

3-2-3. 九州地方

(1) 長崎県 大村市 (ヒノキ) (No.6)

① 実証試験地の概要

平成 28 (2016) 年 1 月に、長崎県大村市の実証試験地 (0.72ha) に 1,600 本/ha、2,500 本/ha の 2 つの植栽密度区を設け、ヒノキ 300cc コンテナ苗 (実生苗) を計 1,473 本植栽した。実証試験地の概要 (表 3-57) と位置図 (図 3-41) は以下のとおりである。

表 3-57 実証試験地の概要 (長崎県大村市)

実証試験地	長崎県大村市		
苗木種	ヒノキ 300cc コンテナ苗 (実生苗)		
植栽密度	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.36ha	0.36ha	0.72ha
植栽本数	575 本	898 本	1,473 本
気温/ 降水量	17.3℃ (年平均気温) / 1,761.2mm (年降水量) (平年値、大村)		
標高/ 傾斜/ 方位	230~250m / 11~24° / N		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	大村市		
植栽実施者	長崎南部森林組合大村支所		
植栽日	平成 28 (2016) 年 1 月 21~22 日 (前生林分の伐採は平成 26 年 10 月)		

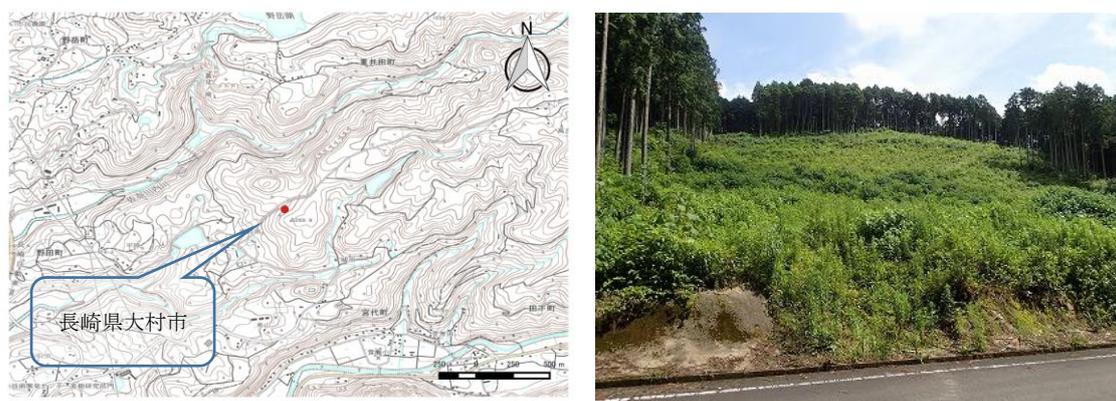


図 3-41 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) (長崎県大村市)

② 調査プロットの概要

1,600 本/ha の植栽密度区に 3 つ、2,500 本/ha の植栽密度区に 2 つ、合計 5 つの調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計 180 本（1,600 本/ha : 108 本、2,500 本/ha : 72 本）を調査対象木とした。（図 3-42、表 3-58）

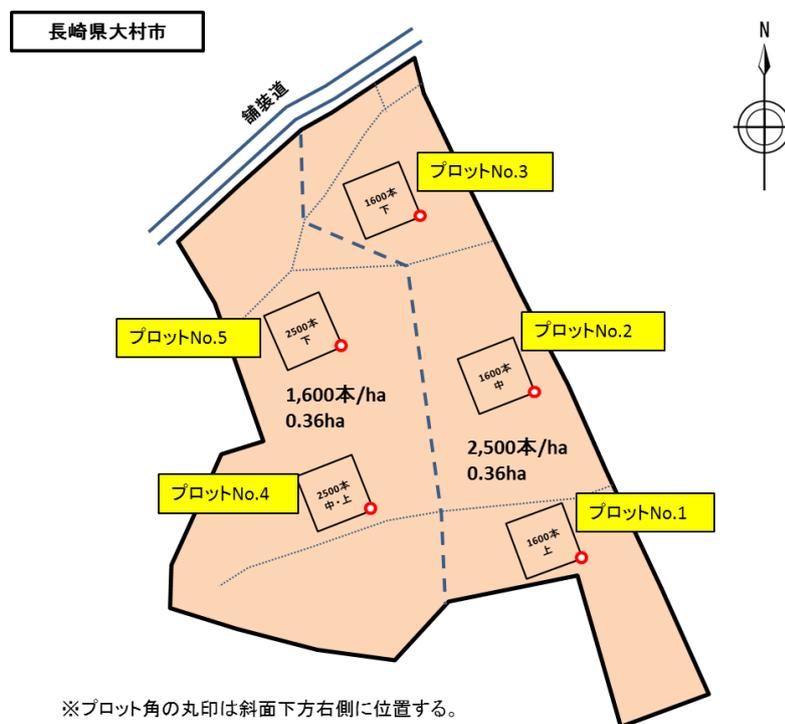


図 3-42 調査プロットの位置図（長崎県大村市）

表 3-58 調査プロットの概要（長崎県大村市）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,600 本/ha	No. 1	224.9	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	203.7	36 本	斜面中部に設置
	No. 3	219.1	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 4	156.4	36 本	斜面上部に設置
	No. 5	164.8	36 本	斜面中部に設置
合計			180 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-59、表 3-60 のとおりである。本実証試験地では、全ての調査プロットで下刈りを実施した。

表 3-59 下刈りの実施日（長崎県大村市）

年度	下刈り実施日
平成 27 (2015)	— (植栽年)
平成 28 (2016)	8 月 19～27 日
平成 29 (2017)	8 月 10～18 日
平成 30 (2018)	9 月 6～7 日
令和 元 (2019)	8 月 10～13 日
下刈り実施者	長崎南部森林組合 大村支所

表 3-60 下刈り実施の有無（長崎県大村市）

植栽密度	プロット No.	H28 (2016) ~ R 元 (2019) 下刈り
1,600 本/ha	No. 1	有
	No. 2	有
	No. 3	有
2,500 本/ha	No. 4	有
	No. 5	有

③ 追跡調査結果

夏季調査および秋冬季調査の実施日は表 3-61 のとおりである。

表 3-61 調査実施日（長崎県大村市）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 2 月 12 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 11 月 25 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 7 月 14 日	平成 29 (2017) 年 11 月 10 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 6 月 28 日	平成 30 (2018) 年 12 月 4 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 8 日	令和 元 (2019) 年 11 月 5 日

【活着率、生存率、枯死率および枯死原因】

植栽直後から令和元（2019）年度までの各調査プロットの植栽木の生存および枯死の状況は表 3-62 のとおりである。

活着率は植栽密度間で差が見られず、90%前後と高い数値を示した。枯死率は 1,600 本/ha 区のプロット 3 でほかの調査プロットの約 2 倍の値だったが、原因の特定は難しい。ただしプロット 3 以外の生存率はほとんど同じ値を示しているため、植栽密度が生存率に影響を与えたとは考えにくい。

表 3-62 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（長崎県大村市）

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数(本)					合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)					
1	1,600	36	4 (誤伐2・根浮1・枯れ1)	0	0	0	4	88.9	88.9	11.1	
2	1,600	36	3 (誤伐1・枯れ2)	1 (枯れ)	0	0	4	91.7	88.9	11.1	
3	1,600	36	4 (枯れ4)	1 (消失)	4 (枯れ4)	0	9	88.9	75.0	25.0	
4	2,500	36	3 (枯れ1・消失1)	0	1 (獣虫害)	1 (誤伐)	5	91.7	86.1	13.9	
5	2,500	36	4 (誤伐2・枯れ2)	0	1 (誤伐)	0	5	88.9	86.1	13.9	

※活着率は植栽翌年の数値である

※生存率は令和元（2019）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 3-63、図 3-43、図 3-44 および写真 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、平均胸高直径ともに植栽密度間で差が見られ、どちらも低密度植栽区で成長量が大きくなった。一方で平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽直後から令和元（2019）年度まで減少が続いている。

本実証試験地は未だ林冠閉鎖に至っていないため、植栽密度が植栽木の成長に影響したとは考えにくく、立地環境などその他の要因による影響が可能性として挙げられる。

表 3-63 植栽木の成長状況（長崎県大村市）

1,600本/ha						
長崎県大村市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	52.6±6.8	75.4±10	128.6±22.7	198.8±30.4	270.9±39.3
	最小値	34.9	50.2	76.2	109.6	151.6
	最大値	70.0	99.8	190.0	256.7	360.5
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.9±0.1	1.6±0.3	3±0.6	5.6±1.1
	最小値	0.4	0.4	1.0	1.7	3.0
	最大値	0.8	1.3	2.3	4.4	7.7
形状比	平均値	108.3±19.3	84.4±13.9	80.6±13.5	66.9±8.7	49.3±5.9
	最小値	58.7	55.8	53.3	47.6	39.4
	最大値	154.3	155.0	128.2	87.7	64.9
2,500本/ha						
長崎県大村市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	52.4±6.1	74.3±9.6	115.7±23.4	181±29.1	250.2±36.6
	最小値	36.2	51.6	79.8	124.0	167.2
	最大値	66.1	94.0	184.6	250.0	341.3
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.9±0.1	1.5±0.3	2.5±0.5	4.8±1.1
	最小値	0.4	0.6	1.0	1.4	2.1
	最大値	0.7	1.2	2.5	4.5	8.5
形状比	平均値	109.2±15.5	88.1±14.7	78.3±14.6	73.1±10.4	53±7.9
	最小値	81.8	51.3	41.0	53.2	35.4
	最大値	150.8	133.7	122.9	99.4	78.9

※平均値の項目において、土の後の数値は標準偏差を示す

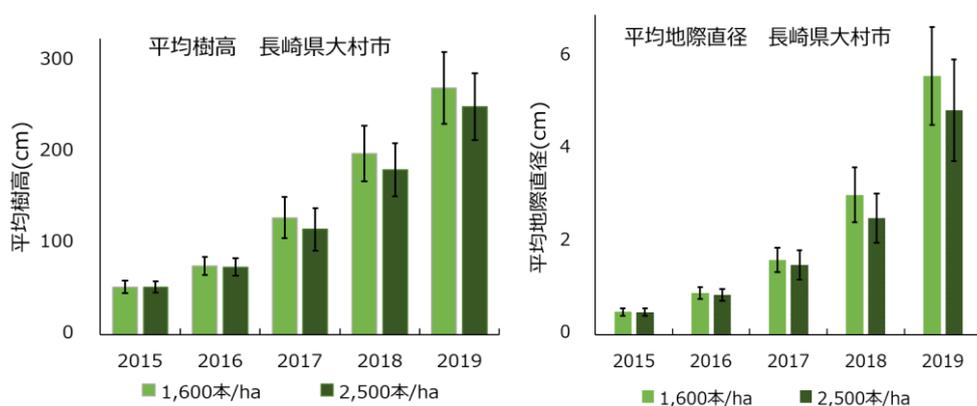


図 3-43 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（長崎県大村市）

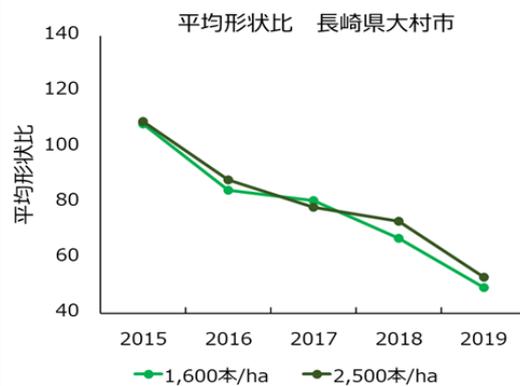


図 3-44 植栽木の形状比の推移（長崎県大村市）



写真 3-27 1,600 本/ha 区の状況（令和元（2019）年 11 月）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-45 に、競合状態の調査結果を図 3-46 に示す。また令和元（2019）年度における植生調査の結果を表 3-64、写真 3-28 に示す。

植栽密度間で植栽木と雑草木の平均樹高の比較をしたところ、植栽木と雑草木の平均樹高の差は植栽密度間で同様の傾向を示し、またどちらの植栽密度も植栽木が雑草木から大きく抜け出していた。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ、どの植栽密度区も令和元（2019）年の時点で競合状態 C1 + C2 が 9 割を超えていた。また低密度植栽区で良好な結果となった。

雑草木の種組成については、一部のアオモジが低木層に達していたほか、草本層ではクサギなどの落葉広葉樹類やツワブキなどの多年生草本類が見られた。植栽密度間で草本層の種組成に多少の違いは見られたものの、被度に大きな違いは見られなかった。

以上より、どの植栽密度区も植栽木と雑草木の平均樹高の差が大きく開いており、競合状

態 C1 + C2 が9割を超えている。翌年に5回目の下刈りを行えば下刈りの終了が可能であり、低密度植栽区も通常密度の植栽区と同様の回数で下刈りが終了できると考えられる。

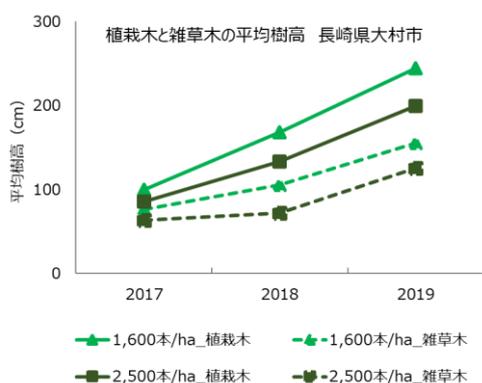


図 3-45 植栽木と雑草木の平均樹高 (長崎県大村市)

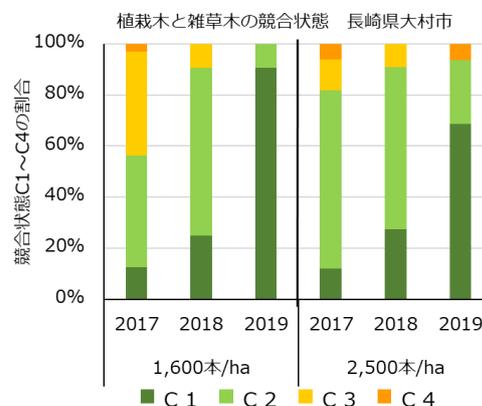


図 3-46 植栽木と雑草木の競合状態 (長崎県大村市)

表 3-64 植生調査の結果 (長崎県大村市)

プロット	植栽密度 (本/ha)	区分	R元 (2019)		
			優占上位種 (平均樹高)	優占種被度	その他: 特徴的な出現種
2	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	アオモジ	20%	・クサギ・イヌビワ
		草本層 (高さ1.0m未満)	クサギ	80%	・フユイチゴ・イヌビワ ・フモシダ・ヒヨドリバナ
4	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	アオモジ	20%	-
		草本層 (高さ1.0m未満)	ツツブキ フユイチゴ	90%	・アオモジ・ベニシダ ・アカメガシワ・ヒヨドリバナ



プロット 2



プロット 4

写真 3-28 植生調査プロットの状況 (令和元 (2019) 年 7月)

④ 下刈り実証調査結果

【下刈り作業時間の計測結果】

各調査プロットにおける下刈り作業時間の計測結果を表 3-65 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-47 に示す。

ヘクタールあたりの下刈り作業時間に換算して比較したところ、2,500 本/ha 区で 31.9 時間、1,600 本/ha 区で 26.5 時間となり、植栽密度が低いほど下刈り作業時間が短くなる傾向が見られた。

表 3-65 各プロットの下刈り作業時間（長崎県大村市）

プロット	植栽密度 (本/ha)	傾斜 (度)	プロット 面積 (㎡)	H30(2018)		R元(2019)	
				下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)	下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)
1	1,600	21	224.9	32.3	24.0	41.00	30.4
2	1,600	17	203.7	27.6	22.5	31.12	25.5
3	1,600	11	219.1	38.8	29.5	35.15	26.7
4	2,500	24	156.4	30.6	32.6	26.42	28.2
5	2,500	21	164.8	33.8	34.2	32.13	32.5

※棒グラフは、各実証試験地において最も下刈りに時間がかかった調査プロットを 100%としたときの、各調査プロットにおける割合を示す。

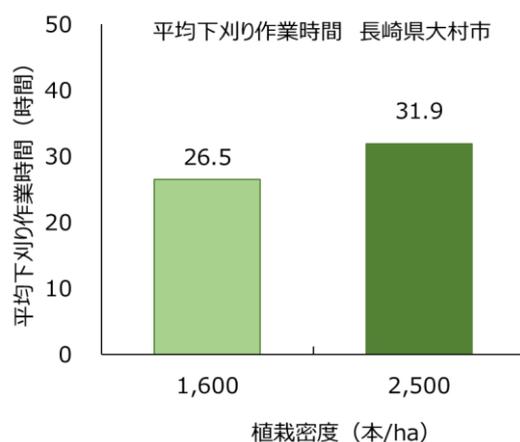


図 3-47 植栽密度別の平均下刈り作業時間（長崎県大村市、ヘクタールあたり）

【下刈り作業におけるヒアリング結果】

下刈り実施後に現場作業員へヒアリングを行った。結果の概要は以下のとおりである。

～平成 30（2018）年度～

- ・植栽密度が高いプロットで、下刈り作業に時間がかかった。要因としては、地形や雑草木の繁茂の状況と、雑木や枯木などによるキックバックに注意しながら下刈り作業を実施するためである。
- ・下刈り作業での誤伐を無くすため、植栽時にピンクテープを植栽木の頂部に巻き付けている。下刈り作業の際は、雑草木に埋もれていても見つけやすいため、誤伐は少なくなった。
- ・下刈りにかかる時間は、実施時期の遅れ等にもよる。

～令和元（2019）年度～

- ・全刈りだったため、植栽密度間で下刈り作業に難易の差は感じなかった。
- ・植栽密度間で下刈り作業時間に差が生じた要因として、切り株や石などで足場が悪かったり、誤伐を避けようと注意していたことが挙げられる。
- ・誤伐を避けるためには、植栽時に植栽木の先端に目立つ色のテープを巻いておくといよい。
- ・低密度植栽では下刈りの回数が増えるなどコストの増加が予想されるため、下刈りの時期をずらすなどの工夫が必要ではないか。

⑤ 植栽密度別の初期保育コスト分析結果

【初期保育コスト】

地拵えから令和元（2019）年の下刈り（4回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-66 のとおりである。

3,000 本/ha の 2,232,261 円と比較すると、2,500 本/ha では 2,103,452 円、1,600 本/ha では 1,722,513 円となり、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha ではヘクタールあたり約 13 万円（6%）、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 51 万円（23%）のコストが削減できることがわかった。また、苗木購入費のコスト削減効果が大きく、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha ではヘクタールあたり約 7 万円、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 20 万円の削減となった。

表 3-66 初期保育コスト（長崎県大村市）

長崎県大村市	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha
地拵え費		286,650円	286,650円	286,650円
苗木購入費	146円/本	438,000円	365,000円	233,600円
植栽労務費	67円/本	201,000円	167,500円	107,200円
シカ柵設置費		なし	なし	なし
諸経費など		168,852円	168,852円	168,852円
下刈り1年目		319,500円	313,235円	260,094円
下刈り2年目		326,117円	319,723円	265,481円
下刈り3年目		246,071円	241,246円	200,318円
下刈り4年目		246,071円	241,246円	200,318円
合計		2,232,261円	2,103,452円	1,722,513円
コスト削減		—	6%	23%

※「地拵え費」、「苗木購入費」、「植栽労務費」、「諸経費など」は実際に掛かったコストである

※「諸経費など」には資材費、森林保険料を含む

※下刈りコストは、④下刈り実証調査結果を基に算出した

⑥ 現地写真（遠景）

<p>施業前（平成 27（2015）年）</p>	<p>植栽直後（平成 28（2016）年 2 月）</p>
<p>平成 28（2016）年 7 月</p>	<p>平成 29（2017）年 8 月</p>
<p>平成 29（2017）年 11 月</p>	<p>平成 30（2018）年 8 月</p>
<p>平成 30（2018）年 10 月</p>	<p>令和元（2019）年 7 月</p>

写真 3-29 実証試験地の様子（遠景、長崎県大村市）

⑦ 現地写真（近景）

	
<p>平成 29 (2017) 年 8 月</p>	<p>平成 29 (2017) 年 11 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>

写真 3-30 実証試験地の様子（近景、長崎県大村市）

(2) 長崎県 東彼杵町 (ヒノキ) (No. 7)

① 実証試験地の概要

平成 28 (2016) 年 1 月に、長崎県東彼杵郡東彼杵町の実証試験地 (1.05ha) 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 300cc コンテナ苗 (実生苗) を計 1,780 本植栽した。植栽時には、前生樹の伐採に使用した林業機械 (グラップル) により機械地拵えを行う「一貫作業システム」が使用された。実証試験地の概要 (表 3-67) と位置図 (図 3-48) は以下のとおりである。

表 3-67 実証試験地の概要 (長崎県東彼杵町)

実証試験地	長崎県東彼杵郡東彼杵町遠目郷遠ノ久保			
苗木種	ヒノキ 300cc 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	0.38ha	0.35ha	0.32ha	1.05ha
植栽本数	420 本	560 本	800 本	1,780 本
気温/ 降水量	17.3℃ (年平均気温) / 1,761.2mm (年降水量) (平年値、大村)			
標高/ 傾斜/ 方位	610~620m / 2~16° / N			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	長崎県			
植栽実施者	東彼杵郡森林組合			
植栽日	平成 28 (2016) 年 1 月 5 ~ 7 日 (前生林分の伐採は平成 27 (2015) 年 12 月)			

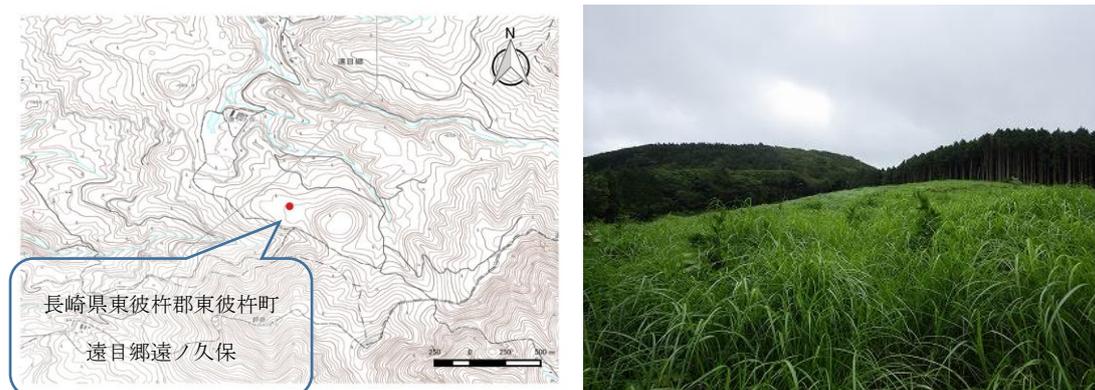


図 3-48 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) (長崎県東彼杵町)

② 調査プロットの概要

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3-49、表3-68）

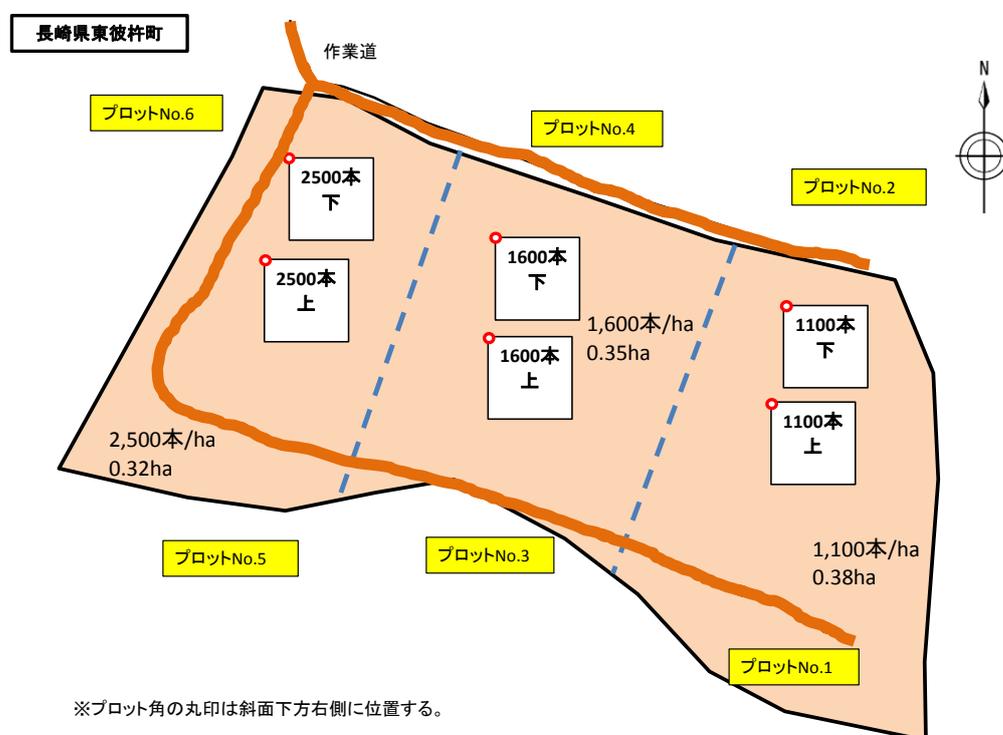


図 3-49 調査プロットの位置図（長崎県東彼杵町）

表 3-68 調査プロットの概要（長崎県東彼杵町）

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	321.1	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	321.9	36 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No. 3	225.5	36 本	斜面上部に設置
	No. 4	216.1	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 5	144.1	36 本	斜面上部に設置
	No. 6	147.9	36 本	斜面下部に設置
合計			216 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-69、表 3-70 のとおりである。平成 28(2016)年度においては、植栽木を被圧するような雑草木は無かったものの、多くのツル植物の生育を確認したため、調査プロット内の半分について手鎌による坪刈りを実施し、残りの半分は下刈りを実施せず経過観察とした。調査プロット外については、通常どおり刈り払い機での全刈りを行った。

表 3-69 下刈りの実施日（長崎県東彼杵町）

年度	下刈り実施日
平成 27 (2015)	— (植栽年)
平成 28 (2016)	8 月 31 日～9 月 30 日
平成 29 (2017)	8 月 28～31 日
平成 30 (2018)	7 月 24 日
令和 元 (2019)	7 月 16～25 日
下刈り実施者	東彼杵郡森林組合

表 3-70 下刈り実施の有無（長崎県東彼杵町）

植栽密度	プロット No.	H28 (2016) 下刈り	H29 (2017)～ R 元 (2019) 下刈り
1,100 本/ha	No. 1	プロット内の 半分を手鎌刈 り・半分を経 過観察	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

夏季調査および秋冬季調査の実施日は表 3-71 のとおりである。

表 3-71 調査実施日（長崎県東彼杵町）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 1 月 14 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 11 月 26 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 8 月 4 日	平成 29 (2017) 年 11 月 9 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 6 月 28 日	平成 30 (2018) 年 12 月 3 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 9 日	令和 元 (2019) 年 11 月 4 日

【活着率、生存率、枯死率および枯死原因】

植栽直後から令和元（2019）年度までの各調査プロットの植栽木の生存および枯死の状況は表 3-72 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 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。

令和元（2019）年時点での生存率は、2,500 本/ha 区のプロット 5 ではほかの調査プロットより低くなっていたが、原因の特定は難しい。その他の調査プロットではほとんど同じ値を示したことから、植栽密度間は生存率に影響を与えなかったと考えられる。

枯死原因について、平成 28（2016）年度と平成 29（2017）年度に計 4 本のイノシシの掘り返しによる枯死が見られた。

表 3-72 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（長崎県東彼杵町）

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定 本数 (本)	枯死本数(本)					活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	合計			
1	1,100	36	2 (枯れ1 ・イノシシ堀1)	2 (イノシシ堀2)	0	1 (誤伐)	5	94.4	86.1	13.9
2	1,100	36	0	0	3 (枯れ3)	1 (消失)	4	100.0	88.9	11.1
3	1,600	36	1 (枯れ1)	0	2 (枯れ2)	1 (枯れ)	4	97.2	88.9	11.1
4	1,600	36	0	1 (消失)	3 (枯れ2・誤伐1)	3 (枯れ3)	7	100.0	80.6	19.4
5	2,500	36	0	5 (枯れ5)	3 (枯れ2・誤伐1)	3 (誤伐3)	11	100.0	69.4	30.6
6	2,500	36	3 (枯れ1 ・イノシシ堀1・消失1)	1 (誤伐)	0	1 (誤伐)	5	91.7	86.1	13.9

※活着率は植栽翌年の数値である

※生存率は令和元（2019）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 3-73、図 3-50、図 3-51 および写真 3-31 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、平均胸高直径ともに 1,100 本/ha 区で成長量が大きくなった。一方で平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽の翌年度に大きく低下して以降は、令和元（2019）年度の時点まで緩やかな減少傾向が続いている。

植栽密度間で成長量に差が見られたが、本実証試験地は未だ林冠閉鎖に至っていないため、植栽密度が植栽木の成長に影響したとは考えにくく、立地環境などその他の要因による影響が可能性として挙げられる。

表 3-73 植栽木の成長状況（長崎県東彼杵町）

1,100本/ha						
長崎県東彼杵町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	54.3±6.8	79.9±8	129.6±17.1	171.8±22.3	205.9±33.3
	最小値	39.5	63.2	74.2	106.7	122.6
	最大値	69.1	97.2	174.5	223.0	274.4
地際直径(cm)	平均値	0.4±0.1	1.1±0.1	1.6±0.3	2.7±0.6	4.3±0.9
	最小値	0.3	0.8	1.0	1.8	2.1
	最大値	0.8	1.6	2.3	4.2	7.1
形状比	平均値	129.7±21.4	75.3±11.1	82.8±15.1	65.2±11.5	49.5±9.5
	最小値	81.4	51.4	54.4	38.1	22.0
	最大値	208.3	108.0	120.4	86.9	65.9
1,600本/ha						
長崎県東彼杵町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	54.4±5.6	73.2±6.9	113.6±13	149.3±18.2	184.4±22.2
	最小値	42.1	60.2	86.0	110.0	138.5
	最大値	66.3	89.2	142.4	186.2	243.6
地際直径(cm)	平均値	0.4±0.1	1±0.2	1.6±0.2	2.6±0.5	3.8±0.7
	最小値	0.3	0.7	0.9	1.4	2.3
	最大値	0.6	1.6	2.3	4.2	5.2
形状比	平均値	136.5±23.3	71.2±10.7	73±10.7	60.1±10.4	49.2±7.6
	最小値	90.3	51.9	50.6	41.9	35.6
	最大値	206.7	107.4	121.7	100.4	66.5
2,500本/ha						
長崎県東彼杵町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	53.2±6.8	73.8±7	114.3±16.3	151.9±22.3	184.8±27.5
	最小値	37.2	58.2	89.8	110.3	113.6
	最大値	67.5	95.8	149.7	202.0	257.5
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	1±0.2	1.6±0.4	2.4±0.7	3.9±1.1
	最小値	0.3	0.6	0.9	1.2	1.5
	最大値	0.6	1.4	2.7	4.2	6.2
形状比	平均値	130±17.7	74.5±13.7	76±13.5	66.7±16.2	50.9±13.6
	最小値	86.4	51.1	43.5	42.5	26.9
	最大値	180.3	112.0	108.3	131.8	96.4

※平均値の項目において、土の後の数値は標準偏差を示す

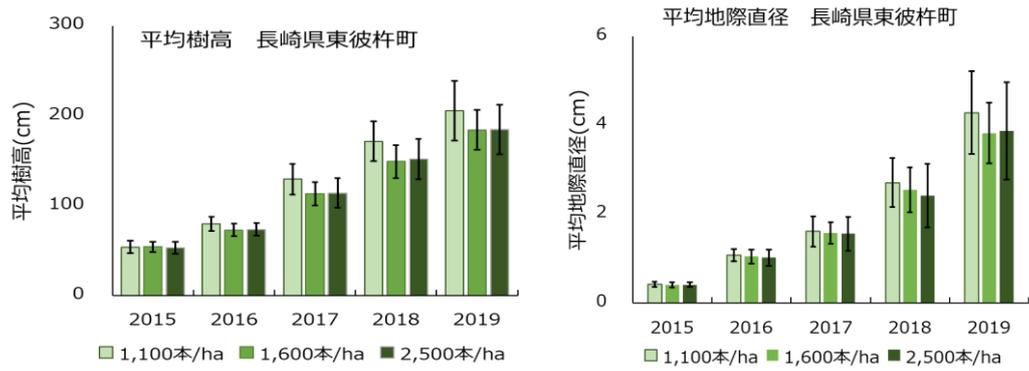


図 3-50 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（長崎県東彼杵町）

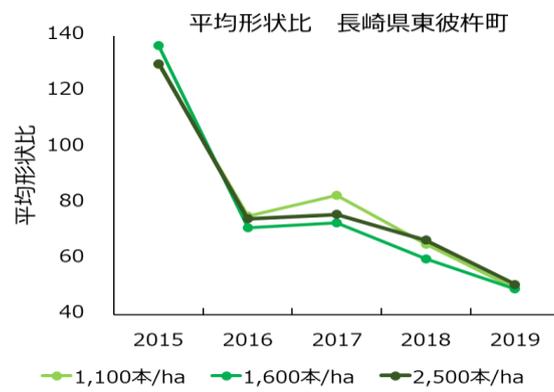


図 3-51 植栽木の形状比の推移（長崎県東彼杵町）



写真 3-31 1,100 本/ha 区の状況（令和元（2019）年 11 月）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-52 に、競合状態の調査結果を図 3-53 に示す。また植栽直後である平成 28 (2016) 年度における植生調査の結果を表 3-74 に、令和元 (2019) 年における植生調査の結果を表 3-75 に、平成 28 (2016) 年度と令和元 (2019) 年度における植生調査プロットの状況を写真 3-32 に示す。

植栽密度間で植栽木と雑草木の平均樹高の比較をしたところ、植栽木の樹高成長が良好だった 1,100 本/ha 区で雑草木との平均樹高の差が開いており、令和元 (2019) 年度では 70cm 程度の差となった。一方で 2,500 本/ha 区では雑草木の樹高が比較的高く、植栽木と雑草木の平均樹高にほとんど差がない状況となっていた。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ低密度植栽区で良好な結果となっており、令和元 (2019) 年度の時点では 1,100 本/ha 区で競合状態 C 1 + C 2 が約 9 割を占める一方で、2,500 本/ha 区では競合状態 C 1 + C 2 が 4 割以下だった。

以上のように、植栽密度間で植栽木と雑草木の平均樹高や競合状態に差が見られるが、本実証試験地は未だ林冠閉鎖に至っていないため、植栽密度の違いがこれらに影響したとは考えにくく、立地環境などその他の要因による影響が可能性として挙げられる。

雑草木の種組成については、本事業の期間内で変化が見られた。植栽直後の平成 28 (2016) 年度ではアカメガシワやヌルデなどの落葉広葉樹にススキが混生し、草丈は低かった。毎年下刈りが実施される中でススキの繁茂が旺盛になり、令和元 (2019) 年度にはどの植栽密度区もススキが優占し、植被度、草丈ともに高くなっていった。

現時点では植栽木と雑草木の樹高差がまだ大きく開いていないため、現時点での下刈り終了の判断は植栽密度にかかわらず難しい。

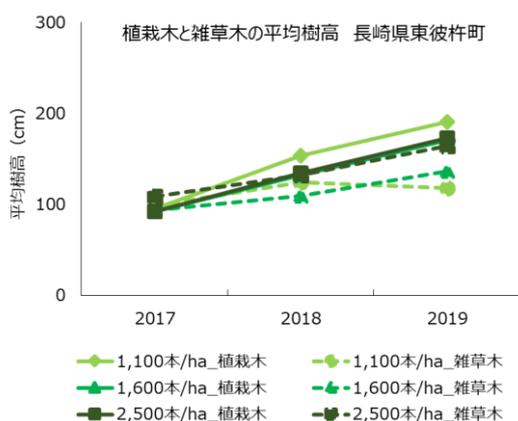


図 3-52 植栽木と雑草木の平均樹高 (長崎県東彼杵町)

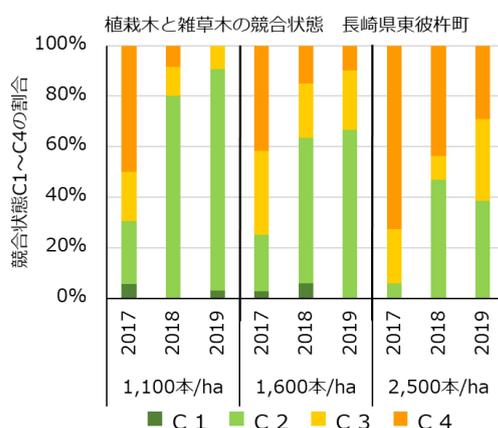


図 3-53 植栽木と雑草木の競合状態 (長崎県東彼杵町)

表 3-74 植生調査の結果（長崎県東彼杵町、平成 28（2016）年度）

プロット	密度	区分	H28 (2016)		
			主な優占種	植被率	その他：特徴的な出現種
2	1,100	低木層 (高さ1.0m以上)	アカメガシワ エゴノキ タラノキ	5%	・ゴンズイ・タブノキ ・ヤブムラサキ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ アオモジ アカメガシワ タラノキ	70%	・エゴノキ・アオツツラフジ ・カラスザンショウ・クマイチゴ ・サネカズラ・サルトリイバラ ・セイタカアワダチソウ ・スイカズラ・ヌルデ・フユイチゴ ・ヤブムラサキ・ヤマノイモ
4	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ヌルデ	10%	・アカメガシワ・エゴノキ ・コセンダングサ・ゴンズイ ・ススキ・タラノキ・ネムノキ ・ヤブムラサキ
		草本層 (高さ1.0m未満)	エゴノキ ゴンズイ サルトリイバラ ススキ ヌルデ メヒシバ ヤブムラサキ	80%	・アオキ・アオモジ・アカメガシワ ・ウド・オトコエシ・カラスザンショウ ・スイカズラ・タラノキ ・ツルウメモドキ・ナガバモミジイチゴ ・ネムノキ・ノブドウ・ヒサカキ ・フユイチゴ・ムラサキシキブ ・ヤブムラサキ・ヤマノイモ
6	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ サルトリイバラ	10%	・イヌザンショウ・ウリハダカエデ ・クサギ・ガマズミ・コセンダングサ ・タラノキ・ネムノキ・ムラサキシキブ ・ヤブムラサキ
		草本層 (高さ1.0m未満)	アカメガシワ ススキ ナガバモミジイチゴ ネムノキ フユイチゴ ヤブムラサキ	90%	・アオキ・アオモジ・オトコエシ ・クサイチゴ・クサギ・クロガネモチ ・サネカズラ・タブノキ・ノブドウ

表 3-75 植生調査の結果（長崎県東彼杵町、令和元（2019）年度）

プロット	植栽密度 (本/ha)	区分	R元 (2019)		
			主な優占種	植被率	その他：特徴的な出現種
2	1,100	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	70%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	フユイチゴ ウド ガマズミ ナガバモミジイチゴ ススキ	30%	—
4	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	60%	
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ	30%	・フユイチゴ・タラノキ・アオモジ ・ムラサキシキブ・エゴノキ ・ナガバモミジイチゴ
6	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ アオモジ	90%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ フユイチゴ サルトリイバラ ナガバモミジイチゴ ヨモギ	20%	—



プロット2 (平成 28 (2016) 年 8 月)



プロット2 (令和元 (2019) 年 7 月)



プロット4 (平成 28 (2016) 年 8 月)



プロット4 (令和元 (2019) 年 7 月)



プロット6 (平成 28 (2016) 年 8 月)



プロット6 (令和元 (2019) 年 7 月)

写真 3-32 植生調査プロットの状態

(左 : 平成 28 (2016) 年 8 月、 右 : 令和元 (2019) 年 7 月)

④ 下刈り実証調査結果

【下刈り作業時間の計測結果】

各調査プロットにおける下刈り作業時間の計測結果を表 3-76 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-54 に示す。

ヘクタールあたりの下刈り作業時間に換算して比較したところ、2,500 本/ha 区で 40.4 時間、1,600 本/ha 区で 25.8 時間、1,100 本/ha 区で 23.8 時間となり、植栽密度が低いほど下刈り作業時間が短くなる傾向が見られた。

表 3-76 各プロットの下刈り作業時間（長崎県東彼杵町）

プロット	植栽密度 (本/ha)	傾斜 (度)	プロット 面積 (㎡)	H30(2018)		R元(2019)	
				下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)	下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)
1	1,100	11	321.1	43.3	22.5	43.50	22.6
2	1,100	13	321.9	49.7	25.8	47.17	24.4
3	1,600	11	225.5	24.6	18.2	41.75	30.9
4	1,600	16	216.1	29.8	22.9	40.92	31.6
5	2,500	2	144.1	28.7	33.2	34.42	39.8
6	2,500	6	147.9	32.8	36.9	45.75	51.6

※棒グラフは、各実証試験地において最も下刈りに時間がかかった調査プロットを 100%としたときの、各調査プロットにおける割合を示す。

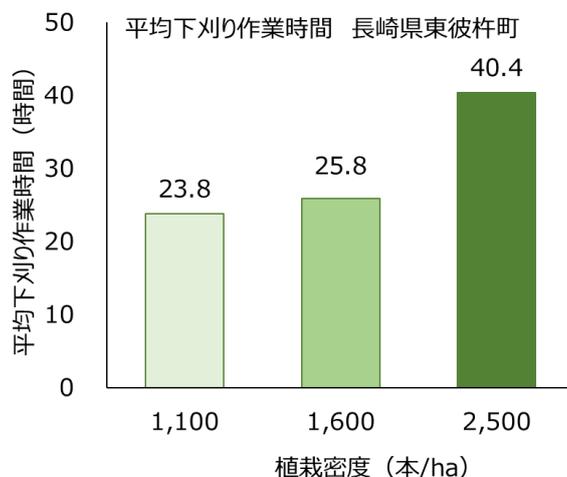


図 3-54 植栽密度別の平均下刈り作業時間（長崎県東彼杵町,ヘクタールあたり）

【下刈り作業におけるヒアリング結果】

下刈り実施後に現場作業員へヒアリングを行った。結果の概要は以下のとおりである。

～平成 30 (2018) 年度～

- ・ 植栽間隔 2 m × 2 m が慣れているので作業時間が短いと思ったが、計測すると 2.5m × 2.5m 間隔が時間的には短く下刈りできた。これは刈り払い機の長さによるものだと考えられる。
- ・ 2 m 間隔はすぐ近くに植栽があるので大振りできないが、2.5m 間隔であれば、誤伐にならない。2 m 間隔は草が多くなってくるので、体力的に辛い。
- ・ 誤伐が発生している箇所は、石等の障害物があり植栽木を本来の位置とずれた場所に植栽していた箇所である。
- ・ 7月以降になると雑草木の草丈が急に伸び、植栽木を被覆してしまう。5～6月に下刈り作業を実施したほうが、誤伐も無くなる。また、暑い盛りに実施する際とは人工も変わってくると思われる。

～令和元 (2019) 年度～

- ・ 植栽間隔が 2.5m の時 (1,600 本/ha) が刈り払い機の長さと合っており、植栽間隔が 2 m (2,500 本/ha) や 3 m (1,100 本/ha) の時よりも作業がしやすかった。刈り払い機の長さが身体の前では 1.5～1.6m になるが、植栽間隔が 2.5m の時だと足を一步動かせば植栽木に届くためと思われる。3 m 間隔だと足の運びが多くなる。
- ・ 植栽木の周りに灌木や石があった時に、刈刃が跳ね返って誤伐してしまった。
- ・ 植栽木にツルが巻き付いていた時にも誤伐が発生した。

⑤ 植栽密度別の初期保育コスト分析結果

【初期保育コスト】

地拵えから令和元（2019）年の下刈り（4回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-77 のとおりである。伐採から植栽までを一貫して行い、伐採時にグラップルによる機械地拵えを行ったため、その後の地拵えは簡単な枝条整理に留まっている。伐採と植栽は別事業であるため、ここでは機械地拵えについては経費に計上していない。

3,000 本/ha の 2,332,517 円と比較すると、2,500 本/ha では 2,200,247 円、1,600 本/ha では 1,544,318 円、1,100 本/ha では 1,372,714 円となり、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha ではヘクタールあたり約 13 万円（6%）、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 79 万円（34%）、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 96 万円（41%）のコストが削減できることがわかった。

また苗木購入費のコスト削減効果が大きく、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha では約 7 万円、1,600 本/ha では約 20 万円、1,100 本/ha では約 28 万円が削減できた。その他に下刈り作業時間が低密度植栽区で大きく削減できたことも影響した。

表 3-77 初期保育コスト（長崎県東彼杵町）

長崎県東彼杵町	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha	1,100本/ha
地拵え費		224,691円	224,691円	224,691円	224,691円
苗木購入費	146円/本	438,000円	365,000円	233,600円	160,600円
植栽労務費	67円/本	201,000円	167,500円	107,200円	73,700円
シカ柵設置費	なし	なし	なし	なし	なし
諸経費など		154,535円	154,535円	154,535円	154,535円
下刈り1年目		110,721円	108,550円	69,442円	63,957円
下刈り2年目		252,267円	247,321円	158,216円	145,720円
下刈り3年目		475,652円	466,325円	298,317円	274,756円
下刈り4年目		475,652円	466,325円	298,317円	274,756円
合計		2,332,517円	2,200,247円	1,544,318円	1,372,714円
コスト削減		—	6%	34%	41%

※「地拵え費」、「苗木購入費」、「植栽労務費」、「諸経費など」は実際に掛かったコストである

※「諸経費など」には資材費、森林保険料を含む

※下刈りコストは、④下刈り実証調査結果を基に算出した

⑥ 現地写真（遠景）

	
<p>地拵え後（平成 27（2015）年）</p>	<p>植栽後（平成 28（2016）年 1 月）</p>
	
<p>平成 28（2016）年 8 月</p>	<p>平成 29（2017）年 11 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>

写真 3-33 実証試験地の様子（遠景、長崎県東彼杵町）

⑦ 現地写真（近景）

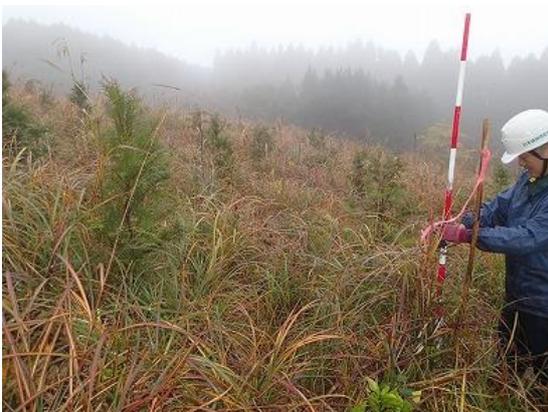
	
<p>平成 29 (2017) 年 8 月</p>	<p>平成 29 (2017) 年 11 月</p>
	
<p>平成 30 (2018) 年 7 月</p>	<p>平成 30 (2018) 年 10 月</p>
	
<p>令和元 (2019) 年 7 月</p>	<p>令和元 (2019) 年 10 月</p>

写真 3-34 実証試験地の様子（近景、長崎県東彼杵町）

(3) 熊本県 美里町 (スギ) (No.8)

① 実証試験地の概要

平成 28 (2016) 年 2 月に、熊本県美里町の実証試験地 (1.11ha) に 1,700 本/ha、2,500 本/ha の 2 つの植栽密度区を設け、スギ 300cc コンテナ苗 (挿し木苗) を計 2,327 本植栽した。実証試験地の概要 (表 3-78) と位置図 (図 3-55) は以下のとおりである。

表 3-78 実証試験地の概要 (熊本県美里町)

実証試験地	熊本県美里町大露山団地		
苗木種	スギ 300cc コンテナ苗 (挿し木苗)		
植栽密度	1,700 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.56ha	0.55ha	1.11ha
植栽本数	952 本	1,375 本	2,327 本
気温/ 降水量	16.1℃ (年平均気温) / 2,096.5mm (年降水量) (平年値、甲佐)		
標高/ 傾斜/ 方位	665~690m / 11~30° / E~SE		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	熊本県		
植栽実施者	熊本県森林組合連合会		
植栽日	平成 28 (2016) 年 2 月 10~13 日 (前生林分の伐採は平成 27 (2015) 年 11 月)		

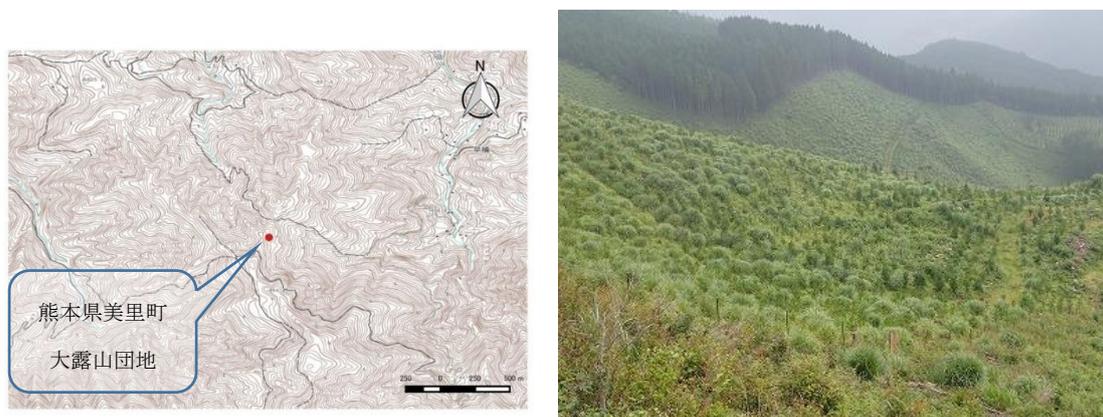


図 3-55 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) (熊本県美里町)

② 調査プロットの概要

2つの植栽密度区に、それぞれ3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（1,700本/ha：108本、2,500本/ha：107本）を調査対象木とした。（図3-56、表3-79）

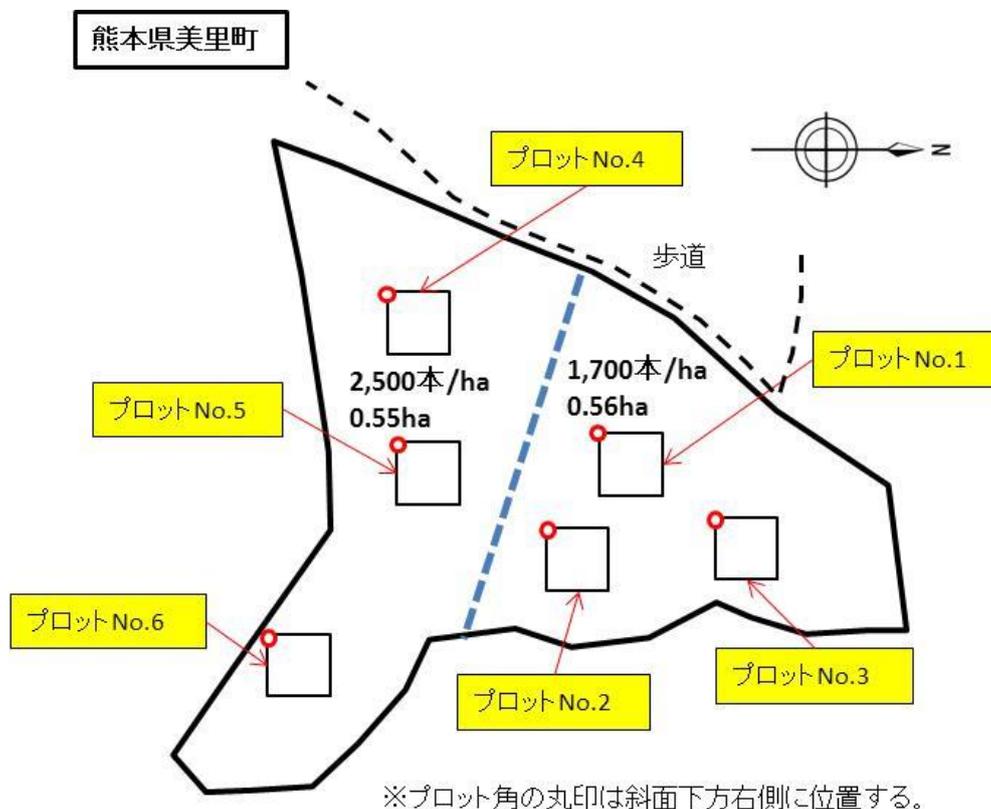


図 3-56 調査プロットの位置図（熊本県美里町）

表 3-79 調査プロットの概要（熊本県美里町）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備考
1,700 本/ha	No. 1	185.0	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	217.6	36 本	斜面中部に設置
	No. 3	256.2	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 4	169.4	35 本	斜面上部に設置
	No. 5	159.1	36 本	斜面中部に設置
	No. 6	142.8	36 本	斜面下部に設置
合計			215 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-80、表 3-81 のとおりである。平成 28(2016)年度は 7 月の段階で植栽木を被圧する雑草木が確認されなかったことから、下刈りを省略することとした。

表 3-80 下刈りの実施日（熊本県美里町）

年度	下刈り実施日
平成 27 (2015)	— (植栽年)
平成 28 (2016)	省略
平成 29 (2017)	8 月 23～29 日
平成 30 (2018)	8 月下旬
令和 元 (2019)	7 月 23～25 日
下刈り実施者	熊本県森林組合連合会

表 3-81 下刈り実施の有無（熊本県美里町）

植栽密度	プロット No.	H28 (2016) 下刈り	H29 (2017) ～ R 元 (2019) 下刈り
1,700 本/ha	No. 1	無	有
	No. 2	無	有
	No. 3	無	有
2,500 本/ha	No. 4	無	有
	No. 5	無	有
	No. 6	無	有

③ 追跡調査結果

夏季調査および秋冬季調査の実施日は表 3-82 のとおりである。

表 3-82 調査実施日（熊本県美里町）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 2 月 18 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 12 月 14 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 7 月 22 日	平成 29 (2017) 年 11 月 11 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 6 月 29 日	平成 30 (2018) 年 12 月 23 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 8 日	令和 元 (2019) 年 11 月 9 日

【活着率、生存率、枯死率および枯死原因】

植栽直後から令和元（2019）年度までの各調査プロットの植栽木の生存および枯死の状況は表 3-83 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、植栽密度間でほとんど変わらなかった。

令和元（2019）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、特にシカによる食害が多く発生した 2,500 本/ha 区のプロット 5 で低くなった。植栽密度間では大きな差は見られなかった。平成 28(2016)年に下刈りを省略しているが、翌年の平成 29(2017)年にほとんど枯死木が確認されておらず、下刈りを省略したことによる影響は無かったと考えられる。

表 3-83 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（熊本県美里町）

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数(本)					合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)					
1	1,700	36	0	1 (消失)	1 (消失)	2 (誤伐2)	4	100.0	88.9	11.1	
2	1,700	36	0	2 (誤伐1・枯れ1)	3 (誤伐3)	0	5	100.0	86.1	13.9	
3	1,700	36	0	0	5 (誤伐5)	0	5	100.0	86.1	13.9	
4	2,500	35	0	0	1 (シカ皮剥ぎ)	0	1	100.0	97.1	2.9	
5	2,500	36	1 (消失)	1 (枯れ)	5 (獣虫害3・誤伐2)	4 (シカ皮剥ぎ4)	11	97.2	69.4	30.6	
6	2,500	36	0	0	1 (獣虫害)	1 (シカ皮剥ぎ)	2	100.0	94.4	5.6	

※活着率は植栽翌年の数値である
 ※生存率は令和元（2019）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 3-84、図 3-57、図 3-58 および写真 3-35 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、平均胸高直径ともに 1,700 本/ha 区で成長量が低くなった。一方で平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽直後から令和元（2019）年度まで減少傾向を見せている。

植栽密度間で成長量に差が見られたが、本実証試験地は未だ林冠閉鎖に至っていないため植栽密度が植栽木の成長に影響したとは考えにくく、立地環境などその他の要因による影響が可能性として挙げられる。

表 3-84 植栽木の成長状況（熊本県美里町）

1,700本/ha						
熊本県美里町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	55.4±7.9	65.8±8.9	91.8±12.5	129.2±21.7	171.9±33.7
	最小値	33.8	44.8	61.5	90.1	102.8
	最大値	70.5	92.1	126.6	201.5	267.2
地際直径(cm)	平均値	0.7±0.1	1±0.2	1.4±0.3	2.4±0.6	3.8±0.8
	最小値	0.5	0.7	0.7	1.1	2.1
	最大値	0.8	1.4	2.3	4.4	6.8
形状比	平均値	82±17.1	64.7±9.8	68.2±11.8	56.7±11.7	45.3±5.1
	最小値	40.3	44.6	44.6	32.4	23.9
	最大値	124.0	101.0	110.9	116.1	62.3
2,500本/ha						
熊本県美里町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	55.5±8.5	65.7±10.3	104.2±23.2	151.8±38.1	197.5±54.6
	最小値	35.0	41.7	56.4	73.6	91.0
	最大値	80.0	96.0	182.2	253.5	326.9
地際直径(cm)	平均値	0.7±0.1	1.1±0.2	1.7±0.5	3±0.8	4.5±1.2
	最小値	0.5	0.7	0.6	1.3	2.1
	最大値	1.0	1.6	3.1	4.8	7.3
形状比	平均値	79.7±13	60.8±9.8	62.5±8.9	51.9±6.7	44.1±6.5
	最小値	50.0	35.5	44.5	29.9	21.2
	最大値	108.4	86.6	100.7	67.3	56.3

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

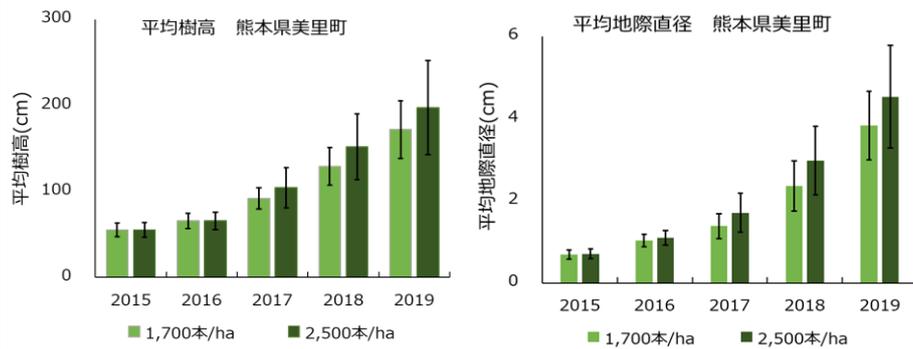


図 3-57 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（熊本県美里町）

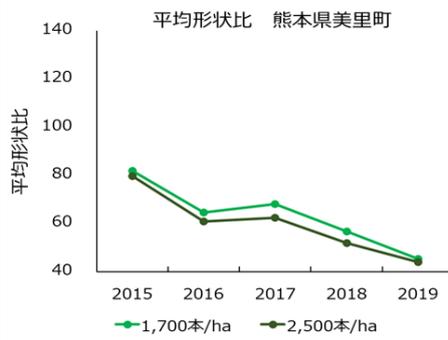


図 3-58 植栽木の形状比の推移（熊本県美里町）



写真 3-35 1,700 本/ha 区の状態（令和元（2019）年 11 月）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-59 に、競合状態の調査結果を図 3-60 にそれぞれ示す。また令和元（2019）年における植生調査の結果を表 3-85、写真 3-36 に示す。

植栽密度間で植栽木と雑草木の平均樹高の比較をしたところ、どちらの植栽密度区も植栽木の成長が良好であり、令和元（2019）年度の時点で植栽木と雑草木の樹高に 70cm 程度の差が生じていた。また、植栽密度間で差はほとんど見られなかった。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ、植栽密度間で多少の違いが見られるものの、どの植栽密度区も令和元（2019）年の時点で競合状態 C1 + C2 が 9 割を超えていた。

雑草木の種組成については、ススキのほかコガクウツギなどの落葉広葉樹類、コチヂミザサなどが見られ、植栽密度間で大きな差は見られなかった。

以上より、1,700 本/ha 区、2,500 本/ha 区ともに、植栽木と雑草木の平均樹高に差があり、競合状態 C1 + C2 が 9 割を超えているため、翌年に 4 回目の下刈りを行えば下刈りの終了が可能であり、低密度植栽区も通常密度の植栽区と同様の回数で下刈りが終了できると考えられる。

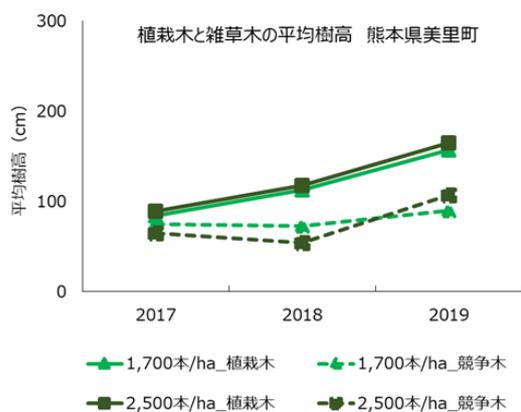


図 3-59 植栽木と雑草木の平均樹高 (熊本県美里町)

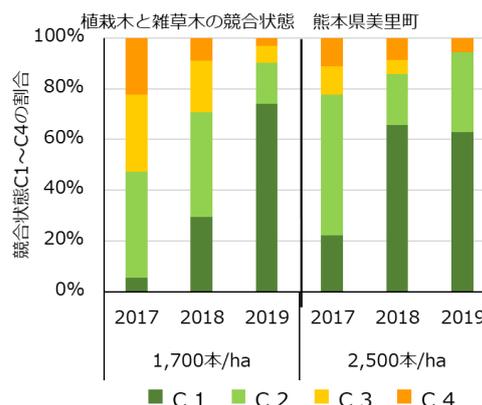


図 3-60 植栽木と雑草木の競合状態 (熊本県美里町)

表 3-85 植生調査の結果 (熊本県美里町)

プロット	密度	区分	R元 (2019)		
			主な優占種	植被率	その他：特徴的な出現種
2	1,700	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	10%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	コガクウツギ	80%	・ナガバモミジイチゴ・ススキ ・マツカゼソウ
4	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	10%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	コチヂミザサ	70%	・コアカソ・ススキ ・ナガバモミジイチゴ・コガクウツギ ・マツカゼソウ



プロット2



プロット4

写真 3-36 植生調査プロットの状況（令和元（2019）年7月）

④ 下刈り実証調査結果

【下刈り作業時間の計測結果】

各調査プロットにおける下刈り作業時間の計測結果を表 3-86 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-61 に示す。

ヘクタールあたりの下刈り作業時間に換算して比較したところ、2,500 本/ha 区で 26.9 時間、1,700 本/ha 区で 24.2 時間となった。低密度植栽区で下刈り作業時間が多くかかったものの差は僅かであり、植栽密度による影響はほとんどないと考えられる。

表 3-86 各プロットの下刈り作業時間（熊本県美里町）

プロット	植栽密度 (本/ha)	傾斜 (度)	プロット 面積 (㎡)	H30(2018)		R元(2019)	
				下刈り時間 (分)	1ha当たりの 下刈り時間(時間)	下刈り時間 (分)	1ha当たりの 下刈り時間(時間)
1	1,700	22	185.0	37.8	34.1	19.55	17.6
2	1,700	24	217.6	46.1	35.3	20.33	15.6
3	1,700	30	256.2	60.2	39.1	28.68	18.7
4	2,500	30	169.4	32.8	32.2	14.92	14.7
5	2,500	12	159.1	33.8	35.4	17.08	17.9
6	2,500	11	142.8	27.8	32.4	10.55	12.3

※棒グラフは、各実証試験地において最も下刈りに時間がかかった調査プロットを 100%としたときの、各調査プロットにおける割合を示す。

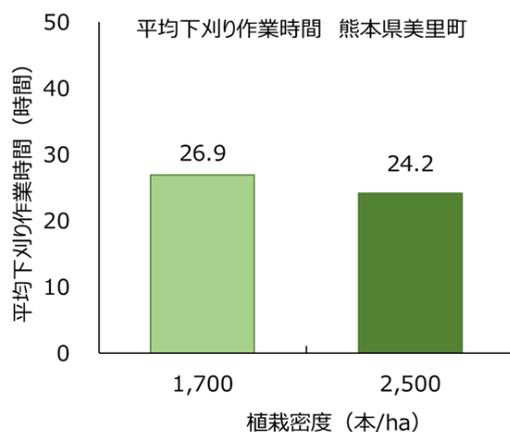


図 3-61 植栽密度別の平均下刈り作業時間（熊本県美里町、ヘクタールあたり）

【下刈り作業におけるヒアリング結果】

下刈り実施後に現場作業員へヒアリングを行った。結果の概要は以下のとおりである。

～平成 30（2018）年度～

- ・ 1,700 本/ha 区では、下刈り作業がやりやすい雑草木が多かった。
- ・ 背の高い切り株は、刈り払い機の刃が当たりやすくキックバックが発生しやすい。
- ・ 1,700 本/ha 区は傾斜があり、またススキが密生していた。
- ・ 2,500 本/ha 区はキイチゴ類が多く、背丈の低い雑草木が多かった。
- ・ 誤伐の防止を考えるのであれば、植栽木が 3 年生になるくらいまでは雑草木に覆われるため、下刈りを年 2 回実施する。また、植栽間隔を守ることも誤伐の防止になる。
- ・ 低密度植栽では植栽間隔が広いため、植栽木が枯死した場合は補植の検討が必要。
- ・ 獣害対策と下刈りコストを考え、早く植栽木を成長させ下刈り回数を減らすことも必要ではないか。

～令和元（2019）年度～

- ・ 1,700 本/ha 区ではススキが密生しており、3 枚刃などの笹刈刃が有効である。
- ・ 背丈の低い雑草木が多かった 2,500 本/ha 区では、刃に草が絡みやすかった。
- ・ ススキなどが繁茂して植栽木が隠れてしまうと誤伐しやすい。そういった場所では丁寧な下刈りが必要である。
- ・ 低密度植栽地では植栽間隔が広いため、植栽木の間を 2 回ほど往復する必要があった。

⑤ 植栽密度別の初期保育コスト分析結果

【初期保育コスト】

地拵えから令和元（2019）年の下刈り（3回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-87 のとおりである。なお下刈り 1 年目は、植栽木を被圧する雑草木が確認されなかったことから下刈りを省略している。

3,000 本/ha の 2,130,904 円と比較すると、2,500 本/ha では 1,988,136 円、1,700 本/ha では 1,866,114 円となり、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha ではヘクタールあたり約 14 万円（7%）、1,700 本/ha ではヘクタールあたり約 26 万円（12%）のコストが削減できることがわかった。苗木購入費のコスト削減効果が大きく、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha では約 7 万円、1,700 本/ha では約 19 万円の削減だった。

表 3-87 初期保育コスト（熊本県美里町）

熊本県美里町	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,700本/ha
地拵え費		325,946円	325,946円	325,946円
苗木購入費	144円/本	432,000円	360,000円	244,800円
植栽労務費	112円/本	336,000円	280,000円	190,400円
シカ柵設置費		なし	なし	なし
諸経費など		283,810円	283,810円	283,810円
下刈り1年目		省略	省略	省略
下刈り2年目		301,995円	296,074円	329,265円
下刈り3年目		225,577円	221,153円	245,946円
下刈り4年目		225,577円	221,153円	245,946円
合計		2,130,904円	1,988,136円	1,866,114円
コスト削減		—	7%	12%

※「地拵え費」、「苗木購入費」、「植栽労務費」、「諸経費など」は実際に掛かったコストである

※「諸経費など」には資材費、森林保険料を含む

※下刈りコストは、④下刈り実証調査結果を基に算出した

⑥ 現地写真（遠景）

	
<p>施業前（平成 27（2015）年）</p>	<p>植栽後（平成 28（2016）年 2 月）</p>
	
<p>平成 28（2016）年 7 月</p>	<p>平成 29（2017）年 11 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>

写真 3-37 実証試験地の様子（遠景、熊本県美里町）

⑦ 現地写真（近景）

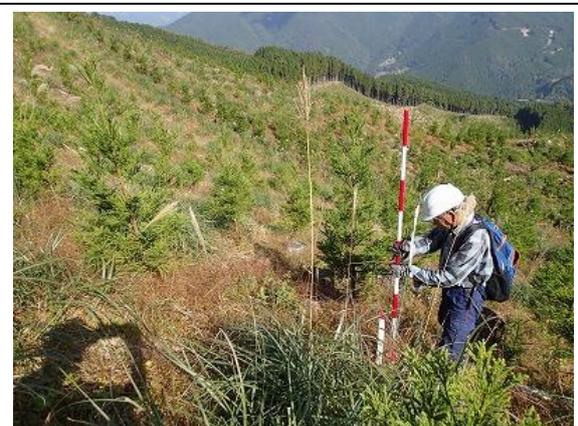
	
<p>平成 29 (2017) 年 8 月</p>	<p>平成 29 (2017) 年 11 月</p>
	
<p>平成 30 (2018) 年 7 月</p>	<p>平成 30 (2018) 年 10 月</p>
	
<p>令和元 (2019) 年 7 月</p>	<p>令和元 (2019) 年 10 月</p>

写真 3-38 実証試験地の様子（近景、熊本県美里町）

(4) 宮崎県 椎葉村 (スギ) (No.9)

① 実証試験地の概要

平成 28 (2016) 年 2 月に、宮崎県東臼杵郡椎葉村の実証試験地 (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。実証試験地の概要 (表 3-88) と位置図 (図 3-62) は以下のとおりである。

表 3-88 実証試験地の概要 (宮崎県椎葉村)

実証試験地	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	12.7℃ (年平均気温) / 2,364.4mm (年降水量) (平年値、鞍岡)			
標高/ 傾斜/ 方位	830~870m / 13~37° / NW~SW			
土壌	褐色森林土			
土地所有者	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)			

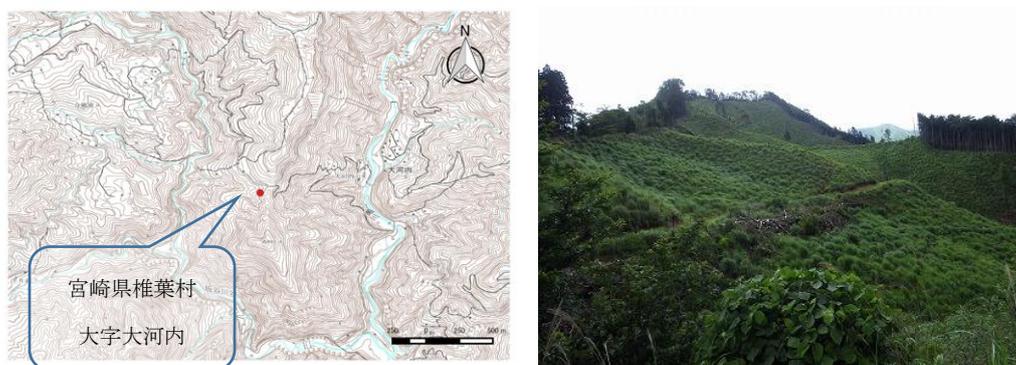


図 3-62 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) (宮崎県椎葉村)

② 調査プロットの概要

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3-63、表3-89）

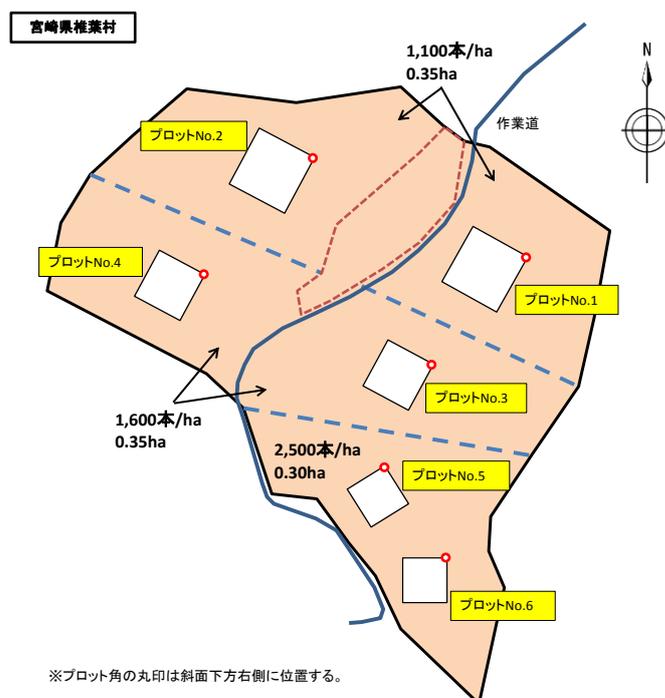


図 3-63 調査プロットの位置図（宮崎県椎葉村）

表 3-89 調査プロットの概要（宮崎県椎葉村）

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	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-90、表 3-91 のとおりである。本実証試験地では全ての調査プロットで下刈りを実施している。

表 3-90 下刈りの実施日（宮崎県椎葉村）

年度	下刈り実施日
平成 27 (2015)	— (植栽年)
平成 28 (2016)	9 月 23～26 日
平成 29 (2017)	8 月 30 日～9 月 4 日
平成 30 (2018)	8 月下旬
令和 元 (2019)	8 月 8～30 日
下刈り実施者	耳川広域森林組合 椎葉支所

表 3-91 下刈り実施の有無（宮崎県椎葉村）

植栽密度	プロット No.	H28 (2016) ～ R 元 (2019) 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

夏季調査および秋冬季調査の実施日は表 3-92 のとおりである。

表 3-92 調査実施日（宮崎県椎葉村）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 2 月 17 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 11 月 23 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 7 月 12 日	平成 29 (2017) 年 11 月 8 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 6 月 27 日	平成 30 (2018) 年 12 月 14 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 3 日	令和 元 (2019) 年 11 月 6 日

【活着率、生存率、枯死率および枯死原因】

植栽直後から令和元（2019）年度までの各調査プロットの植栽木の生存および枯死の状況は表 3-93 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。

令和元（2019）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たものの、令和元（2019）年度の時点で約 90～100%と高い数値を示した。また植栽密度間では大きな差は見られなかった。

以上より、植栽木の活着率や生存率は植栽密度に影響されなかったと考えられる。

表 3-93 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（宮崎県椎葉村）

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定 本数 (本)	枯死本数(本)					合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)					
1	1,100	36	1 (誤伐)	0	1 (ウサギ食害)	0	2	97.2	94.4	5.6	
2	1,100	36	0	1 (誤伐)	0	3 (誤伐2・枯れ1)	4	100.0	88.9	11.1	
3	1,600	36	0	0	0	0	0	100.0	100.0	0.0	
4	1,600	36	0	1 (枯れ)	0	2 (誤伐2)	3	100.0	91.7	8.3	
5	2,500	36	0	0	2 (誤伐1・枯れ1)	0	2	100.0	94.4	5.6	
6	2,500	36	0	1 (枯れ)	1 (下敷き)	0	2	100.0	94.4	5.6	

※活着率は植栽翌年の数値である
 ※生存率は令和元（2019）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 3-94、図 3-64、図 3-65 および写真 3-39 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、平均胸高直径ともに 1,600 本/ha 区で僅かに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。平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽直後から 75～80 と低く、平成 30(2018) 年度までは横ばいだったが令和元（2019）年度に減少に転じた。

以上より、植栽木の樹高や地際直径の成長は植栽密度に影響されなかったと考えられる。

表 3-94 植栽木の成長状況（宮崎県椎葉村）

1,100本/ha						
宮崎県椎葉村		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	48.5±7.7	67.6±10.6	90±16.7	114.6±23.6	148.6±32
	最小値	29.0	40.0	44.6	64.3	91.8
	最大値	67.2	94.2	125.2	172.2	231.0
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
	最小値	0.4	0.6	0.7	0.8	1.3
	最大値	0.8	2.0	1.6	2.7	5.7
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
	最小値	50.0	42.0	49.6	51.4	40.3
	最大値	120.0	97.3	103.9	107.3	133.2
1,600本/ha						
宮崎県椎葉村		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
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
	最小値	37.0	50.2	56.0	74.1	70.2
	最大値	71.0	84.4	114.4	151.4	174.5
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
	最小値	0.5	0.7	0.7	0.8	1.3
	最大値	1.1	1.2	1.6	2.0	3.3
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
	最小値	54.4	55.5	46.5	51.6	39.8
	最大値	114.0	91.5	113.6	105.0	79.3
2,500本/ha						
宮崎県椎葉村		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
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
	最小値	37.6	46.0	39.0	71.0	54.3
	最大値	66.4	79.2	117.4	169.4	205.0
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
	最小値	0.5	0.6	0.4	0.9	0.7
	最大値	1.1	1.1	1.5	2.7	3.9
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
	最小値	44.4	54.2	51.2	52.3	43.8
	最大値	108.0	97.9	112.3	107.8	83.9

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

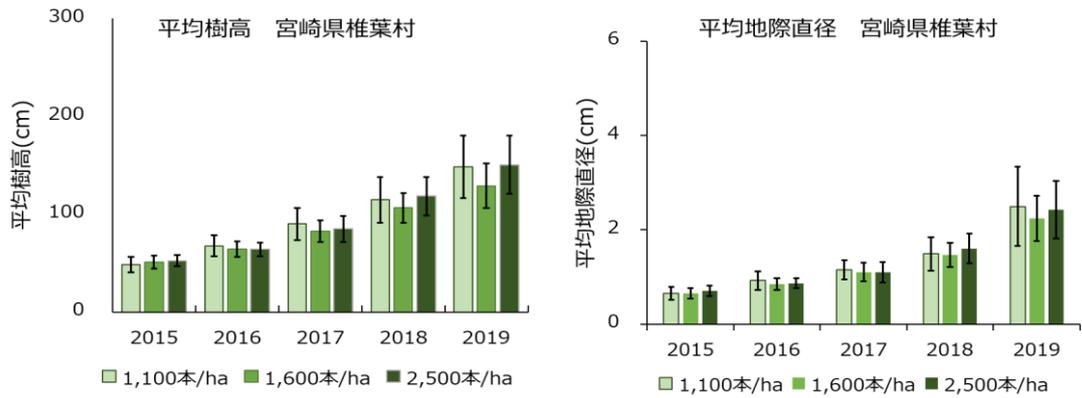


図 3-64 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（宮崎県椎葉村）

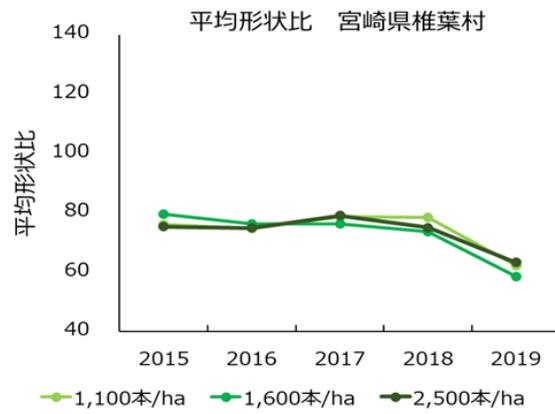


図 3-65 植栽木の形状比の推移（宮崎県椎葉村）



写真 3-39 1,100 本/ha 区の状態（令和元（2019）年 11 月）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-66 に、競合状態の調査結果を図 3-67 に示す。また、令和元（2019）年度における植生調査の結果を表 3-95、写真 3-40 に示す。

植栽密度間で植栽木と雑草木の平均樹高の比較をしたところ、どの植栽密度区も令和元（2019）年度の時点で植栽木が雑草木の樹高を抜け出しておらず、未だ競合関係にあることが分かる。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ、植栽密度間で差が見られた。また、どの植栽密度区も競合状態 C3 や C4 の割合が多く、特に 1,100 本/ha 区では競合状態 C3 + C4 が 9 割以上に達していた。

雑草木の種組成については、ススキがほとんどを占めており、繁茂も非常に激しかった。また、特に 1,100 本/ha 区でススキの背丈が高く、競合関係において 1,100 本/ha 区で競合状態 C3 や C4 の割合が高い要因の一つと考えられた。なお、本実証試験地は未だ林冠閉鎖には至っていないため、1,100 本/ha 区でススキの草丈が高かった要因が植栽密度の違いによるものとは考えにくい。ほかの要因としては立地環境の違いなどが考えられる。

以上より、どの植栽密度区も植栽木と雑草木の平均樹高の差がなく、競合状態 C3 や C4 の割合が多いため、植栽後 4 年が経過した現時点での下刈りの終了の判断は、植栽密度にかかわらず難しい。



図 3-66 植栽木と雑草木の平均樹高 (宮崎県椎葉村)

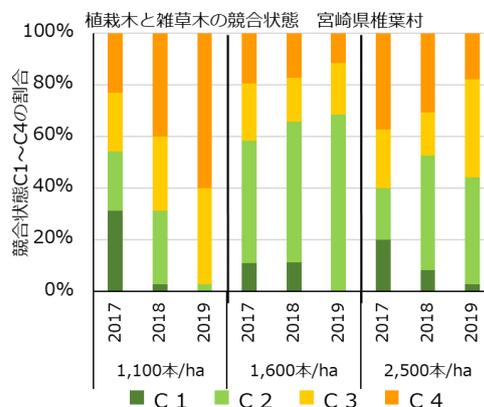


図 3-67 植栽木と雑草木の競合状態 (宮崎県椎葉村)

表 3-95 植生調査の結果（宮崎県椎葉村）

プロット	植栽密度 (本/ha)	区分	R元 (2019)		
			主な優占種	植被率	その他：特徴的な出現種
2	1,100	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	80%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ		・ヘニバナボロギク・コチヂミザサ ・タケニグサ・ノリウツギ
4	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	20%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ	70%	・ケチジミザサ・タケニグサ ・ナガバモミジイチゴ・スズタケ
5	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	30%	—
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ	60%	・スズタケ・ナガバモミジイチゴ ・タケニグサ



プロット 2



プロット 4



プロット 5

写真 3-40 植生調査プロットの状況（令和元（2019）年 7 月）

④ 下刈り実証調査結果

【下刈り作業時間の計測結果】

各調査プロットにおける下刈り作業時間の計測結果を表 3-96 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-68 に示す。

ヘクタールあたりの下刈り作業時間に換算して比較したところ、2,500 本/ha 区で 18.0 時間、1,600 本/ha 区で 15.4 時間、1,100 本/ha 区で 18.5 時間となった。1,600 本/ha 区で下刈り作業時間が短くなったものの、1,100 本/ha 区と 2,500 本/ha 区では差がなかったことから、下刈り作業時間は植栽密度によってほとんど影響されなかったと考えられる。

表 3-96 各プロットの下刈り作業時間（宮崎県椎葉村）

プロット	植栽密度 (本/ha)	傾斜 (度)	プロット 面積 (㎡)	H30(2018)		R元(2019)	
				下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)	下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)
1	1,100	23	345.5	28.7	13.8	39.33	19.0
2	1,100	22	344.0	36.3	17.6	48.50	23.5
3	1,600	13	231.1	13.4	9.7	20.08	14.5
4	1,600	21	261.4	26.3	16.7	31.08	19.8
5	2,500	36	186.0	20.4	18.3	22.17	19.9
6	2,500	37	168.0	15.8	15.6	18.08	17.9

※棒グラフは、各実証試験地において最も下刈りに時間がかかった調査プロットを 100%としたときの、各調査プロットにおける割合を示す。

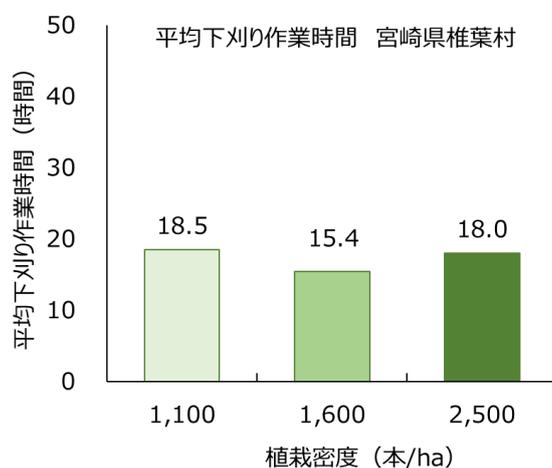


図 3-68 植栽密度別の平均下刈り作業時間（宮崎県椎葉村、ヘクタールあたり）

【下刈り作業におけるヒアリング結果】

下刈り実施後に現場作業員へヒアリングを行った。結果の概要は以下のとおりである。

～平成 30（2018）年度～

- ・植栽密度別では、下刈り作業の難易にあまり差はない。差が有るとすれば、低密度植栽区では植栽木を探すのが減る程度だと思う。
- ・植栽密度間で下刈り作業時間に差が生じた理由として、雑草木の繁茂状況の違いや地形の影響が考えられる。
- ・雑草木の繁茂が激しいと、誤伐につながった。
- ・等高線上に植栽をすると、植栽木を見つけやすくなるため誤伐が減ると思う。
- ・低密度植栽だと除間伐の頻度が減るのではないか。また逆に、低密度植栽だと樹冠閉鎖が進まないで、下層植生の繁茂が激しくなるのではないか。
- ・コンテナ苗は活着はいいが、成長はあまり早くない。

～令和元（2019）年度～

- ・植栽木が枯死などで消失していた場合、植栽間隔が広いほど次の植栽木までの距離が広くなり、見つけるのに時間がかかる（6 m先の植栽木を見つけるより 4 m先の植栽木を見つける方が簡単である）。
- ・下刈り作業時間の差は雑草木の成長状況に大きく左右されるため、下刈り作業の時期によってかなり差が生じる。
- ・地形（傾斜の大小など）により、足場の確保や移動に差が生じる。
- ・今回誤伐したのは 3 m間隔の箇所であったが、距離感の間違いによるもの（まだ次の樹木までには距離があるとの思い込み）であった。
- ・作業は等高線に沿って横移動で行うため、植栽するときも縦畝より横畝の方が誤伐は少ない。
- ・今年度は雑草木の繁茂が旺盛だったため、下刈り作業に時間がかかった。林齢の若い時期は、その年その年の雑草木の繁茂の状況により作業時間および労力に大きな差が生じると思われる。

⑤ 植栽密度別の初期保育コスト分析結果

【初期保育コスト】

地拵えから令和元（2019）年の下刈り（4回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-97 のとおりである。

3,000 本/ha の 2,677,667 円と比較すると、2,500 本/ha では 2,547,925 円、1,600 本/ha では 2,211,650 円、1,100 本/ha では 2,261,694 円となり、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha ではヘクタールあたり約 13 万円（5%）、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 47 万円（17%）、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 42 万円（16%）のコストが削減できることがわかった。

1,600 本/ha と 1,100 本/ha で削減率がほとんど変わらなかった要因として、1,600 本/ha と比較して 1,100 本/ha で下刈り作業時間が少し長くかかり、その結果下刈りのコストが増加したことが挙げられる。

表 3-97 初期保育コスト（宮崎県椎葉村）

宮崎県椎葉村	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha	1,100本/ha
地拵え費		324,000円	324,000円	324,000円	324,000円
苗木購入費	153円/本	459,000円	382,500円	244,800円	168,300円
植栽労務費	69円/本	207,000円	172,500円	110,400円	75,900円
シカ柵設置費(400m)	1,224円/m	489,600円	489,600円	489,600円	489,600円
諸経費など		242,234円	242,234円	242,234円	242,234円
下刈り1年目		232,812円	228,247円	195,006円	234,231円
下刈り2年目		256,317円	251,291円	214,694円	257,880円
下刈り3年目		233,352円	228,776円	195,458円	234,774円
下刈り4年目		233,352円	228,776円	195,458円	234,774円
合計		2,677,667円	2,547,925円	2,211,650円	2,261,694円
コスト削減		—	5%	17%	16%

※「地拵え費」、「苗木購入費」、「植栽労務費」、「諸経費など」は実際に掛かったコストである

※「諸経費など」には資材費、森林保険料を含む

※下刈りコストは、④下刈り実証調査結果を基に算出した

⑥ 現地写真（遠景）

	
<p>施業前（平成 27（2015）年）</p>	<p>平成 29（2017）年 8 月</p>
	
<p>平成 29（2017）年 11 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 10 月</p>

写真 3-41 実証試験地の様子（遠景、宮崎県椎葉村）

⑦ 現地写真（近景）

	
<p>植栽直後 平成 28 (2016) 年 2 月</p>	<p>平成 28 (2016) 年 6 月</p>
	
<p>平成 29 (2017) 年 8 月</p>	<p>平成 29 (2017) 年 11 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>

写真 3-42 実証試験地の様子（近景、宮崎県椎葉村）

(5) 鹿児島県 薩摩川内市 (スギ) (No.10)

① 実証試験地の概要

平成 27 (2015) 年 12 月に、鹿児島県薩摩川内市の実証試験地 (0.93ha) に 1,600 本/ha、2,500 本/ha の 2 つの植栽密度区を設け、スギ 300cc コンテナ苗 (挿し木苗) を計 1,902 本植栽した。実証試験地の概要 (表 3-98) と位置図 (図 3-69) は以下のとおりである。

表 3-98 実証試験地の概要 (鹿児島県薩摩川内市)

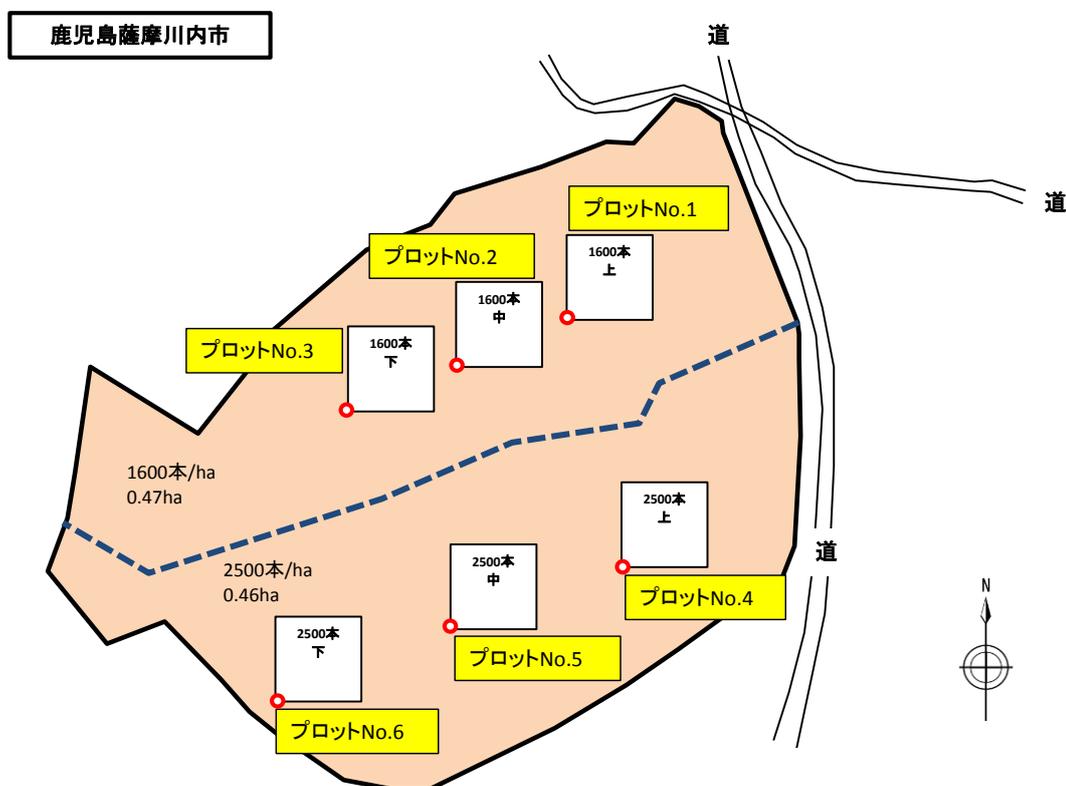
実証試験地	鹿児島県薩摩川内市祁答院町大字黒木字片草		
苗木種	スギ 300cc コンテナ苗 (挿し木苗)		
植栽密度	1,600 本/ha	2,500 本/ha	合計
植栽面積	0.47ha	0.46ha	0.93ha
植栽本数	752 本	1,150 本	1,902 本
気温/ 降水量	17.0℃ (年平均気温) / 2,281.4mm (年降水量) (平年値、川内)		
標高/ 傾斜/ 方位	180~195m / 11~19° / W		
土壌	褐色森林土		
土地所有者	薩摩川内市		
植栽実施者	株式会社はなぶさ		
植栽日	平成 27 (2015) 年 12 月 24 日 (前生林分の伐採は平成 26 年 11 月)		



図 3-69 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) (鹿児島県薩摩川内市)

② 調査プロットの概要

2つの植栽密度区に、それぞれ3つの調査プロットを設定し、調査プロット内の植栽木、計213本（1,600本/ha：105本、2,500本/ha：108本）を調査対象木とした。（図3-70、表3-99）



※プロット角の丸印は斜面下方右側に位置する。

図 3-70 調査プロットの位置図（鹿児島県薩摩川内市）

表 3-99 調査プロットの概要（鹿児島県薩摩川内市）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m^2)	調査本数	備考
1,600 本/ha	No.1	223.7	36 本	斜面上部に設置
	No.2	219.5	35 本	斜面中部に設置
	No.3	208.4	34 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No.4	141.5	36 本	斜面上部に設置
	No.5	138.5	36 本	斜面中部に設置
	No.6	142.3	36 本	斜面下部に設置
合計			213 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-100、表 3-101 のとおりである。

基本的に全ての調査プロットで下刈りを実施するものとしたが、平成 28 (2016) 年度においては試験的に 2 つの調査プロット (No. 2, 5) で下刈りを実施しなかった。

表 3-100 下刈りの実施日 (鹿児島県薩摩川内市)

年度	下刈り実施日
平成 27 (2015)	— (植栽年)
平成 28 (2016)	8 月 23~24 日
平成 29 (2017)	8 月 17~24 日
平成 30 (2018)	8 月 20 日
令和 元 (2019)	8 月 23~24 日
下刈り実施者	株式会社 はなぶさ

表 3-101 下刈り実施の有無 (鹿児島県薩摩川内市)

植栽密度	プロット No.	H28 (2016) 下刈り	H29 (2017) ~ R 元 (2019) 下刈り
1,600 本/ha	No.1	有	有
	No.2	無	有
	No.3	有	有
2,500 本/ha	No.4	有	有
	No.5	無	有
	No.6	有	有

③ 追跡調査結果

夏季調査および秋冬季調査の実施日は表 3-102 のとおりである。

表 3-102 調査実施日（鹿児島県薩摩川内市）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 1 月 10 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 11 月 20 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 7 月 11 日	平成 29 (2017) 年 11 月 7 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 7 月 2 日	平成 30 (2018) 年 11 月 28 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 10 日	令和 元 (2019) 年 11 月 8 日

【活着率、生存率、枯死率および枯死原因】

植栽直後から令和元（2019）年度までの各調査プロットの植栽木の生存および枯死の状況は表 3-103 のとおりである。

活着率（植栽翌年の生存率）は、ウサギによる食害が発生したプロット 4 でほかより低かったものの、それ以外の調査プロットは 90%以上と高い数値を示し、また植栽密度間ではほとんど差は見られなかった。

令和元（2019）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たものの、植栽密度間では大きな差は見られなかった。また平成 28（2016）年に下刈りを実施した調査プロット（プロット 1, 3, 4, 6）と実施していない調査プロット（プロット 2, 5）で生存率を比較したところ、特に大きな差は見られなかった。

表 3-103 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（鹿児島県薩摩川内市）

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定 本数 (本)	枯死本数(本)					合計	活着率 (%)	生存率 (%)	枯死率 (%)
			H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)					
1	1,600	36	2 (枯れ1・被圧1)	2 (ウサギ食害1 ・枯れ1)	0	1 (誤伐)	5	94.4	86.1	13.9	
2	1,600	35	1 (消失)	2 (消失3)	0	1 (誤伐)	4	97.1	88.6	11.4	
3	1,600	34	2 (誤伐2)	4 (消失3 ・ウサギ食害1)	0	1 (誤伐)	7	94.1	79.4	20.6	
4	2,500	36	5 (ウサギ食害1 ・消失2・枯れ2)	0	0	1 (誤伐)	6	86.1	83.3	16.7	
5	2,500	36	1 (枯れ)	2 (消失2)	0	0	3	97.2	91.7	8.3	
6	2,500	36	1 (ウサギ食害)	0	1 (枯れ)	0	2	97.2	94.4	5.6	

※活着率は植栽翌年の数値である
 ※生存率は令和元（2019）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 3-104、図 3-71、図 3-72 および写真 3-43 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、平均胸高直径ともに成長が非常に良好であり、令和元（2019）年度の時点で 2,500 本/ha 区では平均樹高が 3 m を超えていた。また植栽密度間では大きな差は見られなかった。平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽直後から令和元（2019）年度まで緩やかな減少傾向を示している。

表 3-104 植栽木の成長状況（鹿児島県薩摩川内市）

1,600本/ha						
鹿児島県薩摩川内市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	49.6±7.7	79.1±15.4	136.9±33.8	199±57.2	280.7±76.7
	最小値	26.4	42.0	78.2	105.0	140.2
	最大値	69.0	115.2	208.0	333.0	446.3
地際直径(cm)	平均値	0.6±0.1	1±0.2	1.8±0.7	3.6±1.5	5.5±2
	最小値	0.4	0.6	0.7	1.1	2.2
	最大値	0.8	1.8	3.6	7.8	10.5
形状比	平均値	86.2±16.2	84.2±15.4	81.2±16	58.8±11.7	53±7.8
	最小値	52.8	52.2	51.3	38.3	39.7
	最大値	153.5	147.3	143.1	101.8	86.6
2,500本/ha						
鹿児島県薩摩川内市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	50.9±7.4	91.3±13.9	146.2±30.6	216±42	303±57.2
	最小値	31.0	60.4	53.5	109.0	146.6
	最大値	69.0	125.6	213.0	308.0	402.2
地際直径(cm)	平均値	0.6±0.1	1.1±0.2	2±0.6	3.9±1.1	5.7±1.5
	最小値	0.4	0.6	0.8	1.3	1.7
	最大値	0.8	1.8	3.2	6.1	9.0
形状比	平均値	88.3±15.3	86.4±12.5	76.3±12.9	57.9±9.4	54.7±7.6
	最小値	51.7	62.0	46.5	43.3	41.3
	最大値	133.3	124.7	112.3	84.4	88.4

※平均値の項目において、土の後の数値は標準偏差を示す

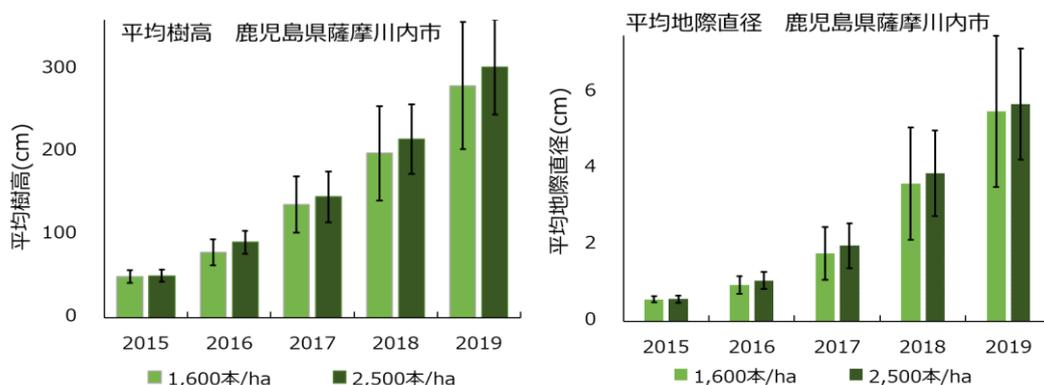


図 3-71 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（鹿児島県薩摩川内市）

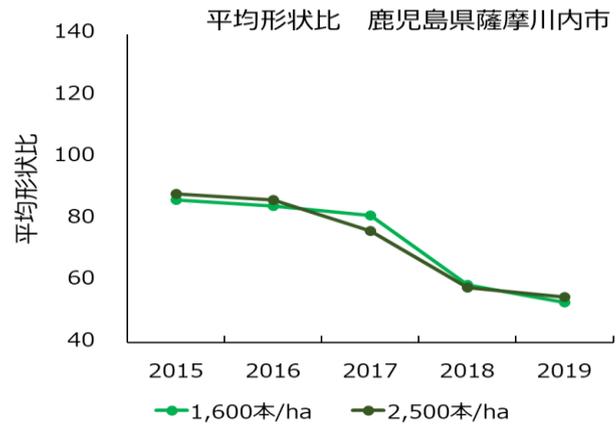


図 3-72 植栽木の形状比の推移（鹿児島県薩摩川内市）



写真 3-43 1,600 本/ha 区の状況（令和元（2019）年 10 月）

【雑草木との競合関係】

植栽木と雑草木の平均樹高の調査結果を図 3-73 に、競合状態の調査結果を図 3-74 に示す。また平成 28 (2016) 年度における植生調査の結果を表 3-105 に、令和元 (2019) 年における植生調査の結果を表 3-106 に、植生調査プロットの状態を写真 3-44 に示す。

植栽密度間で植栽木と雑草木の平均樹高の比較をしたところ、植栽密度間ではほぼ同じ景況を示した。どちらの植栽密度区も植栽木の成長が良好であり、令和元 (2019) 年度には植栽木が雑草木から大きく抜け出している。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ、植栽密度間で多少のばらつきが見られるものの、どの植栽密度区も令和元 (2019) 年の時点で競合状態 C1 + C2 が 7 割を超えていた。また平成 28 (2016) 年度に下刈りを省略した調査プロットと下刈りを実施した調査プロットを比較したところ、令和元 (2019) 年度における競合状態に大きな差は見られなかった。

雑草木の種組成については本事業の期間内で変化が見られた。植栽直後の平成 28 (2016) 年度ではセンダンやクマイチゴなどの落葉広葉樹が優占していたが、毎年下刈りが実施される中で次第にススキの繁茂が旺盛になり、令和元 (2019) 年度にはどの植栽密度区もススキが優占し、植被度、草丈ともに高くなっていった。

以上より、どちらの植栽密度も、植栽木の成長が良好であり、植栽木と雑草木の平均樹高の差が大きく、競合状態 C1 + C2 が 7 割を超えており、令和元 (2019) 年度 (下刈り 4 回目) で下刈りの終了を検討できる。低密度植栽区も通常密度の植栽区と同じ回数で下刈りが終了できると考えられる。

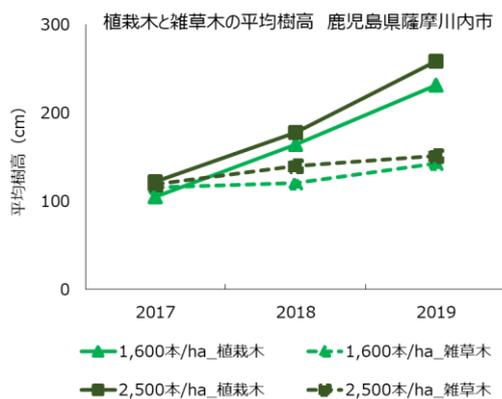


図 3-73 植栽木と雑草木の平均樹高 (鹿児島県薩摩川内市)

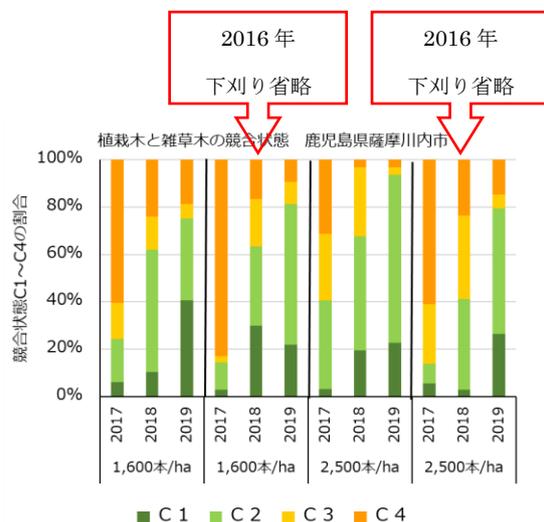


図 3-74 植栽木と雑草木の競合状態 (鹿児島県薩摩川内市)

表 3-105 植生調査の結果（鹿児島県薩摩川内市、平成 28（2016）年度）

プロット	密度	区分	H28 (2016)		
			主な優占種	植被率	その他：特徴的な出現種
1	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	センダン クマイチゴ カラスザンショウ	30%	・セイタカアワダチソウ・クサギ ・アカメガシワ・ジャケツイバラ ・エゴノキ
		草本層 (高さ1.0m未満)	クマイチゴ ダンドポロギク ヒメバライチゴ ヤブムラサキ	60%	・ススキ・ナガバモミジイチゴ ・タケニグサ・カラスザンショウ ・ヌルデ・タラノキ・アカメガシワ ・アオモジ・クマヤナギ
2	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	クマイチゴ センダン カラスザンショウ	30%	・ヨウシュヤマゴボウ・タケニグサ ・ジャケツイバラ
		草本層 (高さ1.0m未満)	クマイチゴ ナガバモミジイチゴ ダンドポロギク	50%	・カラスザンショウ・シロダモ ・ヤブムラサキ・アカメガシワ ・ナガバヤブマオ
4	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	センダン	20%	・カラスザンショウ・ジャケツイバラ ・ヒメムカシヨモギ・クマイチゴ ・セイタカアワダチソウ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ヒメバライチゴ	50%	・アカメガシワ・チシャノキ ・アラカシ・エゴノキ
5	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ジャケツイバラ	20%	・センダン・カラスザンショウ ・クマイチゴ・ヒメムカシヨモギ ・ナガバヤブマオ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ダンドポロギク	40%	・ヌルデ・ナンテン・タブノキ ・エゴノキ・カラスザンショウ・クサギ ・オカトラノオ・ヒメバライチゴ

表 3-106 植生調査の結果（鹿児島県薩摩川内市、令和元（2019）年度）

プロット	植栽密度 (本/ha)	区分	R元 (2019)		
			主な優占種	植被率	その他：特徴的な出現種
1	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	60%	・アオモジ・アカメガシワ
		草本層 (高さ1.0m未満)	フユイチゴ ススキ クサギ イヌビワ ツルコウソ スゲ s p	30%	-
2	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	60%	・アカメガシワ・クサギ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ	40%	・チガヤ・フユイチゴ・クサギ ・ヌルデ
4	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	60%	・アオモジ・クズ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ ヌルデ オカトラノオ フユイチゴ	40%	-
5	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ	60%	・アカメガシワ・アオモジ・クズ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ススキ	40%	・チガヤ・オカトラノオ・フユイチゴ



プロット1 (平成 28 (2016) 年 7 月)



プロット1 (令和元 (2019) 年 7 月)



プロット2 (平成 28 (2016) 年 7 月)



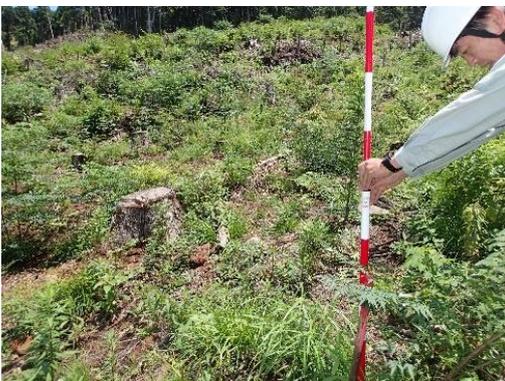
プロット2 (令和元 (2019) 年 7 月)



プロット4 (平成 28 (2016) 年 7 月)



プロット4 (令和元 (2019) 年 7 月)



プロット5 (平成 28 (2016) 年 7 月)



プロット5 (令和元 (2019) 年 7 月)

写真 3-44 植生調査プロットの様相

(左 : 平成 28 (2016) 年 7 月、 右 : 令和元 (2019) 年 7 月)

④ 下刈り実証調査結果

【下刈り作業時間の計測結果】

各調査プロットにおける下刈り作業時間の計測結果を表 3-107 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-75 に示す。

ヘクタールあたりの下刈り作業時間に換算して比較したところ、2,500 本/ha 区で 36.0 時間、1,600 本/ha 区で 38.7 時間となり、低密度植栽区で僅かに下刈り作業時間が長くなる傾向が見られた。なお、後述する現場作業員へのヒアリングでは、雑草木の繁茂状況が下刈り作業時間に影響したという回答があった。

表 3-107 各プロットの下刈り作業時間（鹿児島県薩摩川内市）

プロット	植栽密度 (本/ha)	傾斜 (度)	プロット 面積 (m ²)	H30(2018)		R元(2019)	
				下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)	下刈り作業時間 (分)	1ha当たりの 下刈り作業時間(時間)
1	1,600	19	223.7	55.8	41.5	53.33	39.7
2	1,600	17	219.5	52.6	39.9	48.67	37.0
3	1,600	14	208.4	47.8	38.2	44.57	35.6
4	2,500	14	141.5	36.4	42.9	28.42	33.5
5	2,500	14	138.5	28.9	34.8	30.12	36.2
6	2,500	11	142.3	30.8	36.1	27.80	32.6

※棒グラフは、各実証試験地において最も下刈りに時間がかかった調査プロットを 100%としたときの、各調査プロットにおける割合を示す。

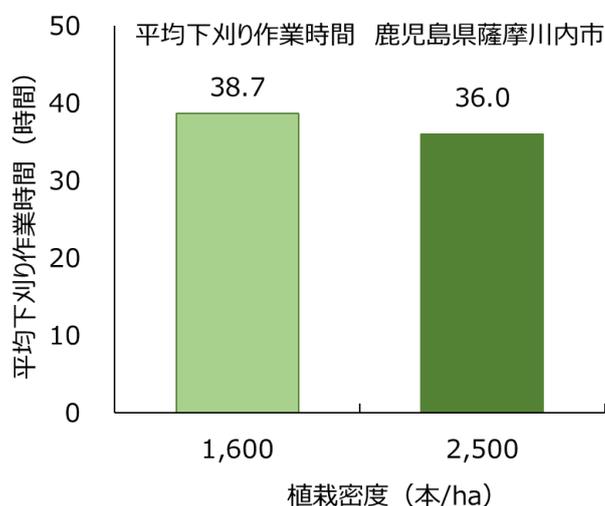


図 3-75 植栽密度別の平均下刈り作業時間（鹿児島県薩摩川内市、ヘクタールあたり）

【下刈り作業におけるヒアリング結果】

下刈り実施後に現場作業員へヒアリングを行った。結果の概要は以下のとおりである。

～平成 30（2018）年度～

- ・ 植栽密度の違いによる下刈り作業の難易の差は感じなかった。
- ・ 植栽密度よりも、雑草木の繁茂状況の違いが下刈り作業時間に影響した。
- ・ 1,600 本/ha 区では植栽木の間隔がつかめず、誤伐の危険性を感じた。

～令和元（2019）年度～

- ・ 昨年度と同様、植栽密度の違いによる下刈り作業の難易の差は感じなかった。
- ・ 植栽密度よりも、雑草木の高さや繁茂状況の違いと悪天候による視界不良が下刈り作業時間に影響した。
- ・ 植栽木が大きく成長しており視認しやすかったため、誤伐の危険性は少なかった。

⑤ 植栽密度別の初期保育コスト分析結果

【初期保育コスト】

地拵えから令和元（2019）年の下刈り（4回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-108 のとおりである。

3,000 本/ha の 3,670,526 円と比較すると、2,500 本/ha では 3,523,114 円、1,600 本/ha では 3,381,927 円となり、3,000 本/ha と比較して 2,500 本/ha ではヘクタールあたり約 15 万円（4%）、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 29 万円（8%）のコストが削減できることがわかった。

本実証試験地ではシカ柵の設置費や諸経費に大きなコストがかかってしまったため、苗木購入費や植栽労務費などのコスト削減効果が相対的に小さくなってしまいう結果となった。

表 3-108 初期保育コスト（鹿児島県薩摩川内市）

鹿児島県薩摩川内市	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha
地拵え費		253,763円	253,763円	253,763円
苗木購入費	153円/本	459,000円	382,500円	244,800円
植栽労務費	97円/本	291,000円	242,500円	155,200円
シカ柵設置費(400m)	1,933円/m	773,200円	773,200円	773,200円
諸経費など		750,570円	750,570円	750,570円
下刈り1年目		309,071円	303,011円	325,674円
下刈り2年目		299,728円	293,851円	315,829円
下刈り3年目		267,097円	261,860円	281,445円
下刈り4年目		267,097円	261,860円	281,445円
合計		3,670,526円	3,523,114円	3,381,927円
コスト削減		—	4%	8%

※「地拵え費」、「苗木購入費」、「植栽労務費」、「諸経費など」は実際に掛かったコストである

※「諸経費など」には資材費、森林保険料を含む

※下刈りコストは、④下刈り実証調査結果を基に算出した

⑥ 現地写真（遠景）

	
<p>施業前（平成 27（2015）年）</p>	<p>地拵之後（平成 28（2016）年 1 月）</p>
	
<p>平成 29（2017）年 8 月</p>	<p>平成 29（2017）年 11 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>

写真 3-45 実証試験地の様子（遠景、鹿児島県薩摩川内市）

⑦ 現地写真（近景）

	
<p>平成 29（2017）年 8 月</p>	<p>平成 29（2017）年 11 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>

写真 3-46 実証試験地の様子（近景、鹿児島県薩摩川内市）