

3-2-1. 東北地方

(1) 岩手県 紫波町（カラマツ）（No.1）

① 実証試験地の概要

平成 27（2015）年 12 月に、岩手県紫波郡紫波町の実証試験地（1.00ha）に 1,600 本/ha と 2,500 本/ha の 2 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 2,050 本植栽した。実証試験地の概要（表 3-6）と位置図（図 3-6）は以下のとおりである。

本実証試験地は傾斜が緩く作業道から近いため、植栽時には、前生樹の伐採（植栽 1 か月前）に使用した林業機械（グラップル）によって機械地寄せを行う「一貫作業システム」が導入された。

表 3-6 実証試験地の概要（岩手県紫波町）

実証試験地	岩手県紫波郡紫波町赤沢行人平		
苗木種	カラマツ 150cc 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	0.50ha	0.50ha	1.00ha
植栽本数	800 本	1,250 本	2,050 本
気温/ 降水量 最深積雪	10.0℃（年平均気温） / 1,239.7mm（年降水量）（平年値、紫波） 39cm（平年値、盛岡）		
標高/ 傾斜/ 方位	550～580m / 10～25° / SW		
土壌	乾性褐色森林土～褐色森林土		
土地所有者	株式会社イワリン		
植栽実施者	ノースジャパン素材流通協同組合		
植栽日	平成 27（2015）年 12 月 24～26 日 （前生林分の伐採は平成 27（2015）年 11 月）		

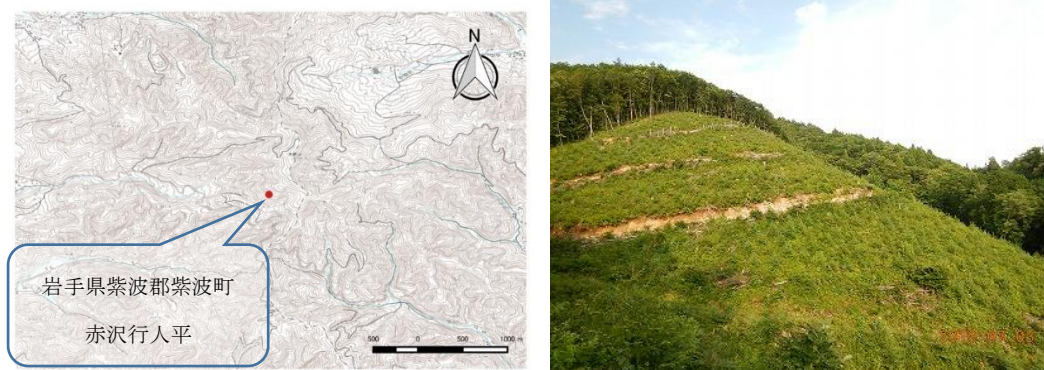


図 3-6 実証試験地の位置（左）と実証試験地の様子（右）（岩手県紫波町）

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225本（1,600本/ha：113本、2,500本/ha：112本）を調査対象木とした（図3-7、表3-7）。

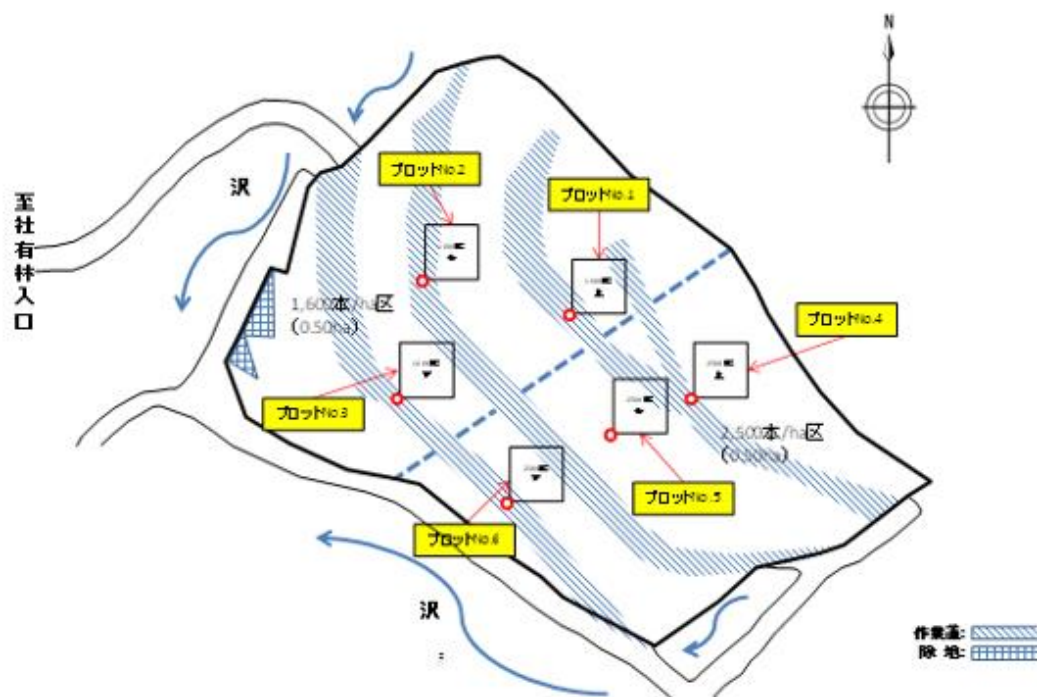


図 3-7 調査プロットの位置図（岩手県紫波町）

表 3-7 調査プロットの概要（岩手県紫波町）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	植栽本数	備 考
1,600 本/ha	No. 1	228.3	36 本	斜面上部に設置
	No. 2	246.3	36 本	斜面中部に設置
	No. 3	274.2	41 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 4	159.7	36 本	斜面上部に設置
	No. 5	216.2	37 本	斜面中部に設置
	No. 6	195.7	39 本	斜面下部に設置
合計			225 本	

下刈りの実施日および各調査プロットにおける下刈り実施の有無は表 3-8、表 3-9 のとおりである。平成 28（2016）年度はグラップルによる地拵え直後であったため雑草木の繁茂量が少なく、2つの調査プロット（No. 2, 5）内のみ試験的に下刈りを実施した。平成 29（2017）年度以降は、全調査プロットで下刈りを実施している。

表 3-8 下刈りの実施日（岩手県紫波町）

年度	下刈り実施日
平成 27（2015）	—（植栽年）
平成 28（2016）	8 月 19 日
平成 29（2017）	8 月 4～5 日
平成 30（2018）	8 月 8～9 日
令和 元（2019）	7 月 24～29 日
下刈り実施者	株式会社 イワリン

表 3-9 下刈り実施の有無（岩手県紫波町）

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	無	有
	No. 2	有	有
	No. 3	無	有
2,500 本/ha	No. 4	無	有
	No. 5	有	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 3-10 のとおりである。

表 3-10 調査実施日（岩手県紫波町）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 1 月 5 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 12 月 16 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 8 月 3 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 10 月 18 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 2 日	令和 元 (2019) 年 10 月 10 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 3-11 のとおりである。

活着率（植栽翌年の生存率）は、1,600 本/ha 区で僅かに低下したものの、どの調査プロットも約 90～100%と高い数値を示した。

令和元（2019）年度時点での生存率は、調査プロット間で多少の差はあるものの、全ての調査プロットで 80%以上だった。植栽密度間で大きな差は見られなかった。また、平成 28（2016）年度に下刈りを実施したかどうかは、植栽木の生存率に影響しなかった。

以上から、活着率および生存率は植栽密度の影響を受けなかったと考えられる。

枯死原因について、令和元（2019）年 10 月における調査で計 5 本の根抜けによる枯死が見られた（写真 3-3）。根抜けの原因として、風害などの気象害の可能性が考えられる。

表 3-11 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（岩手県紫波町）

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	1,600	36	4 (衰弱4)	0	1 (枯れ)	1 (根抜け)	6	88.9	83.3	16.7
2	1,600	36	3 (衰弱2・枯れ1)	1 (先端折れ)	0	1 (根抜け)	5	91.7	86.1	13.9
3	1,600	41	0	1 (枯れ)	0	1 (誤伐)	2	100.0	95.1	4.9
4	2,500	36	0	2 (衰弱2)	0	4 (根抜け3・枯れ1)	6	100.0	83.3	16.7
5	2,500	37	0	1 (衰弱)	0	1 (枯れ)	2	100.0	94.6	5.4
6	2,500	39	0	0	1 (誤伐)	1 (枯れ)	2	100.0	94.9	5.1

※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



写真 3-3 根抜けにより枯死したカラマツ（令和元（2019）年 10 月）

【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 3-12、図 3-8、図 3-9 および写真 3-4 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、平均地際直径は差が見られなかったものの、平均樹高は差が見られ、令和元（2019）年度には 2,500 本/ha 区で $212.6 \pm 74.5\text{cm}$ 、1,600 本/ha 区で $184.2 \pm 59.9\text{cm}$ と、2,500 本/ha 区で約 28cm 高くなる結果となった。本実証試験地は未だ林冠閉鎖には至っていないため植栽密度による影響とは考えにくく、立地環境の違いなどが要因として考えられる。平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽直後は約 96 であったが翌年には約 60 にまで低下した。その後は大きな変化を見せていない。

表 3-12 植栽木の成長状況（岩手県紫波町）

1,600本/ha						
岩手県紫波町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	45.9±5.7	64±14.2	108.4±24.8	142.9±42.8	184.2±59.9
	最小値	30.0	37.4	67.2	63.0	92.5
	最大値	62.0	101.0	172.1	255.0	368.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	1±0.2	1.9±0.4	2.7±0.7	3.3±0.9
	最小値	0.3	0.5	0.9	1.1	1.4
	最大値	0.8	1.8	3.1	4.8	6.3
形状比	平均値	96.2±16.1	63.3±14.3	57.9±11.3	53.3±9.7	55.4±10.2
	最小値	58.8	38.2	35.2	33.1	28.2
	最大値	150.0	111.3	100.0	77.6	81.1
2,500本/ha						
岩手県紫波町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	47.4±5.6	65.2±13	111.1±29.3	158.9±49.9	212.6±74.5
	最小値	32.0	41.0	52.3	61.5	75.0
	最大値	61.0	95.1	188.8	280.0	375.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	1±0.2	1.9±0.5	2.7±0.7	3.3±1
	最小値	0.3	0.6	1.1	1.4	1.7
	最大値	0.7	1.5	3.0	4.5	5.9
形状比	平均値	96.6±15.4	65.5±11.8	59.8±10.7	58.8±11.2	63.2±11.8
	最小値	64.0	40.2	41.1	33.1	35.7
	最大値	140.0	103.0	95.6	90.5	92.2

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

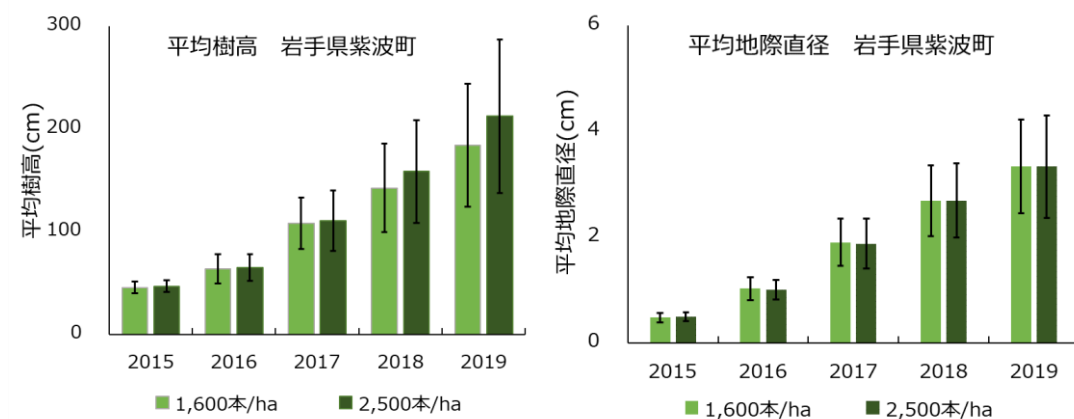


図 3-8 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（岩手県紫波町）

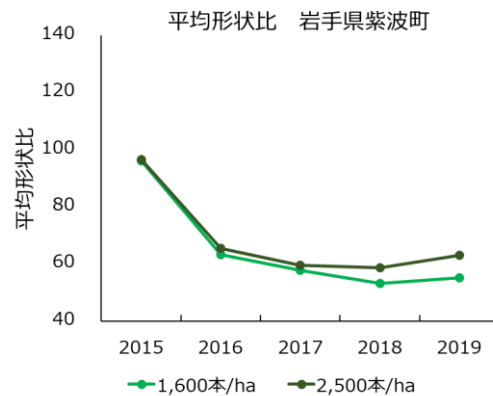


図 3-9 植栽木の形状比の推移（岩手県紫波町）



写真 3-4 1,600 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 3-10 に、競合状態の調査結果を図 3-11 に示す。また令和元（2019）年度における植生調査の結果を表 3-13、写真 3-5 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、植栽木と雑草木の樹高の差は植栽密度間でほぼ変わらず、令和元（2019）年度の時点で植栽木と雑草木の樹高に大きな差が生じていた。

植栽木と雑草木の競合状態を比較したところ、植栽密度間で大きな差は見られなかった。また、どちらの植栽密度も令和元（2019）年度の時点で競合状態 C1 が 9 割を超えていた。

雑草木の種組成については、クマイチゴなどのキイチゴ類、ミヤマガマズミやタラノキなどの落葉広葉樹類などが見られ、植栽密度間で大きな差は見られなかった。

以上より、1,600 本/ha 区、2,500 本/ha 区ともに、植栽木と雑草木の平均樹高の差が大き

く、競合状態 C1 が 9 割を超えており、翌年に 4 回目の下刈りを行えば終了が検討可能であり、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。

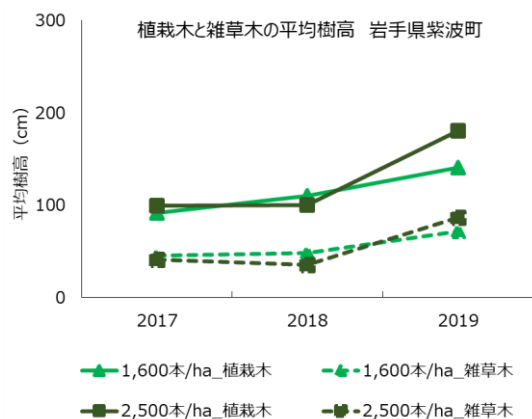


図 3-10 植栽木と雑草木の平均樹高
(岩手県紫波町)

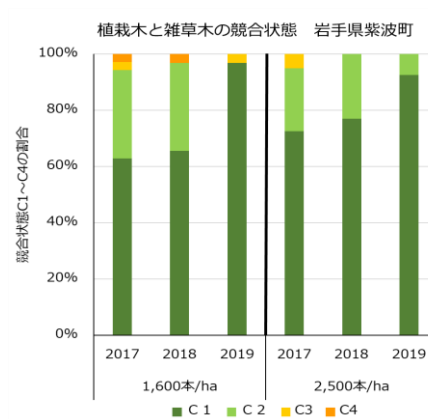


図 3-11 植栽木と雑草木の競合状態
(岩手県紫波町)

表 3-13 植生調査の結果 (岩手県紫波町)

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	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	クマイチゴ エビガライチゴ	5%	・ウリハダカエデ・ミヤマガマズミ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ミヤマガマズミ タラノキ アキノキリンソウ	65%	・アカマツ・タガネソウ・ヌルデ ・ヨツバヒヨドリ・ハリギリ・ヤマツツジ ・クマイチゴ・エビガライチゴ・チゴユリ ・ハウチワカエデ・ウリハダカエデ ・アカシデ? サワシバ? ・ホオノキ・ワラビ
5	2,500	低木層 (高さ1.0m以上)	スギ	5%	・クマイチゴ・エビガライチゴ ・ムラサキシキブ
		草本層 (高さ1.0m未満)	クマイチゴ スギ ミヤマガマズミ	65%	・オカトラノオ・タラノキ・アワブキ ・ムラサキシキブ・ホオノキ ・ハクウンボク・キリ・ハウチワカエデ ・ハリギリ・オオバクロモシ・スゲ s p



プロット 2



プロット 5

写真 3-5 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（表 3-14）、および植栽密度別にまとめた結果（図 3-12）は以下のとおりである。

ヘクタールあたりの下刈り作業時間に換算した場合、植栽密度別の比較では、低密度植栽区である 1,600 本/ha 区で下刈り作業時間が短くなる傾向が見られ、2,500 本/ha 区で 22.9 時間、1,600 本/ha 区で 20.9 時間となり、1,600 本/ha 区では約 2 時間の削減となった。

表 3-14 各プロットの下刈り作業時間（岩手県紫波町）

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	1,600	24	228.3	20.5	14.9	31.75	23.2
2	1,600	29	246.3	28.6	19.3	30.42	20.6
3	1,600	30	274.2	31.0	18.8	45.92	27.9
4	2,500	27	159.7	18.0	18.7	22.92	23.9
5	2,500	33	216.2	19.9	15.3	33.92	26.2
6	2,500	30	195.7	27.1	23.1	35.17	29.9

※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。

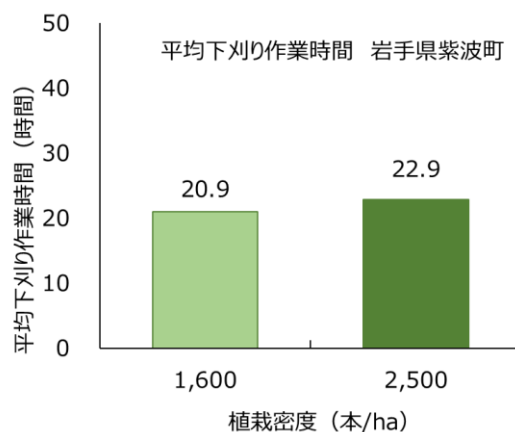


図 3-12 植栽密度別の平均下刈り作業時間（岩手県紫波町、ヘクタールあたり）

【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～

- ・ 植栽密度よりも地形で下刈り作業のやりやすさが変わる。
- ・ 斜面が緩いほうが足元に気をつけなくて済む。
- ・ 植栽間隔が 2.0m であると、刈払機の一振りで上段下段に届くが、2.5m 以上であると届かないためやりづらい。

～令和元（2019）年度～

- ・ 植栽密度による難易は感じなかったが、刈り幅と植栽間隔が一致していた方が良い。
- ・ 作業の難易は、植生の繁茂状況や石礫の有無、地拵えの際に枝条を置いた列を跨ぐことなどによった。
- ・ 誤伐を少なくするには、植栽列の方向と並行方向に刈り払いをすることが必要である。
- ・ 林分内で植栽密度が異なることは作業上支障となることが多いが、土地の生産力によって植栽密度を変えるということも考慮してみる必要がある。地力の良い斜面下部は広い間隔で、逆に地力の低い斜面上部では狭い間隔で植栽することにより、その後の下刈り終了の年や徐間伐の実施年が林分内で一致することになるのではないかと。

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）年度の下刈り（3回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-15 のとおりである。紫波町の下刈り 1 年目は、地拵え直後で下草の繁茂が少なかったため下刈りを省略し、試験的にプロット 2，5 のみ下刈りを行った。そのため、ここでは 1 年目の下刈りを省略したものとしてコスト算出している。

2,500 本/ha での 2,061,870 円と比較して、低密度植栽の 1,600 本/ha では 1,693,474 円と、ヘクタールあたり約 37 万円（18%）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、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 20 万円削減できた。

表 3-15 初期保育コスト（岩手県紫波町）

岩手県紫波町	単価	2,500本/ha	1,600本/ha
地拵え費		114,950円	114,950円
苗木購入費	225円/本	562,500円	360,000円
植栽労務費	85円/本	212,500円	136,000円
シカ柵設置費		なし	なし
諸経費など		121,128円	121,128円
下刈り1年目		省略	省略
下刈り2年目		342,360円	313,234円
下刈り3年目		354,216円	324,081円
下刈り4年目		354,216円	324,081円
合計		2,061,870円	1,693,474円
コスト削減		—	18%

※「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

※「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 27（2015）年 12 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 3-6 実証試験地の様子（遠景、岩手県紫波町）

⑦ 現地写真（近景）

		平成 28（2016）年 8 月（下刈り前）	
		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 3-7 実証試験地の様子（近景、岩手県紫波町）

(2) 岩手県 盛岡市（カラマツ）（No.2）

① 実証試験地の概要

平成 27（2015）年 11～12 月にかけて、岩手県盛岡市の実証試験地（1.00ha）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 1,695 本植栽した。実証試験地の概要（表 3-16）と位置図（図 3-13）は以下のとおりである。

表 3-16 実証試験地の概要（岩手県盛岡市）

実証試験地	岩手県盛岡市猪去上猪去			
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	0.35ha	0.35ha	0.30ha	1.00ha
植栽本数	385 本	560 本	750 本	1,695 本
気温/ 降水量 最深積雪	10.2℃（年平均気温） / 1,266.0mm（年降水量）（平年値、盛岡） 39cm（平年値、盛岡）			
標高/ 傾斜/ 方位	280～290m / 20° / SW			
土壌	乾性褐色森林土			
土地所有者	有限会社川又林業			
植栽実施者	ノースジャパン素材流通協同組合			
植栽日	平成 27（2015）年 11 月 30 日～12 月 2 日 （前生林分の伐採は平成 27（2015）年 10 月）			

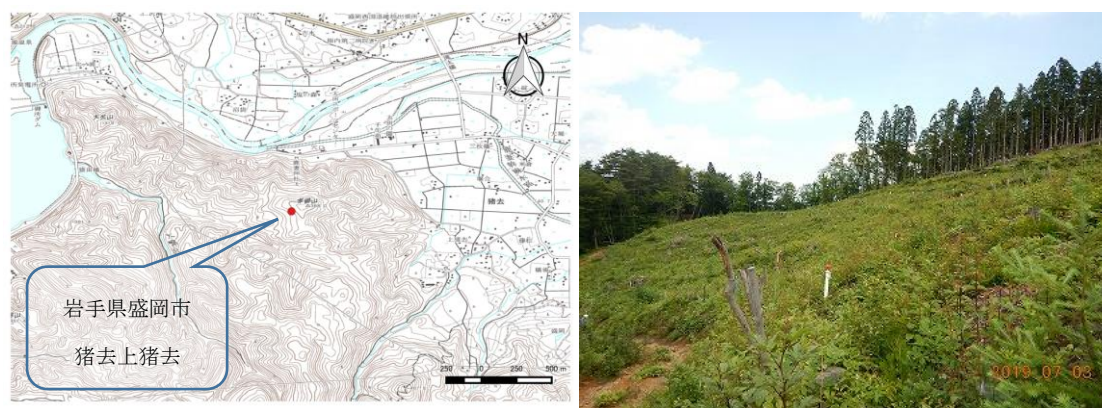


図 3-13 実証試験地の位置（左）と実証試験地の様子（右）（岩手県盛岡市）

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230本（1,100本/ha：80本、1,600本/ha：78本、2,500本/ha：72本）を調査対象木とした（図3-14、表3-17）。

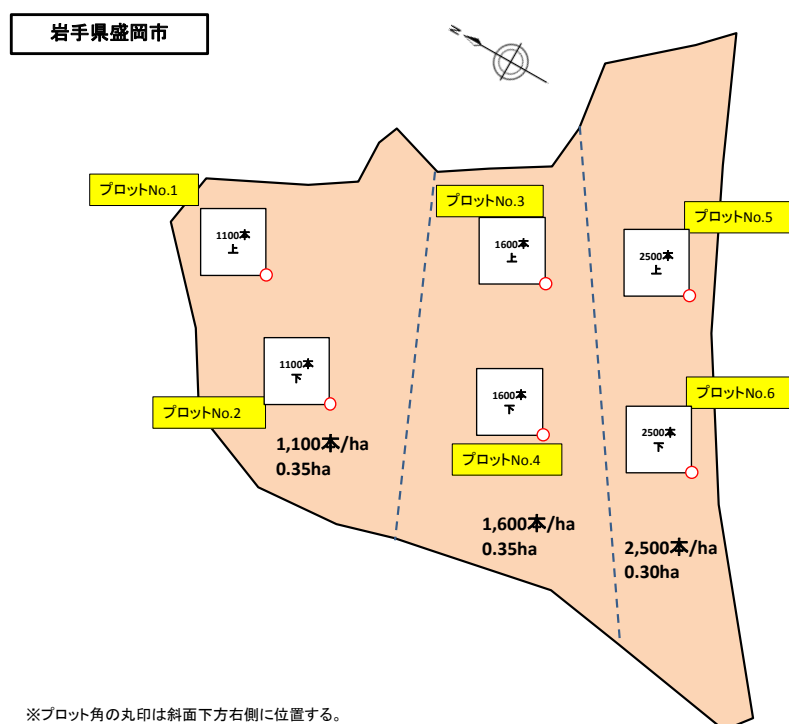


図 3-14 調査プロットの位置図（岩手県盛岡市）

表 3-17 調査プロットの概要（岩手県盛岡市）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No. 1	296.0	40 本	斜面上部に設置
	No. 2	410.8	40 本	斜面下部に設置
1,600 本/ha	No. 3	277.2	41 本	斜面上部に設置
	No. 4	245.4	37 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 5	151.8	36 本	斜面上部に設置
	No. 6	144.8	36 本	斜面下部に設置
合計			230 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-18、表 3-19 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 3 つの調査プロット（No. 1， 3， 5）で下刈りを実施しなかった。

表 3-18 下刈りの実施日（岩手県盛岡市）

年度	下刈り実施日
平成 27（2015）	—（植栽年）
平成 28（2016）	8 月 19～24 日
平成 29（2017）	8 月 7～11 日
平成 30（2018）	8 月 7～8 日
令和 元（2019）	7 月 24～29 日
下刈り実施者	有限会社 川又林業

表 3-19 下刈り実施の有無（岩手県盛岡市）

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	無	有
	No. 2	有	有
1,600 本/ha	No. 3	無	有
	No. 4	有	有
2,500 本/ha	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 3-20 のとおりである。

表 3-20 調査実施日（岩手県盛岡市）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 27 (2015) 年 12 月 3 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 12 月 15 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 8 月 3 日	平成 29 (2017) 年 11 月 9 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 7 月 2 日	平成 30 (2018) 年 10 月 11 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 3 日	令和 元 (2019) 年 10 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 3-21 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 95～100%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、植栽密度間では大きな差は見られなかった。平成 28（2016）年度に下刈りを実施した調査プロット（プロット 2, 4, 6）と実施していない調査プロット（プロット 1, 3, 5）で枯死率を比較したところ、翌年の平成 29（2017）年度にプロット 1（1,100 本/ha 区・下刈りを実施していない）で枯死本数が 5 本と高かったものの、ほかのプロットの枯死本数は 1～2 本であり、大きな差は見られなかった。

枯死原因について、令和元（2019）年度における調査で計 4 本の根抜けによる枯死が見られた。根抜けの原因として、風害などの気象害の可能性が考えられる。

表 3-21 活着率、生存率および枯死原因（岩手県盛岡市）

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	40	0	5(消失3・枯れ2)	0	0	5	100.0	87.5	12.5
2	1,100	40	2 (消失1・枯れ1)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	4 (消失4)	8	95.0	80.0	20.0
3	1,600	41	0	2 (衰弱1・枯れ1)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	4	100.0	90.2	9.8
4	1,600	37	0	1 (枯れ)	0	1 (根抜け)	2	100.0	94.6	5.4
5	2,500	36	1 (衰弱)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	1 (根抜け)	4	97.2	88.9	11.1
6	2,500	36	0	2 (枯れ2)	0	8 (消失4・根抜け2・枯れ2)	10	100.0	72.2	27.8

※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 3-22、図 3-15、図 3-16 および写真 3-8 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、どちらも植栽密度が低くなるほど成長量が大きくなった。令和元（2019）年度時点における平均樹高の差は、1,100 本/ha 区と 1,600 本/ha 区の間で約 7 cm、1,100 本/ha 区と 2,500 本/ha 区の間で約 40cm、1,600 本/ha 区と 2,500 本/ha 区の間で約 33cm となっており、2,500 本/ha 区でほかの 2 つの植栽密度区よりも平均樹高が低かった。

一方で平均形状比は植栽密度間ではほぼ同じ傾向を示し、植栽直後から減少傾向を見せたものの平成 30（2018）年度からは 60 前後で推移している。

植栽密度間で成長状況に差が見られたが、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い。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 3-22 植栽木の成長状況（岩手県盛岡市）

1,100本/ha						
岩手県盛岡市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	53.7±5.5	63.7±8.2	80.8±19.6	97.5±33.4	131±51
	最小値	38.0	50.5	53.9	56.0	60.0
	最大値	64.0	98.6	148.6	230.0	306.0
地際直径(cm)	平均値	0.6±0.1	0.8±0.2	1.2±0.3	1.7±0.5	2.2±0.8
	最小値	0.4	0.4	0.7	0.9	1.0
	最大値	0.8	1.2	2.1	3.6	5.7
形状比	平均値	99.5±15	78.6±14.3	69.8±12.3	58±8.5	59.3±9
	最小値	65.0	53.7	52.9	36.2	41.8
	最大値	137.5	140.0	118.1	75.9	82.6
1,600本/ha						
岩手県盛岡市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	52.1±5.7	61.7±9.7	75.8±16.5	90.2±26.2	124.2±40.8
	最小値	40.0	44.0	52.2	53.0	63.0
	最大値	64.0	90.5	130.3	227.0	278.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.8±0.1	1±0.2	1.5±0.4	2±0.6
	最小値	0.4	0.4	0.6	0.7	0.8
	最大値	0.7	1.1	1.5	3.3	4.7
形状比	平均値	97.8±14.6	79.9±12.2	74.1±14	63±10.3	62.7±11.9
	最小値	70.0	55.3	49.5	41.8	37.0
	最大値	135.0	117.5	111.9	86.4	94.2
2,500本/ha						
岩手県盛岡市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	51.9±6.1	59.7±8.3	71.8±12.1	76.4±13.6	91.4±20.7
	最小値	38.0	42.1	45.9	50.5	52.0
	最大値	64.0	80.0	102.6	110.0	152.0
地際直径(cm)	平均値	0.6±0.1	0.8±0.1	1±0.2	1.4±0.3	1.7±0.5
	最小値	0.3	0.6	0.8	1.0	1.1
	最大値	0.8	1.0	1.5	2.4	2.9
形状比	平均値	93.4±16	79.8±11.6	69.7±12.8	57.4±10.1	55.1±8.3
	最小値	68.6	60.0	44.6	40.0	39.6
	最大値	143.3	113.4	108.0	90.4	77.3

※平均値の項目において、土の後の数値は標準偏差を示す

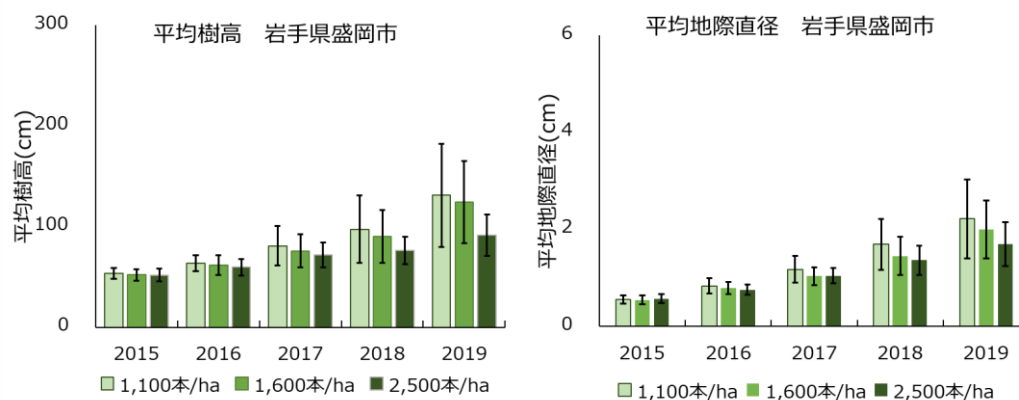


図 3-15 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（岩手県盛岡市）

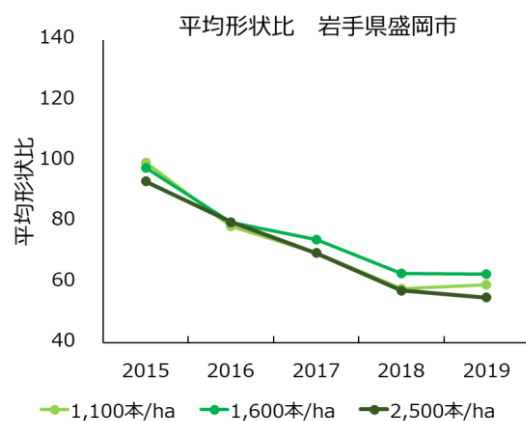


図 3-16 植栽木の形状比の推移（岩手県盛岡市）



写真 3-8 1,100 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 3-17 に、競合状態の調査結果を図 3-18 に示す。また令和元（2019）年度における植生調査の結果を表 3-23、写真 3-9 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、令和元（2019）年度の時点ではどの植栽密度区も植栽木と雑草木の樹高の差は同程度であり、いずれも植栽木が雑草木よりも 50cm 程度高かった。また、植栽木、雑草木とも 2,500 本/ha 区ではほかの植栽密度区より成長が悪かった。このことから、2,500 本/ha 区ではほかと比べ立地環境に差があり、植栽木と雑草木を含めた植生全体の成長に影響していると考えられる。

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）年度の時点で競合状態 C1 + C2 が 8 割を超えていた。

雑草木の種組成については、クマイチゴなどのキイチゴ類、ミヤマガマズミやタラノキなどの落葉広葉樹類などが見られ、植栽密度間で大きな差は見られなかった。

以上より、どの植栽密度区も競合状態 C1 + C2 が 8 割を超えているが、植栽木と雑草木の平均樹高の差は下刈りの終了が判断できるほど大きく開いているとはいえず、植栽後 4 年が経過した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。

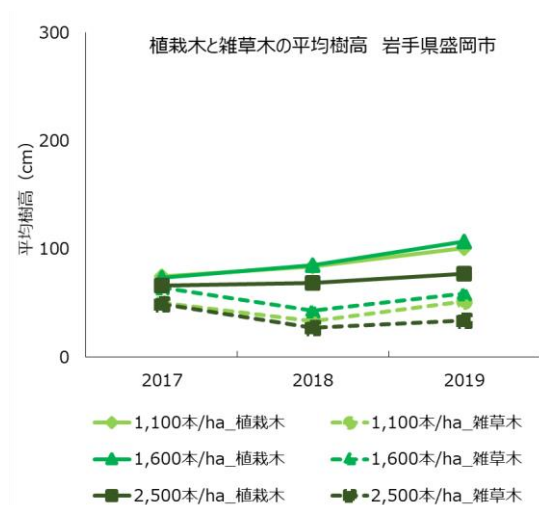


図 3-17 植栽木と雑草木の平均樹高
(岩手県盛岡市)

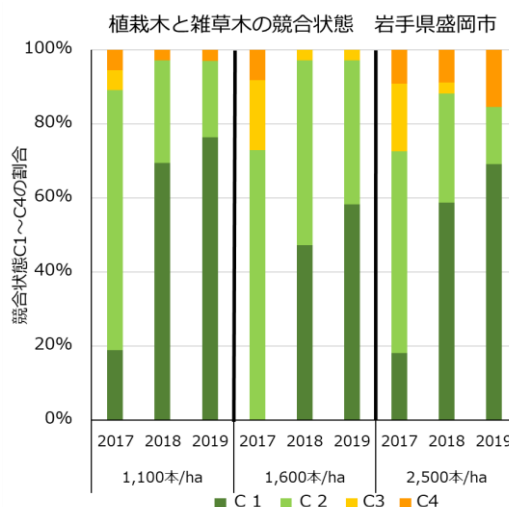


図 3-18 植栽木と雑草木の競合状態
(岩手県盛岡市)

表 3-23 植生調査の結果（岩手県盛岡市）

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0.8m以上)	—	—	—
		草本層 (高さ0.8m未満)	クマイザサ コゴメウツギ ミヤマガマズミ	95%	・ウワミズザクラ・マルバアオダモ ・モミジイチゴ・クマイチゴ
4	1,600	低木層 (高さ0.7m以上)	ホオノキ ウワミズザクラ	5%	—
		草本層 (高さ0.7m未満)	クマイザサ キブシ モミジイチゴ	90%	・ホオノキ・スゲ s p・ウワミズザクラ
6	2,500	低木層 (高さ0.8m以上)	クマイチゴ	5%	—
		草本層 (高さ0.8m未満)	クマイザサ クマイチゴ ミヤマガマズミ キブシ アカマツ	90%	—



プロット 2



プロット 4



プロット 6

写真 3-9 植生調査プロットの状態（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 3-24 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-19 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 36.9 時間、1,600 本/ha 区で 33.0 時間、1,100 本/ha 区で 32.2 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 3-24 各プロットの下刈り作業時間（岩手県盛岡市）

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	1,100	17	296.0	59.9	33.7	62.83	35.4
2	1,100	12	410.8	89.4	36.3	60.67	24.6
3	1,600	18	277.2	70.8	42.5	40.17	24.2
4	1,600	20	245.4	58.0	39.4	37.83	25.7
5	2,500	15	151.8	35.9	39.4	27.17	29.8
6	2,500	20	144.8	40.6	46.8	27.67	31.9

※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。

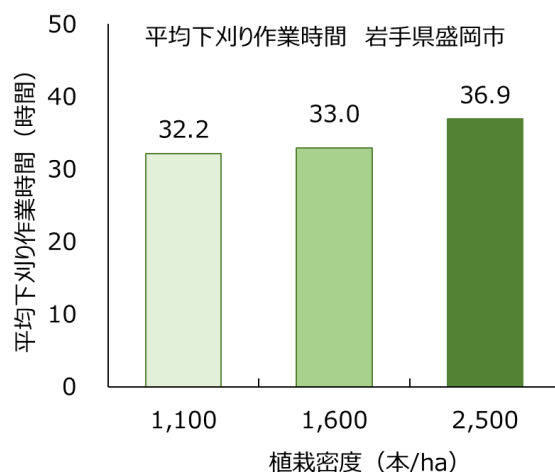


図 3-19 植栽密度別の平均下刈り作業時間（岩手県盛岡市,ヘクタールあたり）

【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～

- ・監督者より誤伐が無いよう丁寧な作業をするよう指示されており、時に手鋸を使用するなど、通常よりも慎重に下刈りを実施した。
- ・植栽間隔が広いと次の 1 本が見えにくく、作業がしにくい。気を付けないと誤伐が多くなるのではないかな。
- ・ボサの下に植栽木が埋もれていたり、広葉樹の萌芽が多いと下刈り作業の邪魔になった。

～令和元（2019）年度～

- ・慣れによるものが大きいと思うが、2,500 本/ha で植栽間隔が 2 m の方が植栽木を発見しやすく、下刈り作業がやりやすかった。一方、1,100 本/ha で植栽間隔が 3 m の時は、枯死などにより植栽木が消失していると、次の植栽木を探すのに苦労する。ただし、植栽密度別に大きく効率の差があったという意識はなかった。
- ・誤伐を避けるためには植栽時に植栽木を整然と並べることが基本であると考えているが、細かい起伏や伐根があるため難しい。横のラインだけでも合わせることを意識して植栽することが肝要だと考える。

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）年度の下刈り（4回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-25 のとおりである。

2,500 本/ha の 2,601,630 円と比較すると、1,600 本/ha では 2,174,826 円、1,100 本/ha では 1,992,038 円となり、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 43 万円（16%）、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 61 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、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 20 万円、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 32 万円の削減となった。

表 3-25 初期保育コスト（岩手県盛岡市）

岩手県盛岡市	単価	2,500本/ha	1,600本/ha	1,100本/ha
地拵え費		268,877円	268,877円	268,877円
苗木購入費	225円/本	562,500円	360,000円	247,500円
植栽労務費	77円/本	192,500円	123,200円	84,700円
シカ柵設置費		なし	なし	なし
諸経費など		123,806円	123,806円	123,806円
下刈り1年目		307,197円	274,447円	267,731円
下刈り2年目		384,000円	343,062円	334,666円
下刈り3年目		381,375円	340,717円	332,379円
下刈り4年目		381,375円	340,717円	332,379円
合計		2,601,630円	2,174,826円	1,992,038円
コスト削減		—	16%	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）

	
植栽後（平成 27（2015）年 12 月）	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 3-10 実証試験地の様子（遠景、岩手県盛岡市）

⑦ 現地写真（近景）

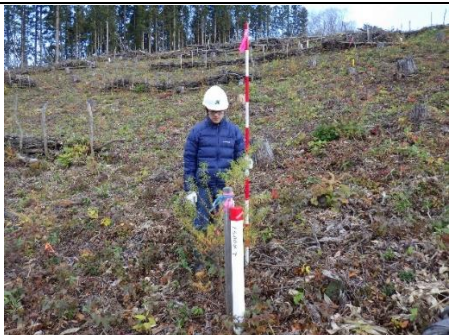
	
平成 28（2016）年 7 月	平成 28（2016）年 8 月
	
平成 29（2017）年 8 月	平成 29（2017）年 11 月
	
平成 30（2018）年 7 月	平成 30（2018）年 10 月
	
令和元（2019）年 7 月	令和元（2019）年 10 月

写真 3-11 実証試験地の様子（近景、岩手県盛岡市）

(3) 岩手県 葛巻町（カラマツ）（No.3）

① 実証試験地の概要

平成 27（2015）年 11 月に、岩手県葛巻町の実証試験地（1.07ha）に 1,600 本/ha、2,500 本/ha の 2 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 2,189 本植栽した。実証試験地の概要（表 3-26）と位置図（図 3-20）は以下のとおりである。

表 3-26 実証試験地の概要（岩手県葛巻町）

実証試験地	岩手県葛巻町押田内		
苗木種	カラマツ 150cc 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	0.54ha	0.53ha	1.07ha
植栽本数	864 本	1,325 本	2,189 本
気温/ 降水量 最深積雪	8.4℃（年平均気温） / 1,008.7mm（年降水量）（平年値、葛巻） 52cm（平年値、葛巻）		
標高/ 傾斜/ 方位	220～250m / 10～15° / NW		
土壌	乾性褐色森林土		
土地所有者	個人所有者		
植栽実施者	葛巻森林組合		
植栽日	平成 27（2015）年 11 月 16～18 日（前生林分の伐採は平成 25 年 11 月）		

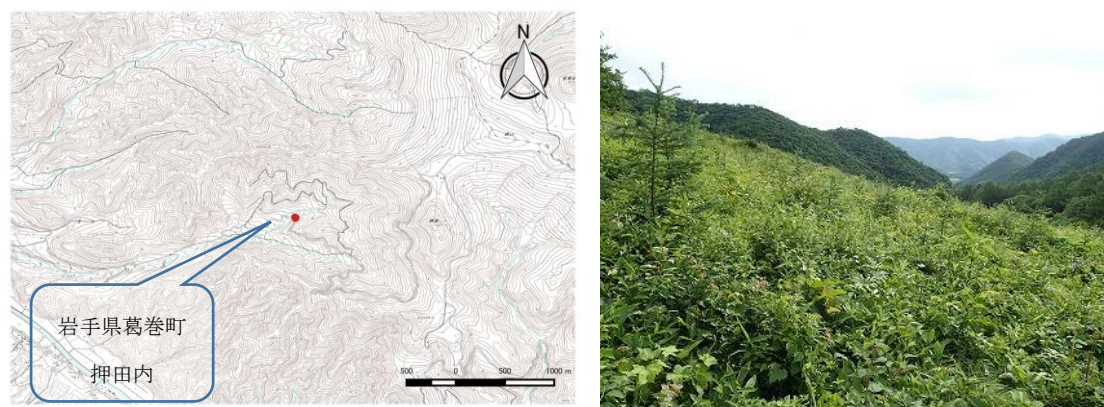


図 3-20 実証試験地の位置（左）と様子（右）（岩手県葛巻町）

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235本（1,600本/ha：117本、2,500本/ha：118本）を調査対象木とした（図3-21、表3-27）。

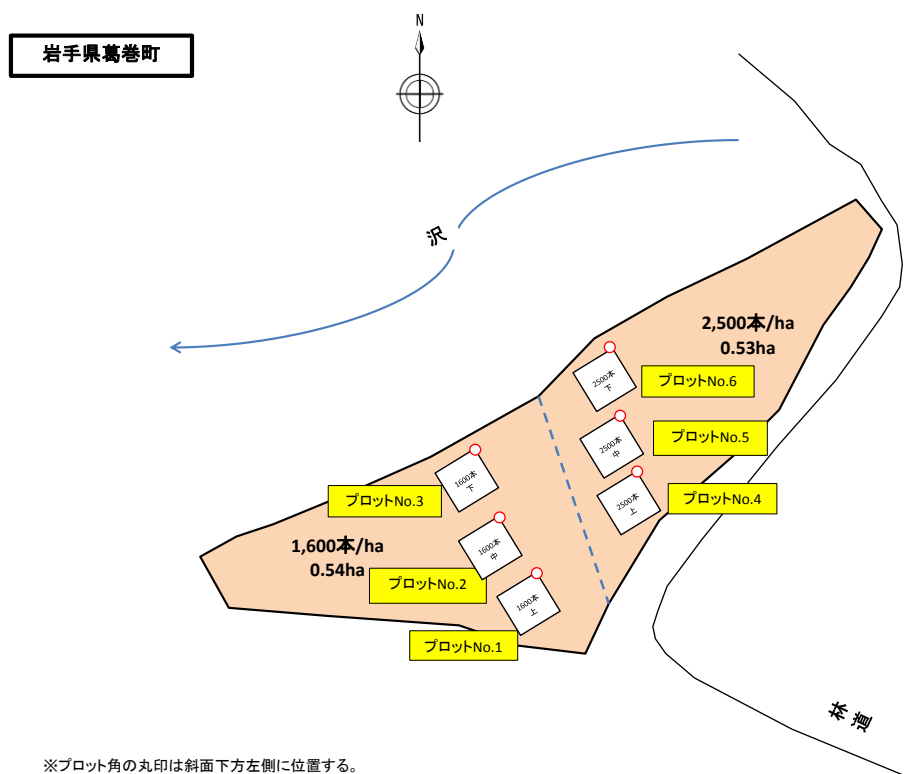


図 3-21 調査プロットの位置図（岩手県葛巻町）

表 3-27 調査プロットの概要（岩手県葛巻町）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備 考
1,600 本/ha	No. 1	278.3	41 本	斜面上部に設置
	No. 2	256.9	40 本	斜面中部に設置
	No. 3	227.1	36 本	斜面下部に設置
2,500 本/ha	No. 4	183.3	42 本	斜面上部に設置
	No. 5	174.6	40 本	斜面中部に設置
	No. 6	158.9	36 本	斜面下部に設置
合計			235 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-28、表 3-29 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 3-28 下刈りの実施日（岩手県葛巻町）

年度	下刈り実施日
平成 27（2015）	—（植栽年）
平成 28（2016）	8 月 25～26 日
平成 29（2017）	9 月 11 日
平成 30（2018）	7 月 18 日
令和 元（2019）	7 月 29 日～8 月 1 日
下刈り実施者	葛巻森林組合

表 3-29 下刈り実施の有無（岩手県葛巻町）

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 3-30 のとおりである。

表 3-30 調査実施日（岩手県葛巻町）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 27 (2015) 年 11 月 30 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 12 月 13 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 8 月 3 日	平成 29 (2017) 年 11 月 6 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 7 月 2 日	平成 30 (2018) 年 10 月 12 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 2 日	令和 元 (2019) 年 10 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 3-31 のとおりである。

活着率は植栽密度間で大きな差は見られず、どの植栽密度区も 90%以上と高い数値を示した。

生存率および枯死率については、植栽翌年の平成 28（2016）年度に試験的に下刈りを行わなかった 2 つの調査プロット（No. 2, 5）で、翌年の平成 29（2017）年度の枯死本数が僅かに高かった（プロット 2 は 3 本、プロット 5 は 4 本）。令和元（2019）年度時点の生存率については、植栽密度間で大きな差は見られなかった。

以上より、植栽木の初期における生育に植栽密度は影響を与えなかったと考えられる。また、カラマツは植栽直後において雑草木の被圧の影響を受けやすい可能性があり、注意が必要である。

表 3-31 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（岩手県葛巻町）

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	1,600	41	3 (幹折れ1・枯れ2)	2 (シカ食1・枯れ1)	0	0	5	92.7	87.8	12.2
2	1,600	40	0	3 (衰弱1・枯れ1・誤伐1)	0	0	3	100.0	92.5	7.5
3	1,600	36	2 (枯れ1・幹折れ1)	1 (誤伐)	1 (誤伐)	0	4	94.4	88.9	11.1
4	2,500	42	1 (枯れ)	2 (梢端折れ)	1 (獣虫害)	0	4	97.6	90.5	9.5
5	2,500	40	1 (枯れ)	4 (衰弱1・梢端折れ1・誤伐1・消失1)	2 (枯れ2)	1 (枯れ)	8	97.5	80.0	20.0
6	2,500	36	1 (枯れ)	1 (梢端折れ)	0	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 3-32、図 3-22、図 3-23 および写真 3-12 のとおりである。

令和元（2019）年度の時点では平均樹高、平均地際直径、形状比ともに植栽密度間で大きな差は見られなかったことから、本実証試験地では植栽木の初期成長に植栽密度は影響を与えなかったと考えられる。

表 3-32 植栽木の成長状況（岩手県葛巻町）

1,600本/ha						
岩手県葛巻町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	45.9±5.7	52.9±7.5	82.7±18.6	103.8±25.8	152.5±39.8
	最小値	30.0	35.9	35.2	52.0	76.0
	最大値	62.0	72.7	141.0	187.0	264.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.7±0.1	1.1±0.2	1.6±0.5	2.3±0.7
	最小値	0.3	0.5	0.7	0.9	1.0
	最大値	0.7	1.1	1.8	2.9	4.1
形状比	平均値	94.6±16.7	80.8±11.8	79.2±16.3	66.3±10.7	67±10.6
	最小値	60.0	50.7	48.9	40.0	36.4
	最大値	145.0	106.7	133.0	105.7	97.5
2,500本/ha						
岩手県葛巻町		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	43.9±5.8	53.4±7.4	85.6±17.9	103.3±27.2	154.4±40.5
	最小値	32.0	27.0	52.5	35.5	67.0
	最大値	57.0	73.1	131.2	187.0	282.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.6±0.1	1±0.2	1.5±0.5	2.2±0.7
	最小値	0.4	0.5	0.6	0.8	0.9
	最大値	0.6	1.0	2.1	3.4	5.1
形状比	平均値	93.8±14.4	86.4±13.3	88.8±18.7	68.7±12.1	70.6±11.2
	最小値	64.0	45.0	51.5	39.0	44.1
	最大値	135.0	121.8	149.0	97.0	101.7

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す

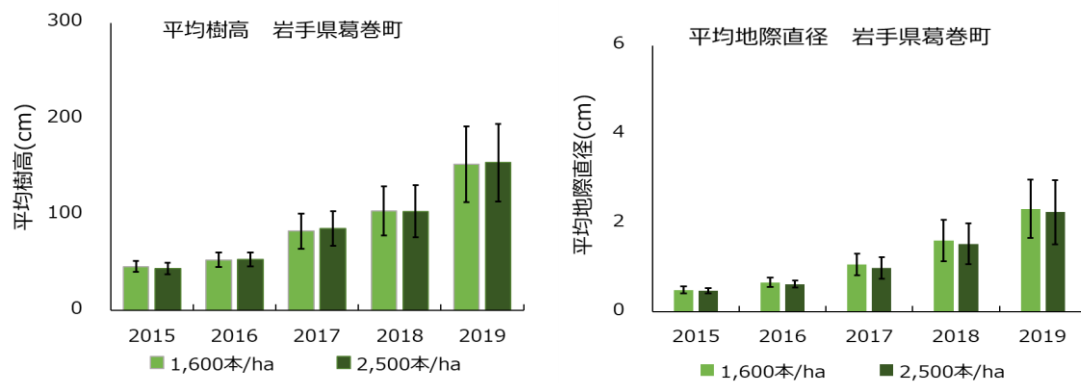


図 3-22 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（岩手県葛巻町）

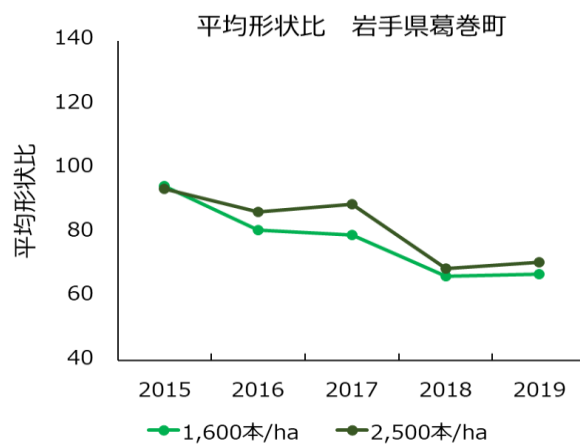


図 3-23 植栽木の形状比の推移（岩手県葛巻町）



写真 3-12 1,600 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 3-24 に、競合状態の調査結果を図 3-25 に示す。また令和元（2019）年度における植生調査の結果を表 3-33、写真 3-13 に示す。

植栽木と雑草木の平均樹高の差については植栽密度間で差は見られず、令和元（2019）年度の時点で平均樹高の差は約 40cm 程度だった。

競合状態の調査では、植栽密度間で競合状態 C1 + C2 の割合に差は見られず、平成 30（2018）年度の時点で約 8 割、令和元（2019）年度の時点で 9 割程度だった。

雑草木の種組成については、どちらの植栽密度区も植被率は高いものの、スゲ類などの背丈の低い雑草木が優占していた。植栽密度間で種組成に大きな違いは見られなかった。

以上より、どの植栽密度区においても競合状態 C1 + C2 の割合は 9 割程度あるものの、植栽木と雑草木の樹高差は下刈りを終了するのに十分なほど開いているとはいえず、植栽後 4 年が経過した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。

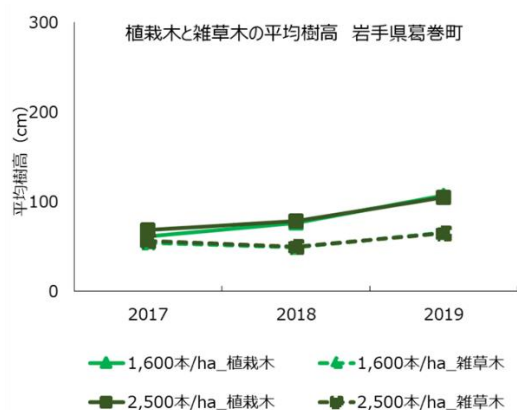


図 3-24 植栽木と雑草木の平均樹高
(岩手県葛巻町)

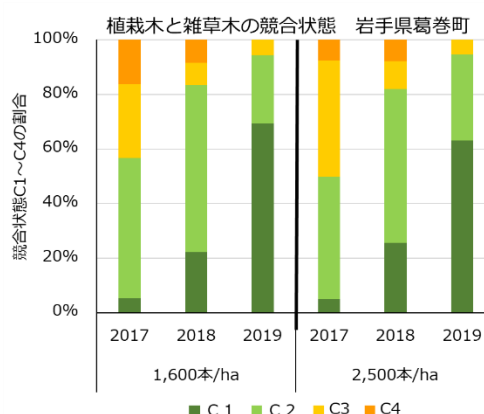


図 3-25 植栽木と雑草木の競合状態
(岩手県葛巻町)

表 3-33 植生調査の結果（岩手県葛巻町）

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0.7m以上)	ノアザミ	5%	・ヨツバヒヨドリ・クマイチゴ ・アキカラムツ
		草本層 (高さ0.7m未満)	スゲSp. ヤブレガサ トリアシショウマ	90%	・ヤマカモジグサ・ウワミズザクラ ・モミジイチゴ・クサボタン ・タラノキ・ミズナラ・シロヨメナ ・クマヤナギ・ヨツバヒヨドリ
4	2,500	低木層 (高さ0.6m以上)	ヨツバヒヨドリ モミジイチゴ	5%	・クサボタン・タラノキ ・ウドノキ・アザミSp.
		草本層 (高さ0.6m未満)	スゲSp. チマキザサ節Sp. ノコンギク	90%	・オカトラノオ・トリアシショウマ ・ムラサキシキブ・ウチワドコロ ・タラノキ・ウリハダカエデ ・ヤマオダマキ・ヤマカモジグサ ・サルナシ・ホオノキ・オオバショウマ



プロット 1



プロット 4

写真 3-13 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 3-34 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-26 に示す。

1,600 本/ha 区でヘクタールあたり 25.2 時間、2,500 本/ha 区でヘクタールあたり 30.2 時間であり、低密度植栽区で下刈り作業時間が減少する傾向が見られた。

表 3-34 各プロットの下刈り作業時間（岩手県葛巻町）

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	1,600	18	278.3	62.2	37.2	30.67	18.4
2	1,600	17	256.9	52.5	34.0	22.50	14.6
3	1,600	18	227.1	43.5	31.9	19.22	14.1
4	2,500	15	183.3	41.9	38.1	26.37	24.0
5	2,500	15	174.6	35.9	34.3	28.38	27.1
6	2,500	18	158.9	32.5	34.1	22.17	23.3

※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。

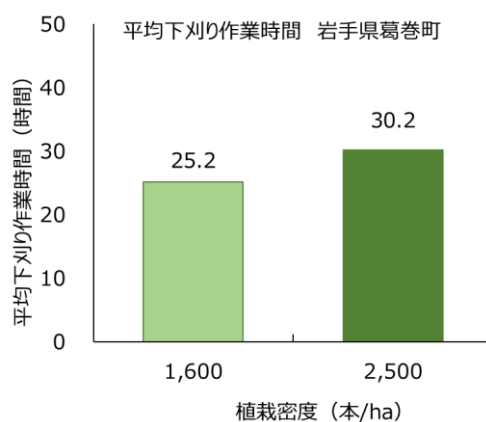


図 3-26 植栽密度別の平均下刈り作業時間（岩手県葛巻町、ヘクタールあたり）

【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～

- ・ ツル巻きが多く、見つけた場合は手で取り除きながら作業を行った。（ツルを取る作業も下刈り作業時間に含めている。）
- ・ 植栽間隔よりも、プロットごとの地形によって下刈り作業の難易が変わる。
- ・ 岩がない方が下刈り作業はやりやすい。

～令和元（2019）年度～

- ・ 植栽密度間の比較では、1,600 本/ha 区の方が下刈り作業がやりやすく、2,500 本/ha 区ではやりにくさを感じた。また、場所により草丈が高く植栽木が視認できない場所や、ツル植物や灌木などが存在しており、そういった場所でも下刈り作業はやりにくかった。
- ・ 植栽間隔が異なることに関しては、下刈りを実施していく中で慣れて作業効率がアップした。
- ・ 下刈り作業は、原則として植栽木が 5 年生になるまでは実施する。下刈りが終了した後については、ツル切りや灌木の除伐などを実施して保育管理をしていくことが望ましい。

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）年度の下刈り（４回目）までのヘクタールあたり初期保育コストは表 3-35 のとおりである。

2,500 本/ha の 2,024,696 円と比較すると、1,600 本/ha では 1,643,998 円となり、2,500 本/ha 区と比較して 1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 38 万円（19%）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、2,500 本/ha と比較して 1,600 本/ha では約 19 万円の削減だった。

表 3-35 初期保育コスト（岩手県葛巻町）

岩手県葛巻町	単価	2,500本/ha	1,600本/ha
地拵え費		370,000円	370,000円
苗木購入費	206円/本	515,000円	329,600円
植栽労務費	60円/本	150,000円	96,000円
シカ柵設置費		なし	なし
諸経費など		133,678円	133,678円
下刈り1年目		191,907円	160,230円
下刈り2年目		206,030円	172,022円
下刈り3年目		229,041円	191,234円
下刈り4年目		229,041円	191,234円
合計		2,024,696円	1,643,998円
コスト削減		—	19%

※「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）

	
施業前（平成 27（2015）年）	植栽後（平成 27（2015）年 11 月）
	
平成 28（2016）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 3-14 実証試験地の様子（遠景、岩手県葛巻町）

⑦ 現地写真（近景）

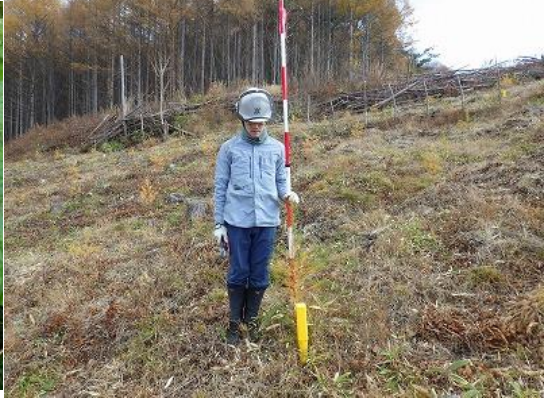
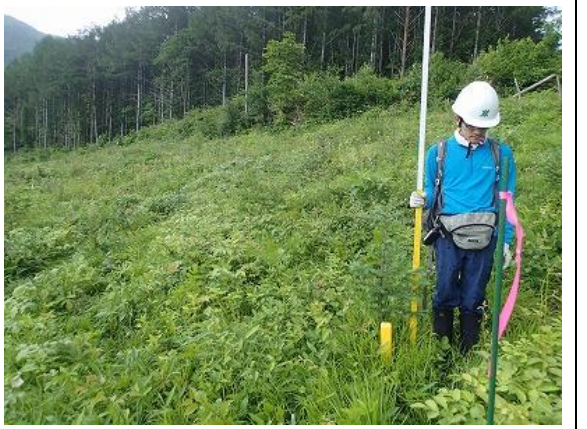
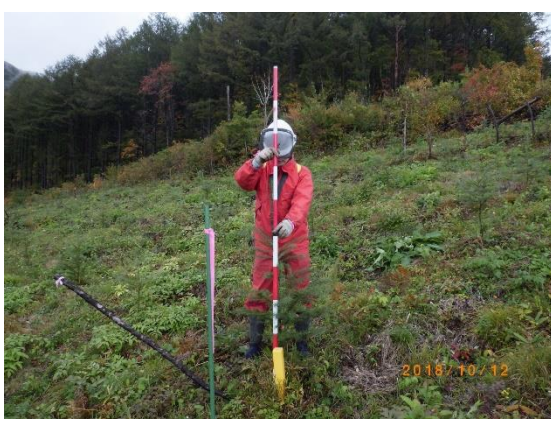
	
平成 29（2017）年 8 月	平成 29（2017）年 11 月
	
平成 30（2018）年 7 月	平成 30（2018）年 10 月
	
令和元（2019）年 7 月	令和元（2019）年 10 月

写真 3-15 実証試験地の様子（近景、岩手県葛巻町）

(4) 宮城県 登米市 (スギ) (No.4)

① 実証試験地の概要

平成 27 (2015) 年 12 月に、宮城県登米市の実証試験地 (1.14ha) 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 1,976 本植栽した。実証試験地の概要 (表 3-36) と位置図 (図 3-27) を以下に示す。

本実証試験地は植栽直後の平成 27 (2015) 年度に多くの植栽木がウサギによるとと思われる食害を受けて枯死しており、平成 28 (2016) 年度に補植作業を実施した上で忌避剤を使用した (表 3-37、写真 3-16、写真 3-17)。

表 3-36 実証試験地の概要 (宮城県登米市)

実証試験地	宮城県登米市東和町米川字西綱木			
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	0.38ha	0.38ha	0.38ha	1.14ha
植栽本数	418 本	608 本	950 本	1,976 本
気温/ 降水量 最深積雪	11.3℃(年平均気温) / 1211.5mm (年降水量) (平年値、一関) 24cm (平年値、一関)			
標高/ 傾斜/ 方位	100～130m / 38° / NE			
土壌	乾性褐色森林土			
土地所有者	登米市			
植栽実施者	東和町森林組合			
植栽日	平成 27 (2015) 年 12 月 8～11 日 (前生林分の伐採は平成 24 年 10 月)			
補植日	平成 28 (2016) 年 10 月 7 日			
忌避剤散布	平成 28 (2016) 年 10 月 25 日			

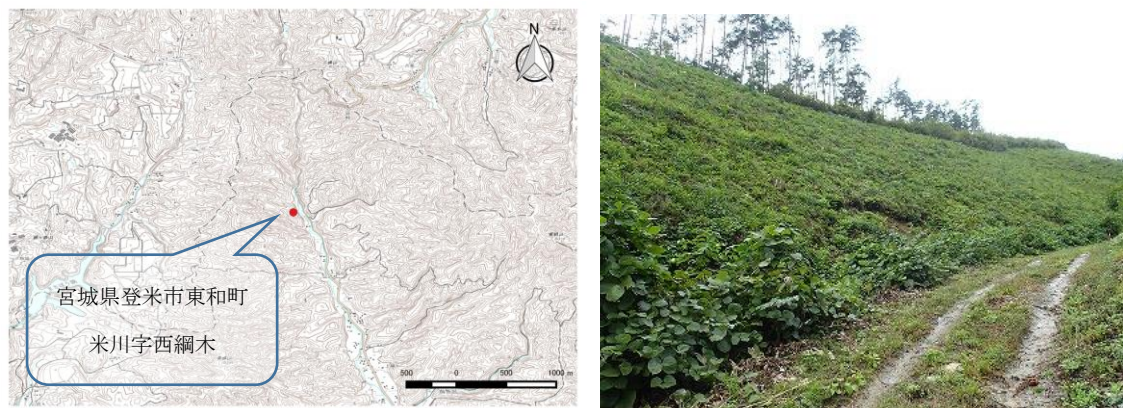


図 3-27 実証試験地の位置 (左) と様子 (右) (宮城県登米市)

表 3-37 植栽密度ごとの食害発生状況および補植本数

植栽密度	植栽面積 (ha)	植栽本数 (本)	食害本数 (本)	食害割合 (%)	補植本数 (本)
1,100 本/ha	0.38	418	85	20.3	85
1,600 本/ha	0.38	608	183	30.1	183
2,500 本/ha	0.38	950	475	50.0	475
合計	1.14	1,976	743	37.6	743



写真 3-16 食害を受け枯死したスギ（平成 28（2016）年 7 月）



写真 3-17 忌避剤の散布状況（平成 28（2016）年 10 月）

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219本（1,100本/ha：75本、1,600本/ha：73本、2,500本/ha：71本）を調査対象木とした。（図3-28、表3-38）

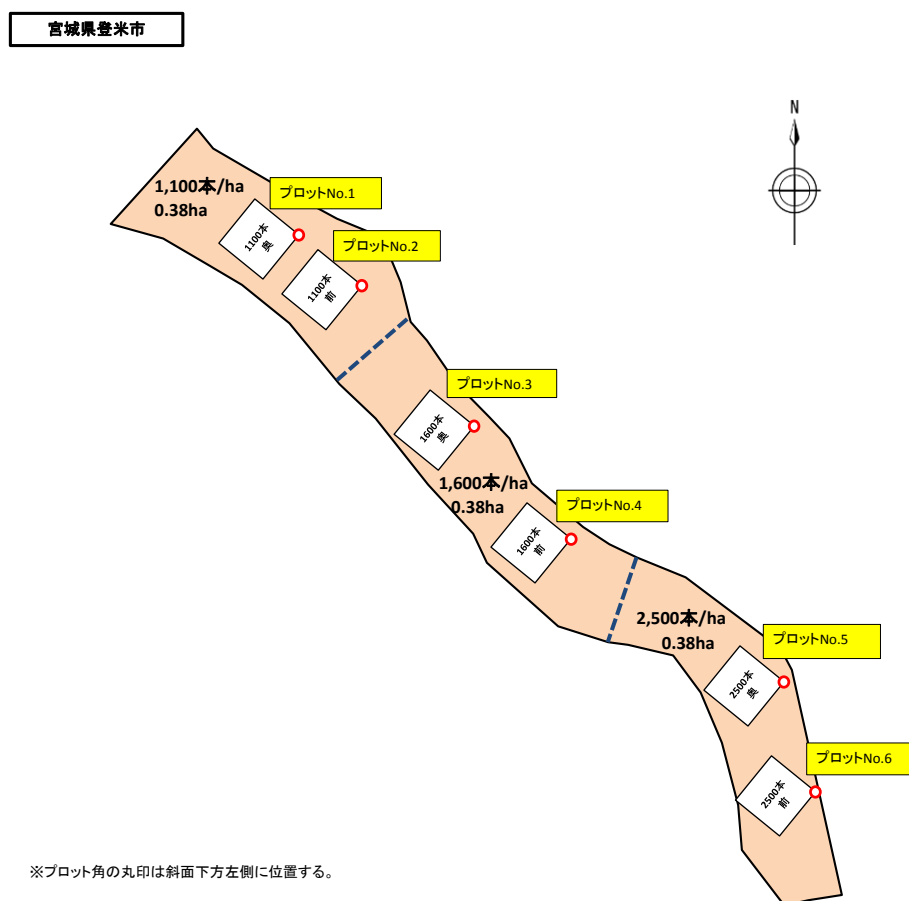


図 3-28 調査プロットの位置図（宮城県登米市）

表 3-38 調査プロットの概要（宮城県登米市）

植栽密度	プロット No.	プロット面積 (m ²)	調査本数	備 考
1,100 本/ha	No. 1	374.9	39 本	1,100 本区奥側に設置
	No. 2	419.2	36 本	1,100 本区前側に設置
1,600 本/ha	No. 3	277.0	35 本	1,600 本区奥側に設置
	No. 4	266.1	38 本	1,600 本区前側に設置
2,500 本/ha	No. 5	182.0	34 本	2,500 本区奥側に設置
	No. 6	185.0	37 本	2,500 本区前側に設置
合計			219 本	

下刈り実施日および下刈り実施の有無は表 3-39、表 3-40 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 3 つの調査プロット（No. 2, 4, 6）で下刈りを実施しなかった。

表 3-39 下刈りの実施日（宮城県登米市）

年度	下刈り実施日
平成 27（2015）	—（植栽年）
平成 28（2016）	8 月 25～26 日
平成 29（2017）	9 月 19～21 日
平成 30（2018）	8 月 2 日
令和 元（2019）	7 月 29～31 日
下刈り実施者	東和町森林組合

表 3-40 下刈り実施の有無（宮城県登米市）

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	有	有
	No. 2	無	有
1,600 本/ha	No. 3	有	有
	No. 4	無	有
2,500 本/ha	No. 5	有	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 3-41 のとおりである。

表 3-41 調査実施日（宮城県登米市）

年度	夏季調査	秋冬季調査
平成 27 (2015)	—	平成 28 (2016) 年 1 月 12 日
平成 28 (2016)	—	平成 28 (2016) 年 12 月 26 日
平成 29 (2017)	平成 29 (2017) 年 8 月 4 日	平成 29 (2017) 年 11 月 8 日
平成 30 (2018)	平成 30 (2018) 年 7 月 4 日	平成 30 (2018) 年 10 月 19 日
令和 元 (2019)	令和 元 (2019) 年 7 月 4 日	令和 元 (2019) 年 10 月 11 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 3-42 のとおりである。なお、前述のとおり本実証試験地は平成 28（2016）年度に多くの植栽木が食害を受けて枯死したため補植を実施しており、以下のデータは補植後のものである。また活着率については補植から 2 か月後の調査データを基にしている。

令和元（2019）年度時点での生存率は、1,100 本/ha 区で低かった。原因については特定が難しいが、ウサギによる食害が一因の可能性がある。

表 3-42 活着率、生存率、枯死率および枯死原因（宮城県登米市）

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	39	0	8 (枯れ8)	3 (消失1・獣虫害1・枯れ1)	3 (消失2・獣虫害1)	14	100.0	64.1	35.9
2	1,100	36	1 (枯れ1)	1 (ウサギ食害)	6 (枯れ4・ウサギ食害1・消失1)	3 (誤伐1・消失1・枯れ1)	11	97.2	69.4	30.6
3	1,600	35	0	5 (枯れ4・誤伐1)	0	3 (枯れ2・消失1)	8	100.0	77.1	22.9
4	1,600	38	2 (消失2)	1 (枯れ)	2 (消失1・枯れ1)	2 (誤伐2)	7	94.7	81.6	18.4
5	2,500	34	0	1 (誤伐)	3 (誤伐1・枯れ2)	0	4	100.0	88.2	11.8
6	2,500	37	1 (消失1)	0	4 (誤伐2・枯れ2)	2 (枯れ2)	7	97.3	81.1	18.9

※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 3-43、図 3-29、図 3-30 および写真 3-18 のとおりである。なお、平成 28（2016）年度に補植を実施しており、平成 27（2015）年度のデータは、参考データとして掲載している。

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 区でほかの植栽密度区と比較して高い値を示した。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、立地環境や食害の発生状況、雑草木の繁茂状況など、植栽密度以外の要因による影響が可能性として挙げられる。

平均形状比は植栽密度間でほぼ同じ傾向を示し、植栽直後から減少傾向を見せたものの平成 30（2018）年度からは 60 前後で推移している。

表 3-43 植栽木の成長状況（宮城県登米市）

1,100本/ha						
宮城県登米市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	39.7±8.1	41.5±9.2	55.5±20	72.6±28	106±42.1
	最小値	26.0	25.0	24.3	36.0	42.0
	最大値	61.0	68.0	125.0	169.0	232.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.5±0.1	0.7±0.2	1.1±0.5	1.6±0.8
	最小値	0.4	0.4	0.4	0.6	0.6
	最大値	0.8	1.1	1.4	2.8	3.9
形状比	平均値	78.6±14.2	76.9±11	80.8±13.4	66±10.5	68.7±11
	最小値	45.0	52.7	48.7	37.4	46.6
	最大値	112.5	104.4	107.0	85.3	92.0
1,600本/ha						
宮城県登米市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	39.1±8.3	40.3±7.7	57±12.9	71.1±18.8	85±23.9
	最小値	13.0	19.0	36.1	43.0	32.0
	最大値	65.0	60.0	100.2	130.0	170.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.5±0.1	0.7±0.1	1±0.3	1.4±0.5
	最小値	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7
	最大値	0.7	0.8	1.1	2.1	3.2
形状比	平均値	79±18.1	80.1±17.2	87±14.7	69.2±9.7	62.6±13.1
	最小値	32.5	38.0	59.5	51.2	44.3
	最大値	116.7	115.0	120.2	92.9	111.4
2,500本/ha						
宮城県登米市		H27(2015)	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	R元(2019)
樹高 (cm)	平均値	40.2±6.9	42.1±7	57.2±13.5	74.8±19.9	96.5±29.5
	最小値	29.0	30.0	32.6	39.0	51.0
	最大値	57.0	62.0	92.1	125.0	184.0
地際直径(cm)	平均値	0.5±0.1	0.5±0.1	0.7±0.2	1.2±0.3	1.7±0.5
	最小値	0.4	0.3	0.4	0.6	0.9
	最大値	0.8	0.9	1.3	2.0	2.8
形状比	平均値	78.7±13.2	80±15.9	84±19	65.6±14.5	59.2±10
	最小値	51.4	47.5	47.3	38.8	37.8
	最大値	108.0	115.0	132.8	116.1	77.2

※平均値の項目において、±の後の数値は標準偏差を示す
※H27は参考データとして掲載

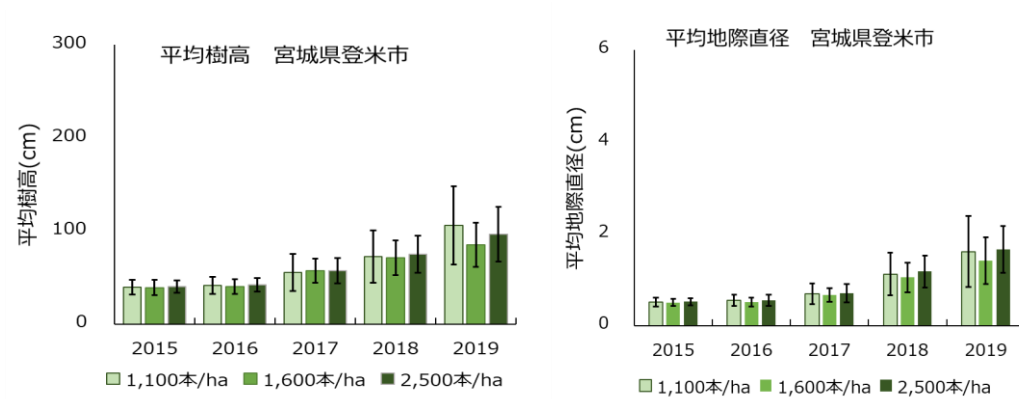


図 3-29 植栽木の平均樹高（左）と平均地際直径（右）の推移（宮城県登米市）

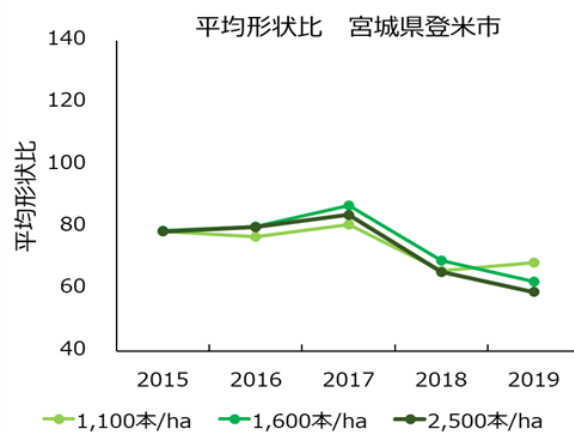


図 3-30 植栽木の形状比の推移（宮城県登米市）



写真 3-18 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 3-31 に、競合状態の調査結果を図 3-32 に示す。また令和元（2019）年における植生調査の結果を表 3-44、写真 3-19 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、1,100 本/ha 区で植栽木、雑草木ともわずかに平均樹高が高かったものの、栽密度間で大きな差は見られなかった。またどの植栽密度も植栽木の成長が良好ではなく、植栽後 4 年が経過した令和元（2019）年度の時点でも雑草木との競争に負けている状況であった。

植栽木と雑草木の競合状態の比較でも、令和元（2019）年の時点でどの植栽密度区も競合状態 C4 が約 4～5 割となっており、多くの植栽木が雑草木との競争に負けている状況を示している。

雑草木の種組成については、ススキやクマイチゴなどのキイチゴ類、ウワミズザクラやコゴメウツギなどの落葉広葉樹類などが見られ、植被率は高かった。植栽密度間での比較では、1,100 本/ha 区でキイチゴ類が比較的多く、また低木層に達した雑草木が多かった。

以上より、どの植栽密度区も植栽木が雑草木の平均樹高より低く、競合状態 C4 が約 4～5 割であるため、植栽後 4 年が経過した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。

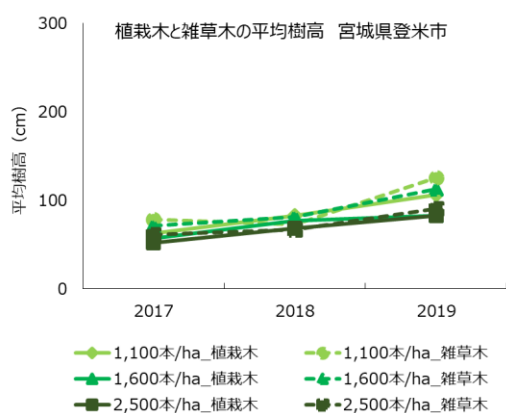


図 3-31 植栽木と雑草木の平均樹高
(宮城県登米市)

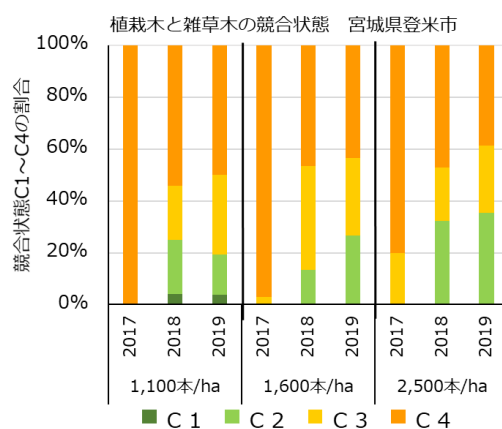


図 3-32 植栽木と雑草木の競合状態
(宮城県登米市)

表 3-44 植生調査の結果（宮城県登米市）

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	1,100	低木層 (高さ1.2m以上)	クマイチゴ タケニグサ ススキ	70%	・ウワミズザクラ・タニウツギ ・ムラサキシキブ
		草本層 (高さ1.2m未満)	ヘビイチゴ トリアシショウマ コゴメウツギ	50%	・ヘビノネコザ（シダ）・クサギ ・ヌルデ・アワブキ・ニガイチゴ ・モミジイチゴ・ゼンマイ ・フジ・ホオノキ
3	1,600	低木層 (高さ1.0m以上)	ススキ イタドリ ウワミズザクラ	20%	・タケニグサ・ヒヨドリバナ・エゴノキ
		草本層 (高さ1.0m未満)	ヘビノネコザ（シダ） モミジイチゴ コゴメウツギ	85%	・ヒメジョオン・タラノキ ・ヤマイヌワラビ・タニウツギ ・オカトラノオ・イタドリ・タケニグサ ・ニガイチゴ・クマイチゴ・タガネソウ ・ヌカボシソウ
5	2,500	低木層 (高さ1.3m以上)	ウワミズザクラ タケニグサ ホオノキ	8%	・クマイチゴ
		草本層 (高さ1.3m未満)	ヤマドリゼンマイ コゴメウツギ ススキ	90%	・ニガイチゴ・モミジイチゴ ・リュウブ・タラノキ・エゴノキ ・フジ・ハクウンボク ・オカトラノオ・ヒヨドリバナ ・クマイチゴ・サンショウ ・ウリハダカエデ・ムラサキシキブ



プロット 1



プロット 3



プロット 5

写真 3-19 植生調査プロットの状態（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 3-45 に、植栽密度別にまとめた結果を図 3-33 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 32.5 時間、1,600 本/ha 区で 21.9 時間、1,100 本/ha 区で 19.8 時間となり、植栽密度が低いほど下刈り作業時間が減少する傾向が見られた。

表 3-45 各プロットの下刈り作業時間（宮城県登米市）

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	1,100	38	374.9	63.5	28.2	26.92	12.0
2	1,100	37	419.2	45.9	18.3	52.17	20.7
3	1,600	39	277.0	36.7	22.1	28.50	17.1
4	1,600	40	266.1	24.4	15.2	53.33	33.4
5	2,500	42	182.0	28.3	25.9	36.17	33.1
6	2,500	40	185.0	19.4	17.5	59.17	53.3

※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。

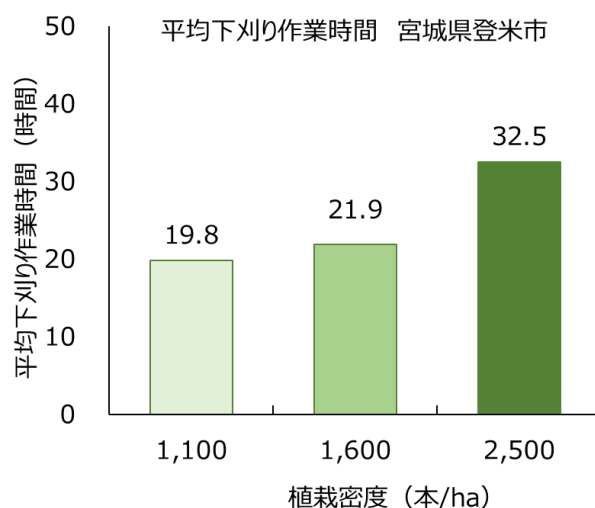


図 3-33 植栽密度別の平均下刈り作業時間（宮城県登米市、ヘクタールあたり）

【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～

- ・ どの調査プロットも地形が悪く、特にガレ場があるところでは下刈り作業が難しい。
- ・ 植栽木さえ見えれば植栽間隔は下刈り作業に影響しない。
- ・ 本実証試験地の植栽木の成長は良くない印象である。
- ・ 植栽間隔が 2.0m と 2.5m の場合は植栽木の場所の予測が付きやすい。植栽間隔が 3.0m だと上の段の苗が見えず下刈り作業がやりにくい。これは距離感覚の問題である。
- ・ 2,500 本区では植栽木を密植しているため、下刈り作業時に植栽木を避ける分の手間がかかった。

～令和元（2019）年度～

- ・ 植栽密度が違うことにより、下刈り作業の難易度が変化したという実感はなかった。
- ・ 植栽密度によって下刈り作業時間に差が生じた理由として、傾斜や雑草木の繁茂状況の違い、現場作業員の疲労度なども考えられる。

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 3-46 のとおりである。

3,000 本/ha の 2,664,197 円と比較すると、2,500 本/ha では 2,495,540 円、1,600 本/ha では 1,900,759 円、1,100 本/ha では 1,685,687 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 17 万円（6％）、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 76 万円（29％）、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 98 万円（37％）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 12 万円、1,600 本/ha ではヘクタールあたり約 30 万円、1,100 本/ha ではヘクタールあたり約 44 万円となった。

表 3-46 初期保育コスト（宮城県登米市）

宮城県登米市	単価	3,000本/ha	2,500本/ha	1,600本/ha	1,100本/ha
地拵え費		429,825円	429,825円	429,825円	429,825円
苗木購入費	230円/本	690,000円	575,000円	368,000円	253,000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
諸経費など		315,375円	315,375円	315,375円	315,375円
下刈り1年目		252,101円	247,158円	166,848円	150,522円
下刈り2年目		223,239円	218,862円	147,746円	133,290円
下刈り3年目		276,328円	270,910円	182,882円	164,988円
下刈り4年目		276,328円	270,910円	182,882円	164,988円
合計		2,664,197円	2,495,540円	1,900,759円	1,685,687円
コスト削減		—	6%	29%	37%

※「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 1 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 3-20 実証試験地の様子（遠景、宮城県登米市）

⑦ 現地写真（近景）

		平成 28（2016）年 8 月
		平成 29（2017）年 11 月
		平成 30（2018）年 10 月
		令和元（2019）年 10 月
平成 29（2017）年 8 月	平成 30（2018）年 7 月	令和元（2019）年 7 月

写真 3-21 実証試験地の様子（近景、宮城県登米市）