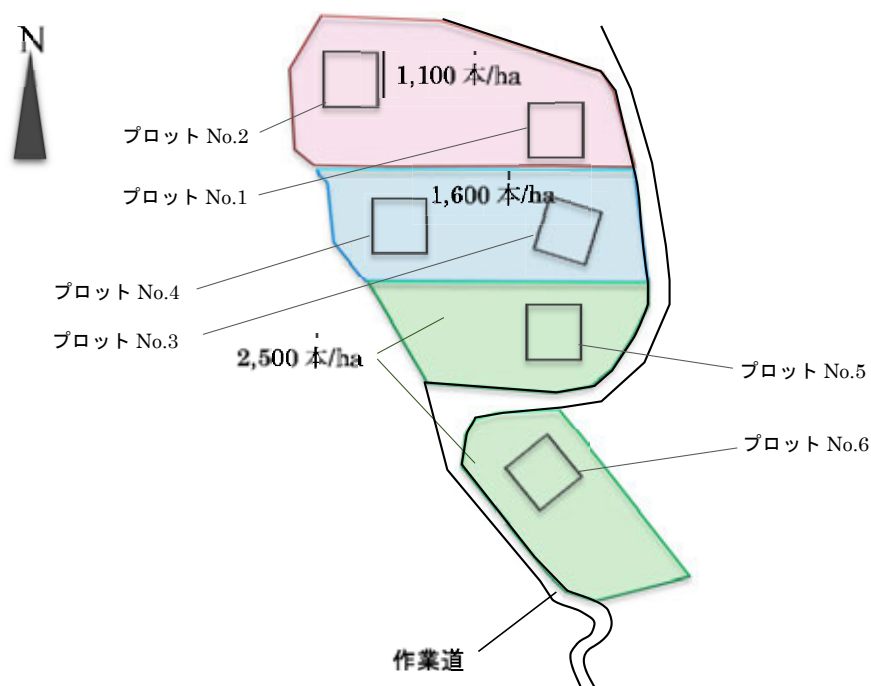


図 3-29 調査プロットの位置図（岐阜県高山市カラマツ）

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）～ 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 3-39 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)				合計
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)	R 2（2020）	R 3(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)	R 2（2020）	R 3(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)	R 2（2020）	R 3(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、±後の数値は標準偏差を示す

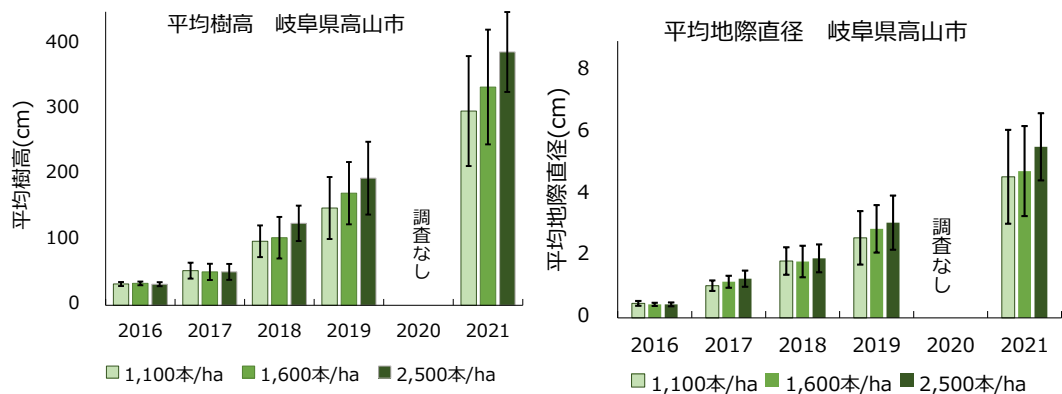
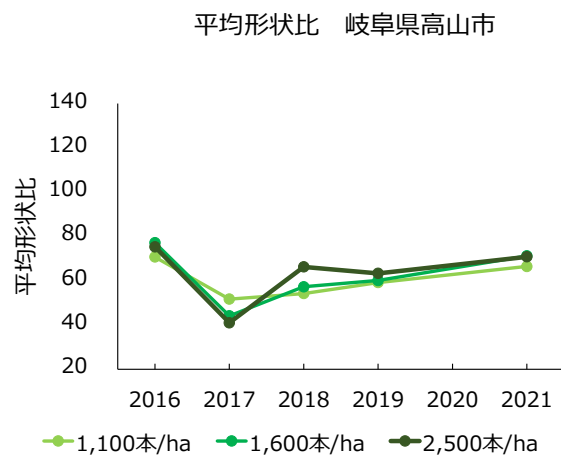


図 3-30 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移
（岐阜県高山市カラマツ）



※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】

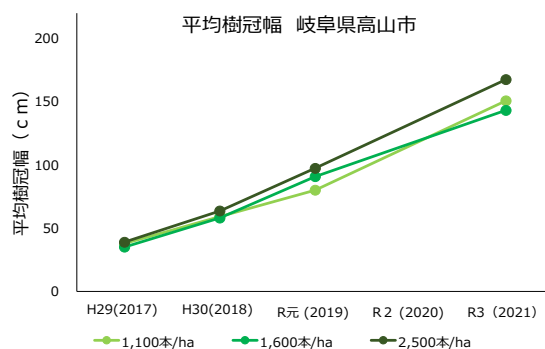
平成 29（2017）年度から令和 3（2021）年度までの、植栽木の樹冠幅（直径）の推移を表 3-42、図 3-32 に示す。また、令和 3（2021）年度における植栽木の樹冠の広がり具合を写真 3-23 に示す。

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（cm）				
	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	R2(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。

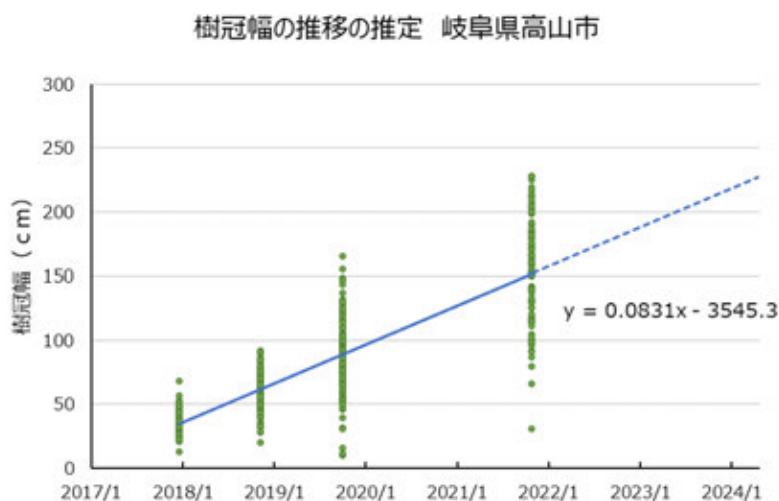


図 3-33 樹冠幅の推移の推定（岐阜県高山市カラマツ）

【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。

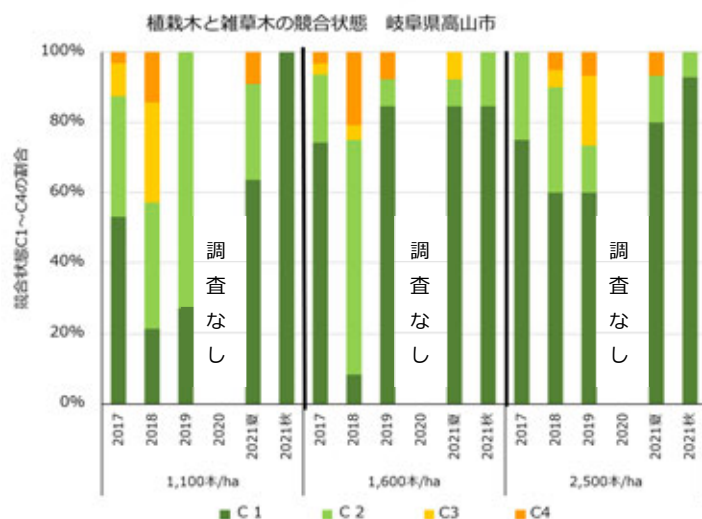
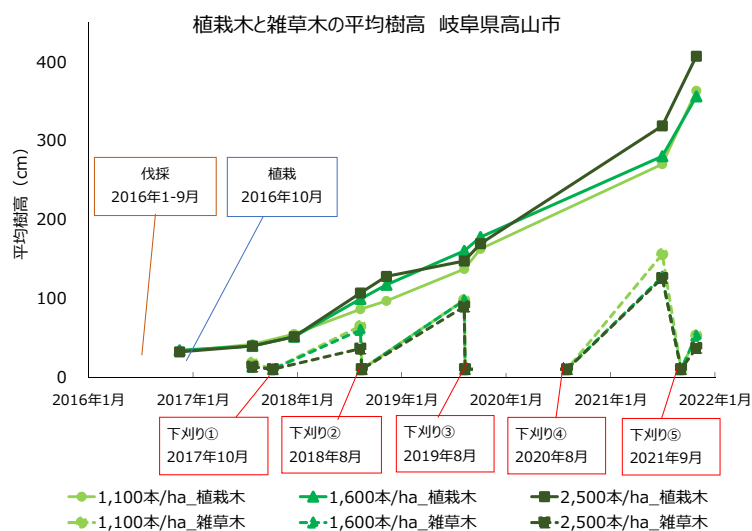


図 3-34 植栽木と雑草木の競合状態（岐阜県高山市カラマツ）



※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・イボタノキ ・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
・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
・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
・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
・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
・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)

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

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)

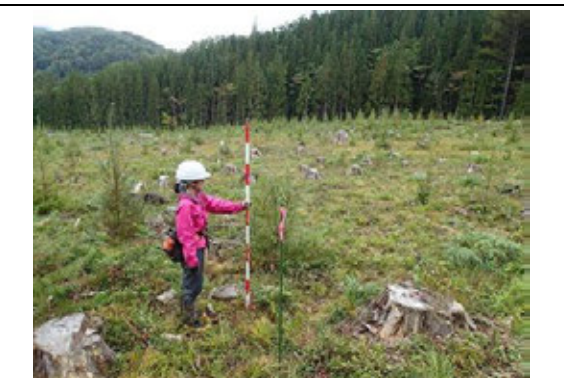
	
植栽後(平成28(2016)年11月)	平成29(2017)年8月
	
平成30(2018)年7月	平成30(2018)年10月
	
令和元(2019)年7月	令和元(2019)年10月
	
令和3(2021)年6月	令和3(2021)年10月

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）			

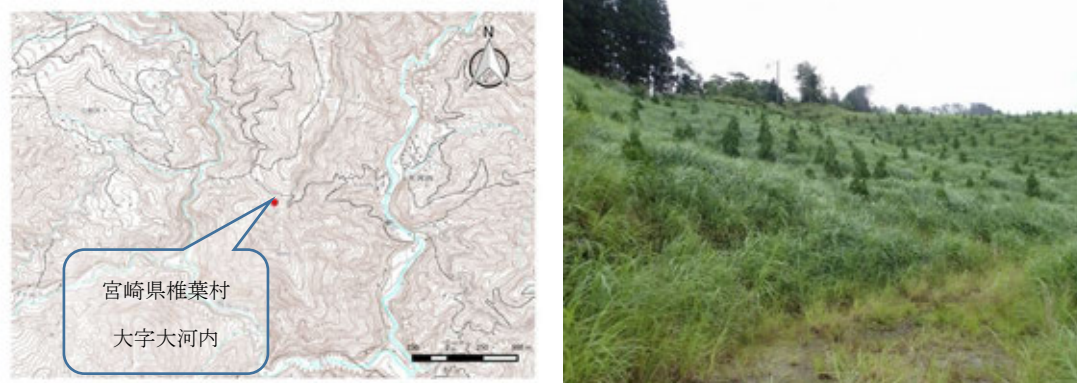


図 3-36 実証植栽地の位置（左）と状況（右、令和 3（2021）年 7 月）
（宮崎県椎葉村スギ）

(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）

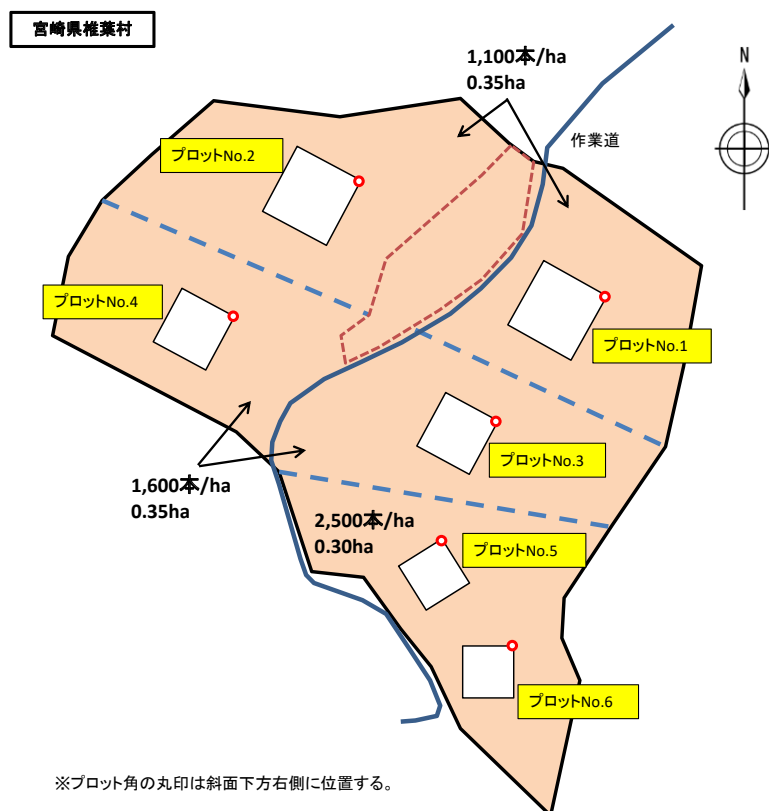


図 3-37 調査プロットの位置図（宮崎県椎葉村スギ）

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ったため、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った。

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った。

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ったと言える。

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							活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)	R3 (2021)	合計			
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に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、土の後の数値は標準偏差を示す

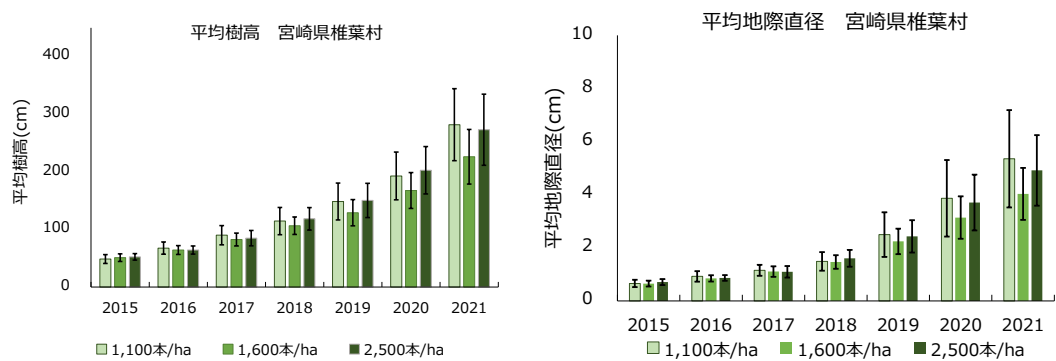


図 3-38 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（宮崎県椎葉村スギ）

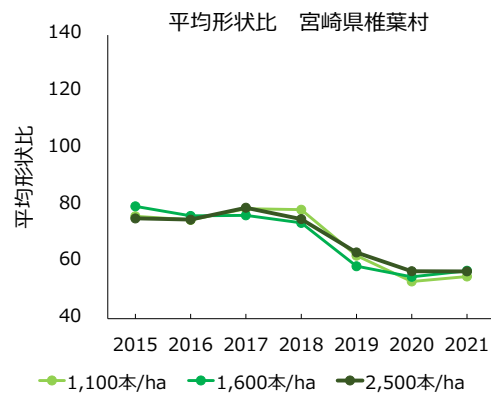


図 3-39 植栽木の平均形状比の推移（宮崎県椎葉村スギ）



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)	R2(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

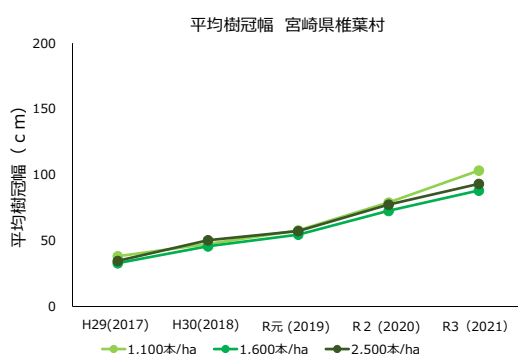


図 3-40 植栽木の平均樹冠幅の推移（宮崎県椎葉村スギ）



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。

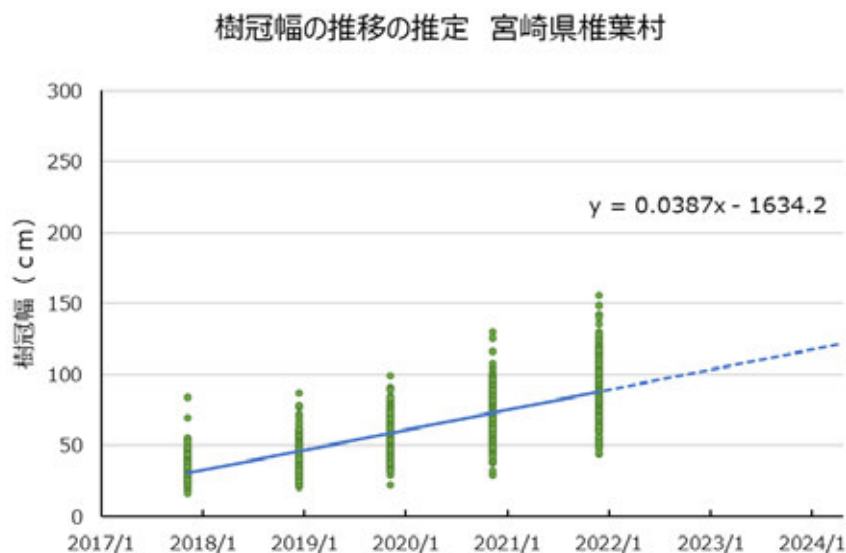


図 3-41 樹冠幅の推移の推定（宮崎県椎葉村スギ）

【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。

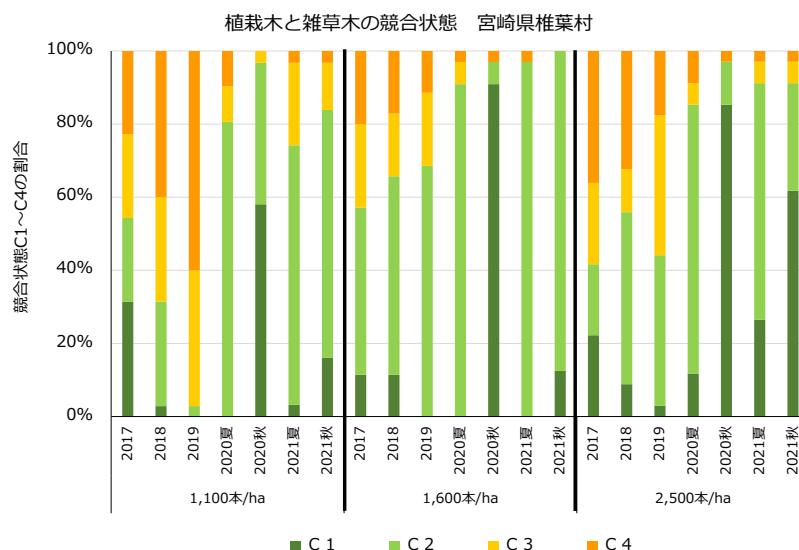


図 3-42 植栽木と雑草木の競合状態（宮崎県椎葉村スギ）

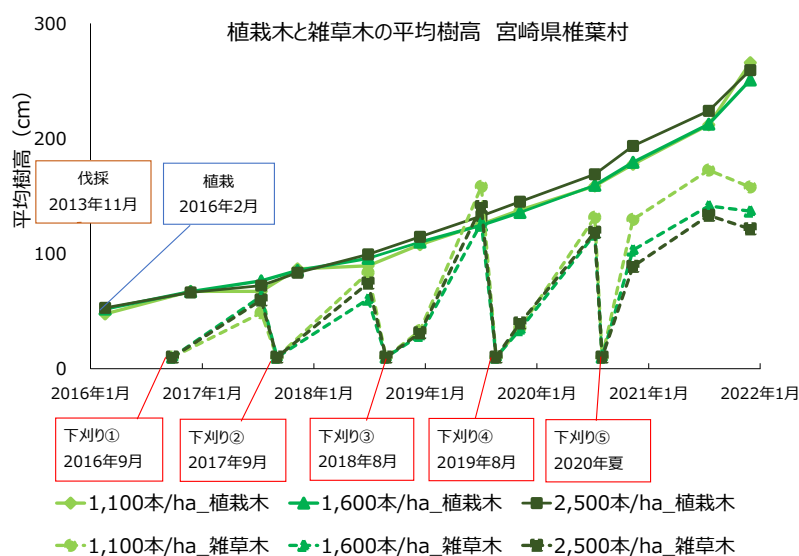


図 3-43 植栽木と雑草木の平均樹高（宮崎県椎葉村スギ）

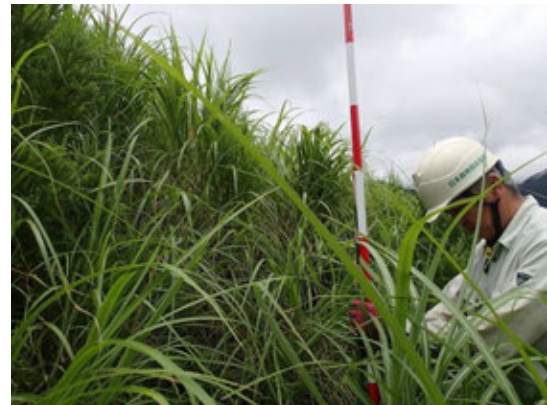
※図 3-69、図 3-70 において、1,100 本/ha はプロット 2、1,600 本/ha はプロット 4、2,500 本/ha はプロット 5 の調査結果を示す。

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状況（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
・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
・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)

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

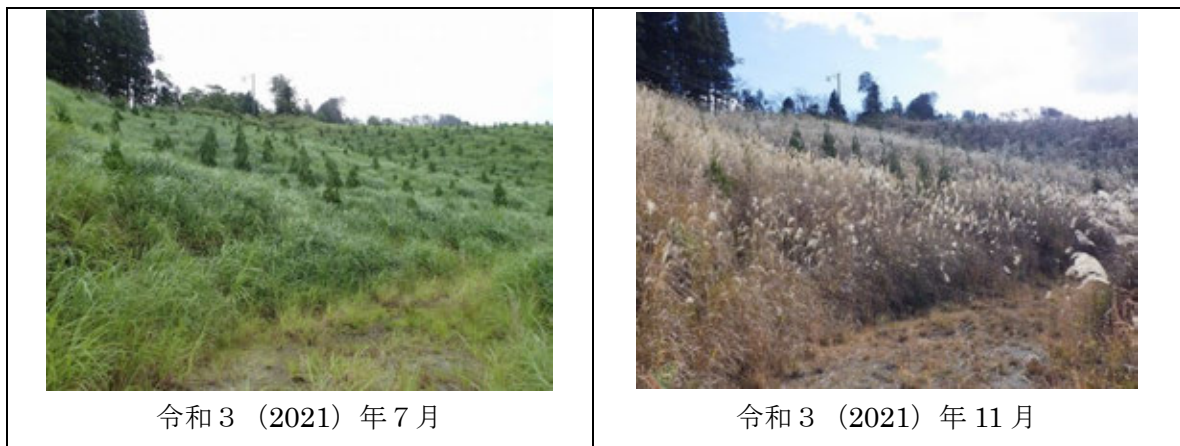
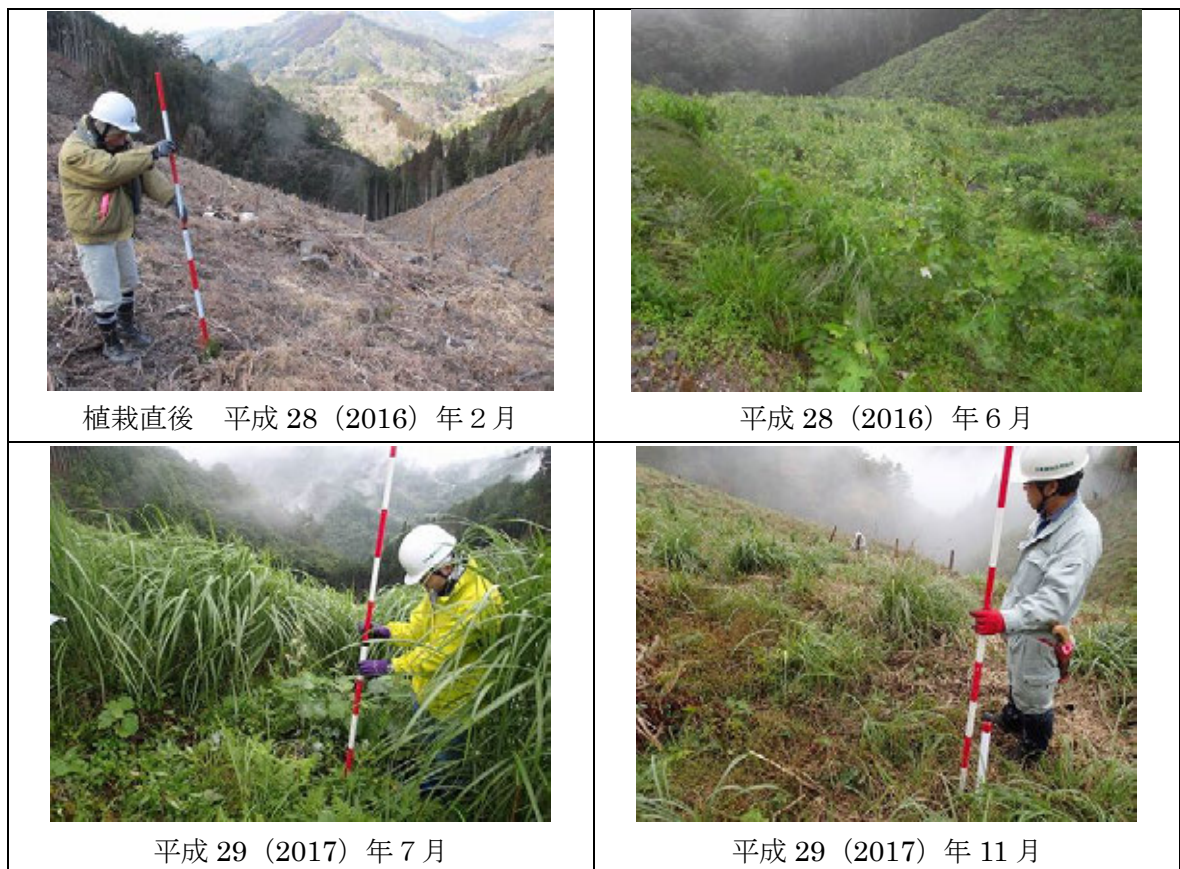


写真 3-30 実証植栽地の様子（遠景、宮崎県椎葉村スギ）

（6） 現地写真（近景（1,100本/ha区）、宮崎県椎葉村スギ）



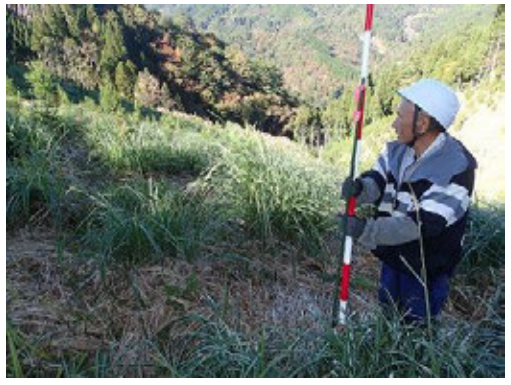
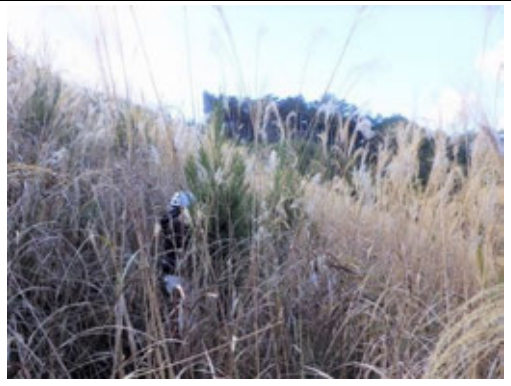
 平成 30 (2018) 年 6 月	 平成 30 (2018) 年 12 月
 令和元 (2019) 年 7 月	 令和元 (2019) 年 11 月
 令和 2 (2020) 年 7 月	 令和 2 (2020) 年 11 月
 令和 3 (2021) 年 7 月	 令和 3 (2021) 年 11 月

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%

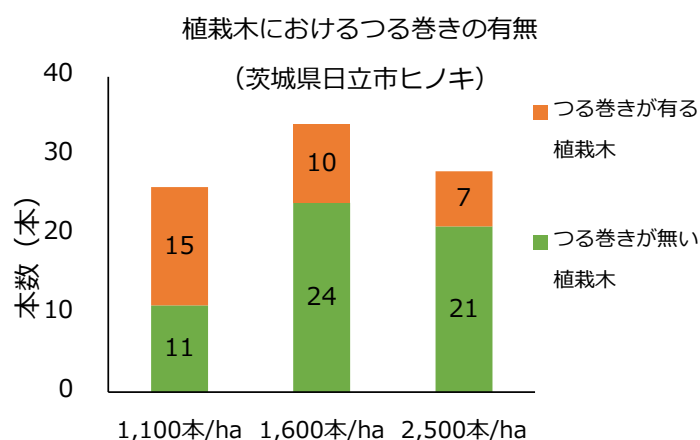


図 3-44 つる植物の植栽木への巻き付き状況（茨城県日立市ヒノキ）

(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 ボタンツル	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 アオツヅラフジ	3 1 1 1	6	24%
6	2,500本/ha	ミツバアケビ	2	2	6%

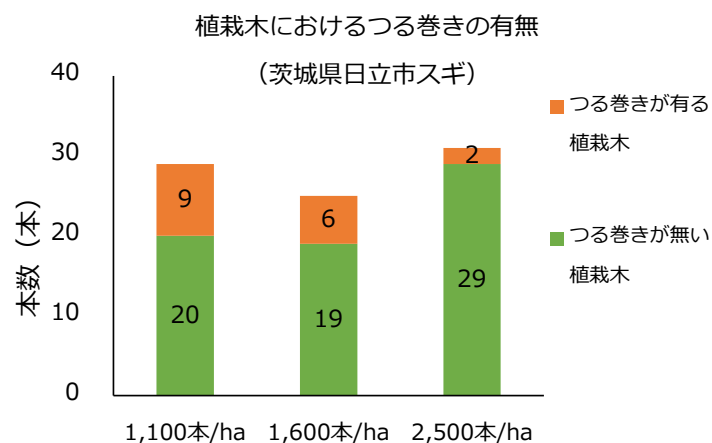


図 3-45 つる植物の植栽木への巻き付き状況（茨城県日立市スギ）

(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	・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	・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	・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	・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	・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	・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	・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な。
熊本県 美里町	スギ	・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	・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、今後下刈りは実施しない。
岡山県 吉備中央町	ヒノキ	・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、今後下刈りを実施する予定はない。

高知県 四万十町	ヒノキ	・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	・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	・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	・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、再造林のコスト削減や近年の木材加工技術の進展・木材需要の変化を踏まえ、新たな造林技術である「低密度植栽技術」の情報を提供し、森林所有者が、その利点・特異的性質、問題点を理解したうえで、「低密度植栽技術」を適切に選択・導入するための目安となるよう、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造林を目指す！」）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。