

3-3-1. 関東地方

(1) 茨城県 日立市 (ヒノキ) (No.11)

① 実証試験地の概要

平成 28 (2016) 年 10～11 月に、茨城県日立市の実証試験地 (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。実証試験地の概要 (表 3-110) と位置図 (図 3-77) は以下のとおりである。

表 3-110 実証試験地の概要 (茨城県日立市 (ヒノキ))

実証試験地	茨城県日立市十王町高原小松沢国有林			
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	13.9℃ (年平均気温) / 1,477.3mm (年降水量) (平年値、日立市)			
標高/ 傾斜/ 方位	260～310m / 10～25° / N～S			
土壌	褐色森林土壌			
土地所有者	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 3-77 実証試験地の位置 (左) と様子 (右)
(茨城県日立市 (ヒノキ))

② 調査プロットの概要

1,100 本/ha 区に 4 つ、1,600 本/ha 区と 2,500 本/ha 区に 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 3-78、表 3-111）。

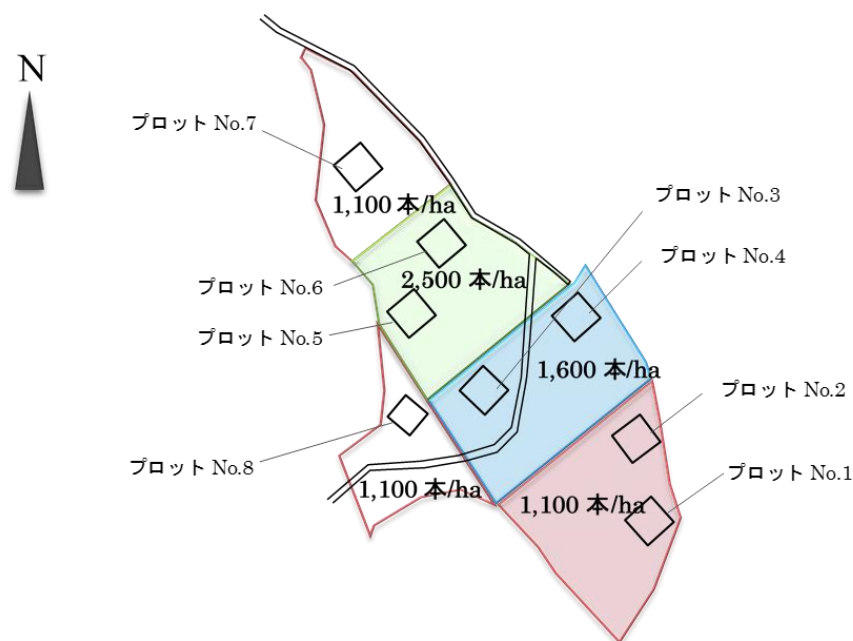


図 3-78 調査プロットの位置図（茨城県日立市（ヒノキ））

表 3-111 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

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-112、表 3-113 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 3-112 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）	—（植栽年）
平成 29（2017）	9 月 4～9 日
平成 30（2018）	8 月 30 日
令和 元（2019）	8 月 29～30 日
下刈り実施者	有限会社 佐川運送

表 3-113 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
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 3-114 のとおりである。

表 3-114 調査実施日（茨城県日立市（ヒノキ））

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 11 月 18 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 7 月 18 日	平成 29 (2017) 年 10 月 9 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 7 月 13 日	平成 30 (2018) 年 12 月 11 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 18 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 3-115 のとおりである。

活着率、生存率ともに植栽密度間および調査プロット間でばらつきが見られ、特に令和元（2019）年度における生存率は 1,600 本/ha 区のプロット 4 で 11.1%、2,500 本/ha 区のプロット 6 で 38.9%と、いずれも非常に低い数値を示した。これらの調査プロットではウサギによると思われる食害の発生が見られたほか、樹高が 2 m 以上のタケニグサが密生しており（写真 3-47）、植栽木が強い被圧を受けたことによる枯死や、植栽木がタケニグサ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。

以上より、本実証試験地では植栽密度間で活着率や生存率に差が生じているが、これは食害の発生状況や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た。



写真 3-47 タケニグサに覆われたプロット 4（令和元（2019）年 7 月）

表 3-115 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（茨城県日立市（ヒノキ））

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 (%)
			H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	合計			
1	1,100	36	1（誤伐）	2（誤伐1・ウサギ食害1）	1（誤伐）	4	97.2	88.9	11.1
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）	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）	21	52.8	41.7	58.3
8	1,100	16	0	3（枯れ2・誤伐1）	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）	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）	32	61.1	11.1	88.9
5	2,500	36	7（枯れ4・消失2・誤伐1）	0	0	7	80.6	80.6	19.4
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）	22	52.8	38.9	61.1

※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 3-116、図 3-79、図 3-80 および写真 3-48 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、令和元（2019）年度の時点で 1,600 本/ha 区で最も高い数値を示した。ただし、前述のとおり本実証試験地は場所によって立地環境や雑草木の種組成および繁茂状況が大きく異なるため、植栽密度の違いよりもそういった要因が植栽木の成長に影響を与えていると考えられた。

表 3-116 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)
樹高 (cm)	平均値	42.9±5.8	62.3±14.1	95.4±22.9	138.7±37
	最小値	30.9	37.5	55.0	66.6
	最大値	59.5	92.5	159.0	231.4
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	0.7±0.2	1.4±0.5	2.5±0.9
	最小値	0.3	0.4	0.6	1.1
	最大値	0.8	1.2	2.9	5.2
形状比	平均値	120.7±16.7	97.8±14.8	71±14.2	57±10.1
	最小値	81.3	65.6	43.9	39.3
	最大値	159.4	137.5	123.6	81.8
1,600本/ha					
茨城県日立市ヒノキ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	45.2±4.7	66.3±12.6	109.2±23.1	159.7±34.9
	最小値	34.0	44.0	64.0	93.0
	最大値	56.0	107.3	173.0	252.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	0.7±0.2	2.1±0.5	3.8±0.7
	最小値	0.3	0.4	0.9	2.1
	最大値	0.5	1.2	3.2	5.0
形状比	平均値	123.9±14.8	98.5±23	53.6±10.8	42.8±8.7
	最小値	91.3	62.5	38.9	29.6
	最大値	179.6	153.3	86.1	68.6
2,500本/ha					
茨城県日立市ヒノキ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	46.1±6.3	60.2±8.3	86.7±17.4	127.3±27
	最小値	27.7	39.3	55.0	85.1
	最大値	65.0	75.9	126.0	201.0
地際直径(cm)	平均値	0.4±0	0.7±0.1	1.6±0.5	3±0.7
	最小値	0.3	0.5	0.7	1.6
	最大値	0.5	1.0	2.6	4.9
形状比	平均値	122.4±16.3	90.1±14.6	57.2±16.3	43.4±10.7
	最小値	86.3	64.4	34.8	24.0
	最大値	159.4	121.9	95.5	69.3

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

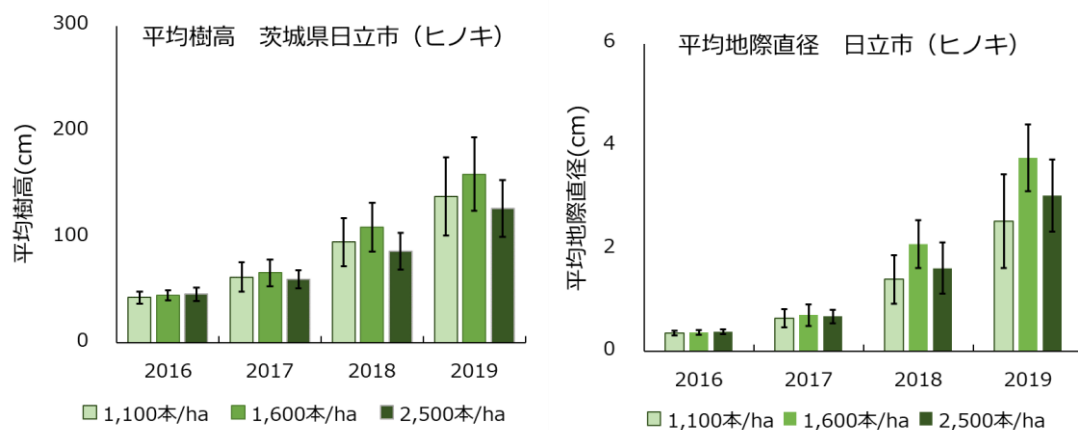


図 3-79 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移
（茨城県日立市（ヒノキ））

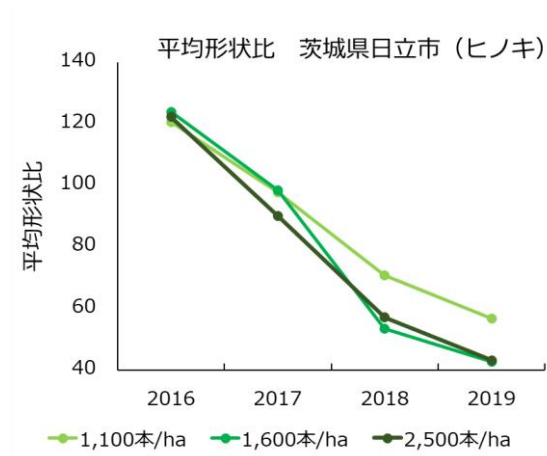


図 3-80 植栽木の形状比の推移（茨城県日立市（ヒノキ））



写真 3-48 1,100 本/ha 区の状態（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 3-81 に、競合状態の調査結果を図 3-82 に示す。また、令和元（2019）年における植生調査の結果を表 3-117、写真 3-49 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、植栽密度間で傾向に差が見られるものの、どの植栽密度区も植栽木と雑草木の樹高差はまだ大きく開いていない。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ、平均樹高と同様に植栽密度間でばらつきが見られ、2,500 本/ha 区では競合状態 C1 + C2 が 10 割だったのに比べ、1,600 本/ha 区では競合状態 C1 + C2 が約 5 割であり、1,100 本/ha 区では競合状態 C1 が無く C2 が約 2 割となった。

雑草木の種組成を見てみると、プロット 2（1,100 本/ha 区）とプロット 3（1,600 本/ha 区）ではススキのほかクマイチゴなどのキイチゴ類が優占しており、低木層（樹高が 1 m 以上）の植被率も 30%程度だったが、プロット 5（2,500 本/ha 区）では低木層の植被率は 5 %程度と低く、優占する種は背丈の低いアズマネザサなどであった。このような局所的な雑草木の種組成や繁茂状況の違いによって、植栽木と雑草木の成長具合や競合状態に植栽密度間で差が生じたと考えられる。

以上より、植栽木と雑草木の平均樹高や競合状態に植栽密度間で違いが見られるものの、どの植栽密度区も植栽木と雑草木の樹高差が大きく開いていないため、下刈りの終了の判断は植栽密度にかかわらず難しい。

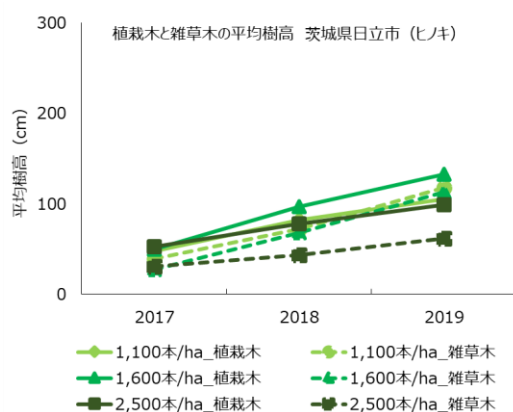


図 3-81 植栽木と雑草木の平均樹高
（茨城県日立市（ヒノキ））

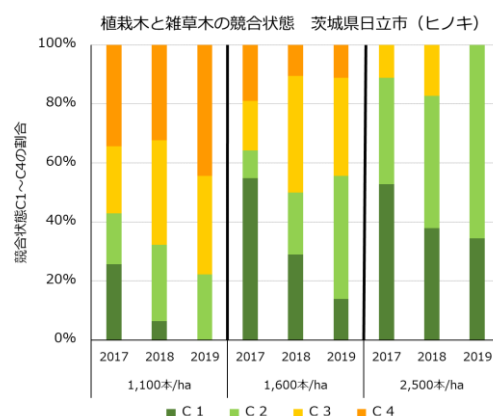


図 3-82 植栽木と雑草木の競合状態
（茨城県日立市（ヒノキ））

表 3-117 植生調査の結果（茨城県日立市（ヒノキ））

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	1,100	低木層 （高さ1.0m以上）	ススキ ウワミズザクラ タケニグサ	30%	・タラノキ・クマイチゴ・ニガイチゴ
		草本層 （高さ1.0m未満）	クマイチゴ ヤマウルシ アカメガシワ	70%	・タラノキ・ムラサキシキブ ・オカトラノオ・タケニグサ ・サンショウ・シダsp・ヌルデ ・ヘクソカズラ・スゲsp・コシアブラ ・ヤマグワ・ホオノキ
3	1,600	低木層 （高さ1.0m以上）	クマイチゴ ススキ ニガイチゴ	30%	・タケニグサ・ウワミズザクラ ・ヨウシュヤマゴボウ
		草本層 （高さ1.0m未満）	アカメガシワ クマイチゴ オカトラノオ	70%	・ヤマウルシ・コシアブラ ・ムラサキシキブ・タラノキ・ニガイチゴ ・ヌルデ・サンショウ・スゲsp・シダsp ・タケニグサ・ネムノキ・コナラ
5	2,500	低木層 （高さ0.7m以上）	ヤマウルシ ウワミズザクラ	5%	・ススキ・クマイチゴ
		草本層 （高さ0.7m未満）	アズマネザサ アカメガシワ	70%	・ヤマウルシ・コシアブラ・クマイチゴ ・ススキ・ヌルデ・サルトリイバラ ・タラノキ・ムラサキシキブ ・ニガイチゴ・ウワミズザクラ ・サンショウ・ネムノキ



プロット 2



プロット 3



プロット 5

写真 3-49 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 3-118 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-83 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 22.7 時間、1,600 本/ha 区で 22.2 時間、1,100 本/ha 区で 19.8 時間となった。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 3-118 各プロットの下刈り作業時間（茨城県日立市（ヒノキ））

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	5	307.0	31.3	17.0	45.47	24.7
2	1,100	5	306.5	32.6	17.7	36.30	19.7
3	1,600	5	261.2	23.8	15.2	22.97	14.7
4	1,600	10	224.0	44.6	33.2	37.83	28.1
5	2,500	5	152.0	15.1	16.6	20.07	22.0
6	2,500	20	139.6	21.9	26.1	22.12	26.4

※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。

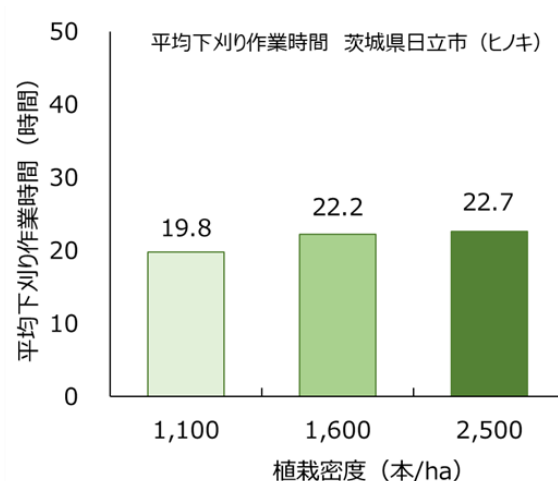


図 3-83 植栽密度別の平均下刈り作業時間
(茨城県日立市（ヒノキ）,ヘクタールあたり)

【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～

- ・刈り払い機による作業では刈り幅が 1.5m 程度で一定のため、植栽密度によって刈り幅が大きくなるといったことは無い。そのため、植栽密度によって下刈り作業の難易度に変化は無いと思われる。
- ・下刈り作業時間に差が生じた理由として、地形の状況、雑草木の繁茂状況、植栽木の成長度合い（雑草木よりも成長して視認が容易になる）などが考えられる。プロット 4、6 のようにタケニグサやオオアレチノギクといった背丈が高い雑草木が密生する場所では、植栽木の成長度合いも悪く、作業時間に大きく影響する。ツル植物の繁茂状況も作業時間に大きく影響する。
- ・誤伐については、植栽木の周辺の雑草木の繁茂状況や、長時間の作業による疲労や気のゆるみが影響する。また、コンテナ苗のような小さい苗を植栽したときに誤伐を避ける方法については、作業員を多く入れて植栽木の周りの雑草木を手作業で刈り取ったり、植栽木に目印をつけるなどが考えられる。ただし、現在の請負費では不可能である。
- ・コンテナ苗の植栽は植栽時期を問わないといわれているが、積雪がなく植栽木が寒風にさらされるようなところには向かない（深植えが必要）と思われる。
- ・地拵え、植栽、下刈りといった造林時の一連の作業の中で、植栽密度によって変化があるものは植栽（苗木購入費、植栽労務費）だけだと思う。

～令和元（2019）年度～

- ・植栽密度が低くなることにより雑草木の繁茂状況に違いが生じるため、雑草木の 2 段刈りを行うなどで雑草木による被圧を防ぐ必要がある。
- ・数年前から、植栽年に下刈り作業を行わないところがある。従前のヒノキ林は草本が少ないが、スギ林は草本類が繁茂するため初年度ほど下刈りを行うべきだと思う。

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 3-119 のとおりである。

3,000 本/ha の 2,396,762 円と比較すると、2,500 本/ha では 2,253,649 円、1,600 本/ha では 2,009,742 円、1,100 本/ha では 1,790,388 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（6％）、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 38 万円（16％）、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 60 万円（25％）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 と比較すると、2,500 本/ha では約 9 万円、1,600 本/ha では約 25 万円、1,100 本/ha では約 33 万円の削減となった。

表 3-119 初期保育コスト（茨城県日立市（ヒノキ））

茨城県日立市（ヒノキ）	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha	1,100本/ha
地拵え費		337,263円	337,263円	337,263円	337,263円
苗木購入費	175円/本	525,000円	437,500円	280,000円	192,500円
植栽労務費	76円/本	228,000円	190,000円	121,600円	83,600円
シカ柵設置費		なし	なし	なし	なし
諸経費など		408,248円	408,248円	408,248円	408,248円
下刈り1年目		285,283円	279,689円	273,970円	244,162円
下刈り2年目		306,484円	300,474円	294,331円	262,307円
下刈り3年目		306,484円	300,474円	294,331円	262,307円
合計		2,396,762円	2,253,649円	2,009,742円	1,790,388円
コスト削減		—	6%	16%	25%

※「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）

	
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 3-50 実証試験地の様子（遠景、茨城県日立市（ヒノキ））

⑦ 現地写真（近景）

	
平成 28 (2016) 年 7 月	平成 28 (2016) 年 8 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

写真 3-51 実証試験地の様子（近景、茨城県日立市（ヒノキ））

(2) 茨城県 日立市（スギ）(No.12)

① 実証試験地の概要

平成 28 (2016) 年 10 月に、茨城県日立市の実証試験地 (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。実証試験地の概要 (表 3-120) と位置図 (図 3-84) は以下のとおりである。

表 3-120 実証試験地の概要 (茨城県日立市 (スギ))

実証試験地	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	13.9℃ (年平均気温) / 1477.3mm (年降水量) (平年値、日立市)			
標高/ 傾斜/ 方位	400～450m / 20～25° / NW			
土壌	褐色森林土壌			
土地所有者	個人所有者			
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 3-84 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) ((茨城県日立市 (スギ))

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3-85、表3-121）。

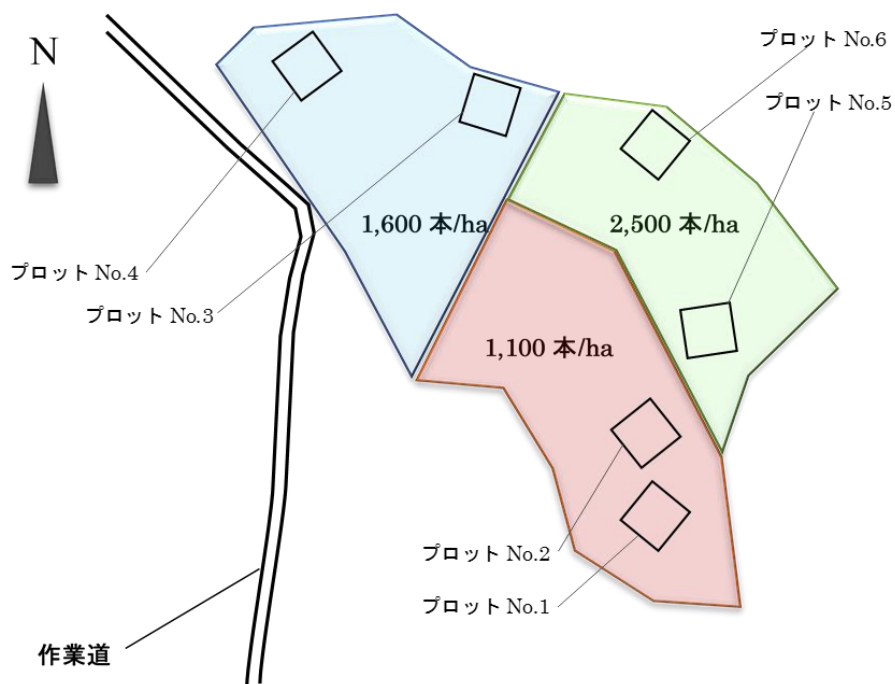


図 3-85 調査プロットの位置図（茨城県日立市（スギ））

表 3-121 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	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-122、表 3-123 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 3-122 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）	—（植栽年）
平成 29（2017）	9 月 29～30 日
平成 30（2018）	8 月 18～20 日
令和 元（2019）	9 月 20～27 日
下刈り実施者	高萩市森林組合

表 3-123 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 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 3-124 のとおりである。

表 3-124 調査実施日（茨城県日立市（スギ））

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 11 月 17 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 8 月 4 日	平成 29 (2017) 年 10 月 10 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 7 月 12 日	平成 30 (2018) 年 12 月 12 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 17 日	令和 元 (2019) 年 11 月 7 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 3-125 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、どの植栽密度でも平均して約 80%以上であった。

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 4 本、2,500 本/ha 区で 5 本と、計 19 本（全体の 8%）が誤伐により枯死している。本実証試験地はキイチゴ類などの雑草木が密生しており、植栽木の視認性が低くなったことにより誤伐が多く発生したと思われる、生存率の差は植栽密度によって生じたものではないと考えられる。

表 3-125 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（茨城県日立市（スギ））

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 (%)
			H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)	合計			
1	1,100	39	3 (枯れ3)	2 (消失2)	5 (誤伐4・枯れ1)	10	92.3	74.4	25.6
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)	11	85.4	73.2	26.8
3	1,600	35	2 (消失1・枯れ1)	0	3 (消失2・誤伐1)	5	94.3	85.7	14.3
4	1,600	36	8 (消失4・誤伐1・枯れ3)	0	3 (誤伐2・消失1)	11	77.8	69.4	30.6
5	2,500	36	11 (誤伐3・枯れ7・消失1)	0	0	11	69.4	69.4	30.6
6	2,500	36	0	2 (誤伐2)	3 (ウサギ食害1・消失1・枯れ1)	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 3-126、図 3-86、図 3-87 および写真 3-52 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大きな差は見られなかった。平均形状比は、植栽直後はどの植栽密度も 90 程度であったがその後緩やかに減少傾向にあり、令和元（2019）年度の時点では 1,100 本/ha 区で約 60、1,600 本/ha 区と 2,500 本/ha 区では約 50 前後と多少の差が見られ、低密度植栽区である 1,100 本/ha 区で僅かに高くなる結果となった。

表 3-126 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)
樹高 (cm)	平均値	42.9±6.1	52.2±8.9	88.9±20.1	147.4±30.9
	最小値	29.8	37.0	58.0	86.8
	最大値	60.0	76.0	150.0	250.3
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.7±0.1	1.4±0.4	2.6±0.7
	最小値	0.3	0.5	0.9	1.3
	最大値	0.8	1.0	2.9	5.3
形状比	平均値	92.7±14.9	78.5±12.3	65.8±10.8	59.2±8.3
	最小値	59.6	55.3	45.0	43.0
	最大値	135.4	117.3	87.4	82.1
1,600本/ha					
茨城県日立市スギ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	42.5±6.5	58±10.5	89.1±19.5	139.1±35.1
	最小値	30.5	34.1	53.0	82.6
	最大値	60.0	93.5	139.0	236.5
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.8±0.2	1.5±0.4	2.7±0.8
	最小値	0.3	0.5	0.9	1.5
	最大値	0.7	1.2	2.9	4.6
形状比	平均値	92.6±18.2	76.2±17.3	61.1±16.6	52.2±11.1
	最小値	50.8	46.5	33.5	28.7
	最大値	129.4	119.1	131.0	85.5
2,500本/ha					
茨城県日立市スギ		H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	42.9±6.6	58.9±15.8	91.5±33.2	137.4±47.3
	最小値	30.8	36.3	51.0	65.2
	最大値	61.0	96.5	181.0	255.9
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.8±0.3	1.8±0.9	2.9±1.4
	最小値	0.3	0.5	0.6	1.0
	最大値	0.6	1.8	4.3	6.7
形状比	平均値	93.8±13.4	73.3±12.8	53.6±9.8	49.7±10.2
	最小値	58.1	42.9	31.8	27.6
	最大値	123.1	115.9	93.1	81.7

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

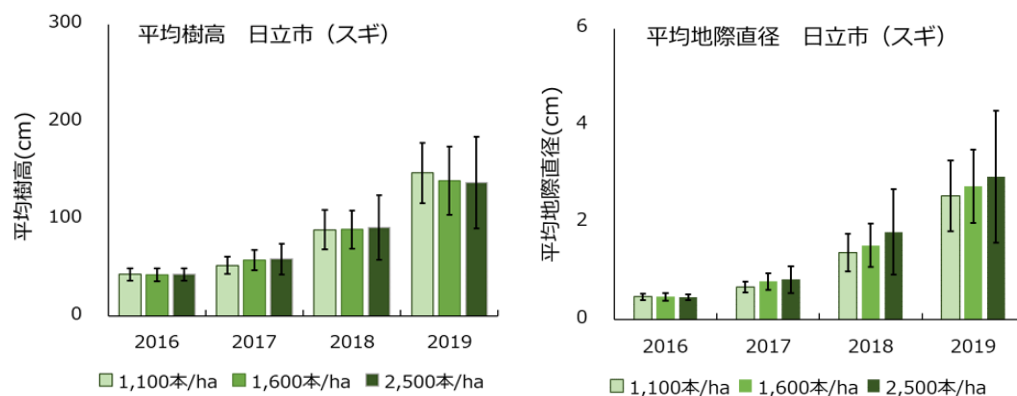


図 3-86 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移
（茨城県日立市（スギ））

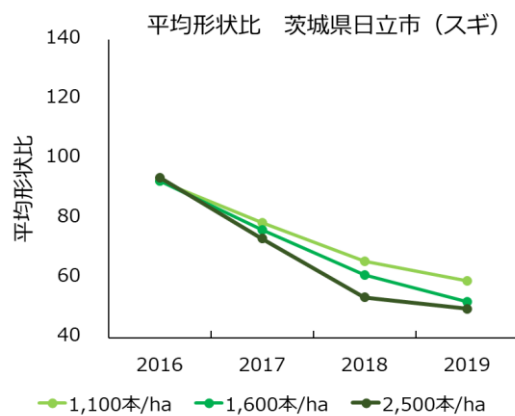


図 3-87 植栽木の形状比の推移（茨城県日立市（スギ））



写真 3-52 1,100 本/ha 区の状態（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 3-88 に、競合状態の調査結果を図 3-89 に示す。また令和元（2019）年における植生調査の結果を表 3-127、写真 3-53 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、雑草木とも植栽密度間で多少の差が見られた。植栽後 3 年が経過した令和元（2019）年時点では、どの植栽密度でも植栽木が雑草木を抜け出し始めているが、植栽木と雑草木の樹高差は下刈りを終了できるほど開いていない。

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、2,500 本/ha 区では競合状態 C 1 + C 2 が 8 割、1,600 本/ha 区では競合状態 C 1 + C 2 が約 9 割だったのに比べ、1,100 本/ha 区では競合状態 C 1 + C 2 が約 6 割となった。これは、立地環境が大きく影響したと考えられ、植栽密度による影響については不明である。

競合雑草木の種組成については、モミジイチゴなどのキイチゴ類が多く見られ、植被率は 1,600 本/ha 区で他の植栽密度区よりも低い値を示した。

以上のように、植栽木と雑草木の競合関係には植栽密度間で多少の差が見られた。ただし本実証試験地は植栽密度間で立地環境に差があり（1,100 本/ha 区や 2,500 本/ha 区は斜面上方に、1,600 本/ha 区は斜面下方に位置する。）、そういった要因が影響していると考えられる。

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大きく開いていないため、植栽後 3 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。

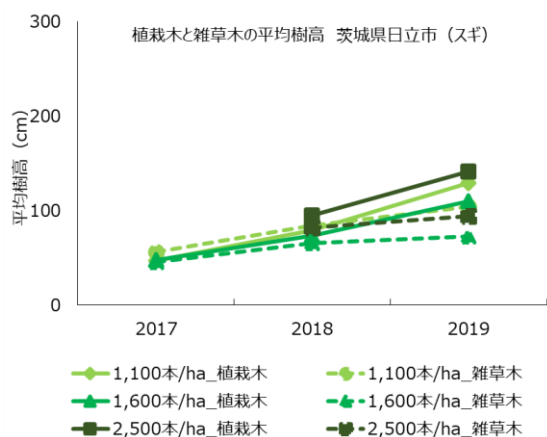


図 3-88 植栽木と雑草木の平均樹高
（茨城県日立市（スギ））

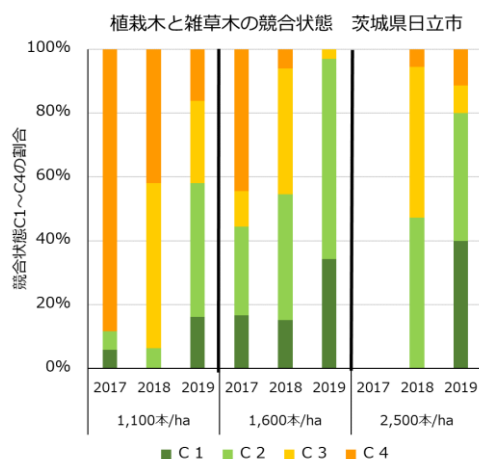


図 3-89 植栽木と雑草木の競合状態
（茨城県日立市（スギ））

表 3-127 植生調査の結果（茨城県日立市（スギ））

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	1,100	低木層 (高さ1.0m以上)	モミジイチゴ ニガイチゴ	5%	・タラノキ・クマイチゴ・タケニグサ
		草本層 (高さ1.0m未満)	モミジイチゴ シダsp タラノキ	95%	・ムラサキシキブ・オカトラノオ ・イネ科sp・ヤマウルシ・コナラ ・ニガイチゴ・アカメガシワ ・ススキ・ササsp・ヌルデ ・ヨウシュヤマゴボウ
3	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ モミジイチゴ タケニグサ	5%	－
		草本層 (高さ1.0m未満)	モミジイチゴ ヤマウルシ アカメガシワ	80%	・シダsp・ヒサカキ・ススキ ・ムラサキシキブ・タラノキ・ヒノキ
6	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	モミジイチゴ ススキ タケニグサ	20%	・スギ・ヤマウルシ
		草本層 (高さ1.0m未満)	モミジイチゴ アカメガシワ ヒサカキ	75%	・ヤマウルシ・ヒノキ



プロット 2



プロット 3



プロット 6

写真 3-53 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 3-128 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-90 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 25.7 時間、1,600 本/ha 区で 24.1 時間、1,100 本/ha 区で 20.0 時間となった。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 3-128 各プロットの下刈り作業時間（茨城県日立市（スギ））

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	25	306.2	38.9	21.2	42.72	23.3
2	1,100	25	346.7	36.6	17.6	38.83	18.7
3	1,600	20	232.5	29.7	21.3	33.60	24.1
4	1,600	20	216.5	31.6	24.3	34.67	26.7
5	2,500	25	152.1	19.8	21.7	25.33	27.8
6	2,500	25	143.8	23.2	26.9	23.08	26.7

※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。

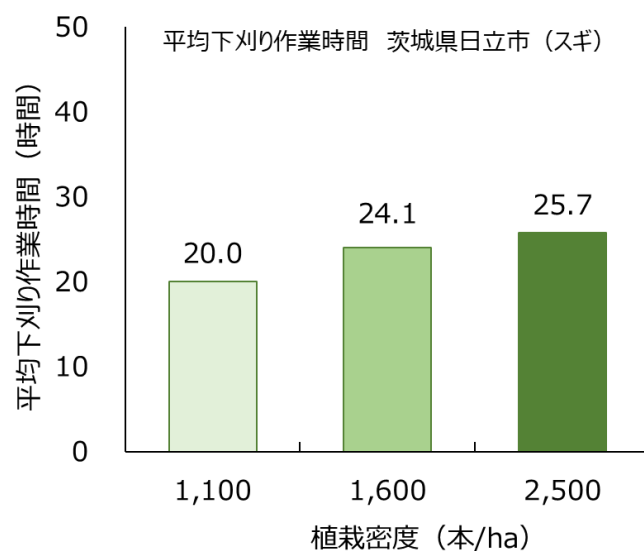


図 3-90 植栽密度別の平均下刈り作業時間（茨城県日立市（スギ）,ヘクタールあたり）

【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～

- ・ 1,100 本/ha 区は植栽間隔が空きすぎて作業しづらい。一本の誤伐が大きな影響を生むので慎重になり、どうしても作業に時間がかかる。1,600 本/ha 区も、1,100 本/ha 区ほどではないが作業しづらい。2,500 本/ha 区は 3,000 本/ha 区と感覚的な違いは感じなかった。
- ・ 3,000 本/ha の下刈り作業に慣れているため、低密度植栽だと感覚が狂い時間がかかる。
- ・ 1,100 本/ha 区の実証試験地は雑草木の生育が非常によく、3.0m間隔で苗木の植栽箇所が判りづらいこともあり作業時間がかかっている。
- ・ 1,600 本/ha の実証試験地はキイチゴ類が非常に多く、作業に支障をきたしている。
(雑草木の繁茂が、植栽本数が少ないことによるものかどうかは不明)
- ・ 植栽木の間隔が 2.5mや 3.0mは広すぎて、次の植栽木の位置の予測が難しい。誤伐を減らすなら一旦坪刈りを行うか、2 回刈りを行った方がいい。手間とコスト増になるが植栽木の脇に目印の支柱を立てる方法もある。
- ・ 下刈りに誤伐はつきものなので、どんなに注意しても避けることはできない。

～令和元（2019）年度～

- ・ 1,100 本/ha は植栽間隔が空きすぎて、次の植栽木が把握しづらい。1,600 本/ha も間隔が広いと感じる。2,500 本/ha は 3,000 本/ha とあまり変わらないように感じた。
- ・ 1,100 本/ha の実証試験地は雑草木の生育が良く、3 m間隔で植栽木の植栽箇所が分かりづらいこともあり、下刈り作業時間がかかった。1,600 本/ha ではキイチゴ類が非常に多く、作業に支障をきたした。天然更新しているスギが多く、植栽木と区別しづらかった。
- ・ 植栽木の間隔が 2.5m や 3 m だと、広すぎて探しているうちに誤伐することがあった。
- ・ キイチゴ類が繁茂しているため 2 段刈りをしたが、その際に植栽木の頭を切ってしまうことがあった。
- ・ 本実証試験地は秋植えなので今年度で 4 年生になるが、春植えと比較すると 1 年くらい成長が遅い気がする。コンテナ苗は通年での植栽が可能であることが利点の一つではあるが、春植えが良いと思う。
- ・ コンテナ苗の特徴として、初期に上方向よりも横方向に成長しやすいと聞いたことがあるが、上方向に成長してくれた方が下刈りはやりやすい。
- ・ 林業関係者からは、低密度植栽の場合に枝が多く張ったり、まっすぐ成長しないのはいいか、また最終的に用材となり得るのか、といった疑問を受けることがある。

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（3回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-129 のとおりである。

3,000 本/ha の 2,160,746 円と比較すると、2,500 本/ha では 2,024,017 円、1,600 本/ha では 1,772,437 円、1,100 本/ha では 1,553,490 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 38 万円（18%）、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 60 万円（28%）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 と比較すると、2,500 本/ha では約 8 万円、1,600 本/ha では約 23 万円、1,100 本/ha では約 31 万円の削減となった。

表 3-129 初期保育コスト（茨城県日立市（スギ））

茨城県日立市（スギ）	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha	1,100本/ha
地拵え費		350,000円	350,000円	350,000円	350,000円
苗木購入費	165円/本	495,000円	412,500円	264,000円	181,500円
植栽労務費	※	228,000円	190,000円	140,000円	129,998円
シカ柵設置費		なし	なし	なし	なし
諸経費など		260,030円	260,030円	260,030円	260,030円
下刈り1年目		256,973円	251,934円	235,455円	196,199円
下刈り2年目		285,372円	279,776円	261,476円	217,881円
下刈り3年目		285,372円	279,776円	261,476円	217,881円
合計		2,160,746円	2,024,017円	1,772,437円	1,553,490円
コスト削減		—	6%	18%	28%

※「地拵え費」、「苗木購入費」、「植栽労務費」は実際に掛かったコストである

※「植栽労務費」は、3,000 本/ha および 2,500 本/ha は 118.2 円/本、1,600 本/ha は 87.5 円/本、1,100 本/ha は 76 円/本でそれぞれ算出

※「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）

	
(平成 27 (2015) 年 12 月)	植栽後 (平成 28 (2016) 年 7 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

写真 3-54 実証試験地の様子（遠景、茨城県日立市（スギ））

⑦ 現地写真（近景）

	
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

写真 3-55 実証試験地の様子（近景、茨城県日立市（スギ））