

低密度植栽技術導入のための 事例集



林 野 庁

目次

1.	はじめに	3
2.	本事例集について	4
3.	試験地一覧	5
	・ 全国地図	
	・ 一覧表	6
	・ 樹種別 一覧表	7
4.	調査項目および調査方法	8
	・ 調査項目について	8
	・ 調査方法について	11
	・ 競合状態について	12
5.	本事例集の見方	13
6.	各地域別の調査結果	
1.	北海道 下川町	17
2.	岩手県 紫波町	21
3.	岩手県 盛岡市	25
4.	岩手県 葛巻町	29
5.	宮城県 登米市	33
6.	秋田県 由利本荘市	37
7.	茨城県 日立市（国有林・ヒノキ）	41
8.	茨城県 日立市（民有林・スギ）	45
9.	富山県 立山町	49
10.	岐阜県 高山市	53
11.	三重県 大紀町	57
12.	岡山県 吉備中央町	61
13.	高知県 四万十町	65
14.	長崎県 大村市	69
15.	長崎県 東彼杵町	73
16.	熊本県 美里町	77
17.	宮崎県 椎葉村	81
18.	宮崎県 都城市	85
19.	鹿児島県 薩摩川内市	91

はじめに

背景

近年、森林資源の成熟による主伐の増加が予想される中、森林の多面的機能を十分に発揮していくためには、主伐後の再造林を確実に実施する必要があります。他方で、森林所有者などの再造林意欲を向上させ、限られた財源の下で効率的に再造林を行うために、再造林の低コスト化を徹底することが不可欠になっています。

このような中で、植栽本数を減らして再造林や保育の低コスト化を図るための選択肢の1つとして「低密度植栽技術」への期待が高まっています。

低密度植栽とは？

低密度植栽とは、従来3,000本/ha程度で行われていた植栽を、1,000本/haから1,500本/ha程度の密度で行うことをいいます。植栽本数が減ることにより、苗木の購入費および植栽に要する労務費が低減され、初期保育コストの削減が可能となります。

また低密度植栽では、間伐の回数を減らして主伐に至る施業を想定しており、全体的な育林コストの削減も可能と考えられています。

このような施業下では、肥大成長は促進されるものの、樹幹が梢殺（ウラゴケ）になりやすいことが懸念されています。ただし、近年の木材加工技術の進展や川下における木材需要の変化を踏まえ、年輪幅が一定で稠密な無節材を目指すのではなく、合板や集成材といった加工向けなどの並材を主な生産目標とすることにより、再造林の際の選択肢の一つとして十分なり得ると考えられています。

本事例集について

平成27(2015)年度から令和元(2019)年度までの5年間において林野庁が実施した『低密度植栽技術の導入に向けた調査委託事業』では、全国19箇所に「2,500本/ha」「1,600本/ha」「1,100本/ha」の実証試験地（以下「試験地」とする）を設け、最大で5か年にわたり調査を実施し、**低密度植栽の初期（植栽後4年程度まで）における植栽木の生育状況や初期保育のコスト**などについての知見を得ました。

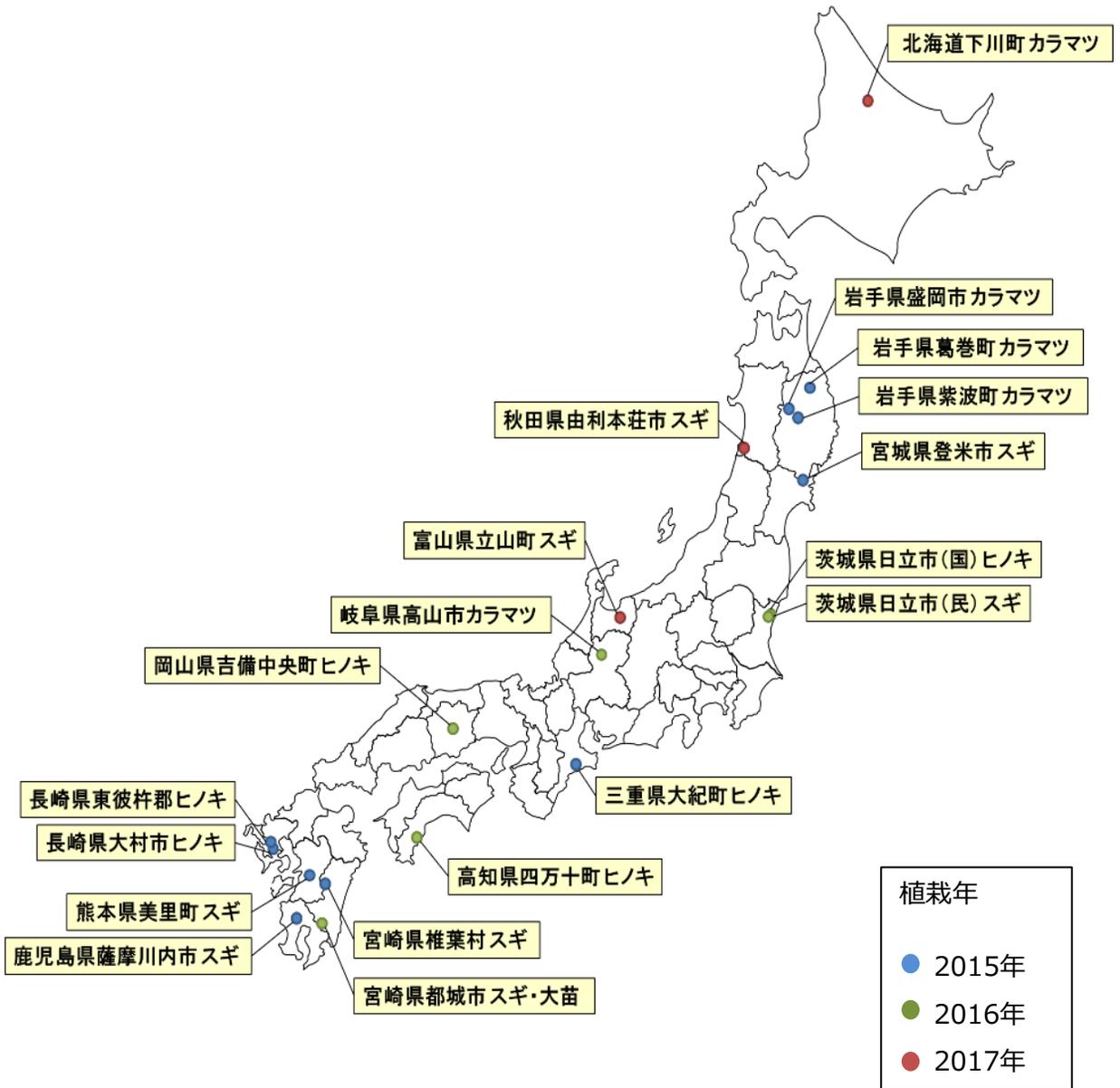
さらに、上記の19箇所の実証試験地のうち、令和2(2020)年度に10箇所、令和3(2021)年度に5箇所の実証試験地について追跡調査を行い、植栽密度が下刈りの回数に与える影響などについての知見を得ました。

これらの結果を基に、**地域特性に応じた低密度植栽技術導入のための林業技術者向け事例集**として、本冊子を作成しました。

本冊子は、各地域の林業技術者が、より自身の地域に近い状況での事例を参考にし、「低密度植栽」を導入する一助となることを目的としています。



試験地一覽



試験地一覧

No	場所	苗種	植栽密度 (本/ha)			植栽年月	植生タイプ	追跡調査 実施年	ページ
			1100	1600	2500				
1	北海道 下川町	カラマツ	○	○	○	2017年 11月	多年生草本類		17
2	岩手県 紫波町	カラマツ		○	○	2015年 12月	落葉広葉樹類 キイチゴ類	2020年	21
3	岩手県 盛岡市	カラマツ	○	○	○	2015年 12月	ササ類 落葉広葉樹類	2020年	25
4	岩手県 葛巻町	カラマツ		○	○	2015年 11月	スゲ類 多年生草本類	2020年	29
5	宮城県 登米市	スギ	○	○	○	2015年 12月	キイチゴ類 落葉広葉樹類		33
6	秋田県 由利本荘市	スギ	○	○	○	2017年 11月	シダ植物 ススキ		37
7	茨城県 日立市 (ヒノキ)	ヒノキ	○	○	○	2016年 11月	ススキ キイチゴ類	2021年	41
8	茨城県 日立市 (スギ)	スギ	○	○	○	2016年 10月	キイチゴ類	2021年	45
9	富山県 立山町	スギ	○	○	○	2017年 12月	ススキ キイチゴ類	2021年	49
10	岐阜県 高山市	カラマツ	○	○	○	2016年 10月	スゲ類 シダ植物	2021年	53
11	三重県 大紀町	ヒノキ		○	○	2016年 2月	ススキ		57
12	岡山県 吉備中央町	ヒノキ	○	○	○	2016年 12月	落葉広葉樹類	2020年	61
13	高知県 四万十町	ヒノキ	○	○	○	2017年 2月	シダ植物		65
14	長崎県 大村市	ヒノキ		○	○	2016年 1月	落葉広葉樹類 多年生草本類	2020年	69
15	長崎県 東彼杵町	ヒノキ	○	○	○	2016年 1月	落葉広葉樹類 →ススキ	2020年	73
16	熊本県 美里町	スギ		1700	○	2016年 2月	ススキ	2020年	77
17	宮崎県 椎葉村	スギ	○	○	○	2016年 2月	ススキ	2020年 2021年	81
18	宮崎県 都城市	スギ (大苗)	○	○	○	2017年 1月	落葉広葉樹類	2020年	85
		スギ (普通苗)			○				
19	鹿児島県 薩摩川内市	スギ		○	○	2015年 12月	落葉広葉樹類 →ススキ	2020年	91

樹種別 一覧表

スギ	ヒノキ	カラマツ
5. 宮城県 登米市 … 33	7. 茨城県 日立市 … 41	1. 北海道 下川町 … 17
6. 秋田県 由利本荘市 … 37	11. 三重県 大紀町 … 57	2. 岩手県 紫波町 … 21
8. 茨城県 日立市 … 45	12. 岡山県 吉備中央町 … 61	3. 岩手県 盛岡市 … 25
9. 富山県 立山町 … 49	13. 高知県 四万十町 … 65	4. 岩手県 葛巻町 … 29
16. 熊本県 美里町 … 77	14. 長崎県 大村市 … 69	10. 岐阜県 高山市 … 53
17. 宮崎県 椎葉村 … 81	15. 長崎県 東彼杵町 … 73	
18. 宮崎県 都城市 … 85		
19. 鹿児島県 薩摩川内市 … 91		
スギ大苗		
18. 宮崎県 都城市 … 85		



調査項目および調査方法

本冊子では、以下に挙げた4つの項目について
地域ごとにとりまとめています。

① 植栽木の活着率、枯死率、成長量

低密度植栽により、植栽木の活着、初期における枯死率や成長量が影響を受けるか調査しました。

【調査方法】

試験地に設定した調査プロット内の植栽木について、次の項目を調査しました。

- ・植栽木の活着率（植栽の翌年における苗木の生存率）
- ・植栽木の枯死率および枯死原因
- ・植栽木の樹高、地際直径、胸高直径（測定可能な場合）、植栽木の形状や状態（食害や誤伐の発生状況など）

② 植栽密度と下刈り作業時間

低密度植栽では植栽間隔が変わるため、下刈りの作業効率に影響が出るのではないかという懸念があります。

そこで、植栽密度を変えることにより、下刈りの作業時間にどのような影響があるかを調査しました。

【調査方法】

試験地内に設定した調査プロットにおいて、下刈り（全刈り）にかかった時間を計測しました。その結果から植栽密度ごとにヘクタールあたりの下刈り作業時間を算出して比較しました。

また、実際に下刈り作業に従事した方へのヒアリングを行い、現場では植栽密度の違いをどのように感じたかなどを調査しました。

調査項目および調査方法

③ 植栽木と雑草木の競合関係

低密度植栽では、通常の植栽密度と比べて下刈りの回数が増えるのではないかと懸念があります。

そこで、植栽木と周囲の雑草木の競合関係を調査し、低密度植栽の場合に、通常密度の植栽よりも下刈りを終了するまでの回数が増えるかどうかを検証しました。

【調査方法】

- 植栽木と雑草木の競合状態を、山川ほか（2016）によるC1～C4の4つのカテゴリに分類（12ページ参照）して評価しました。
- 植栽木と雑草木の平均樹高の比較を行いました。
- 雑草木の種組成を調査しました。

上記の調査項目を総合的に判断し、低密度植栽で通常密度の植栽と同じ回数で下刈りが終了できるかどうかを検証しました。

なお、下刈りの終了を判断するにあたり、以下の研究事例を参考にしています。

- スギ植栽木の平均樹高が2.2mを超えると、雑草木を被圧し始める。
（鶴崎ほか 2016）
- 植栽木と雑草木の競合状態がC1、C2、C3であれば植栽木の樹高成長は低下せず、C4になるとスギの樹高成長が低下する。（山川ほか 2016）

調査項目および調査方法

④ 低密度植栽によるコスト削減の効果

低密度植栽を行うことにより、どの程度コストを削減できるかを試算し、従来の3,000本/ha（カラマツは2,500本/ha）と比較しました。

試算したコスト（ヘクタールあたり）は、以下の2通りです。

- 地拵えから苗木の購入、植栽までの「植栽時のコスト」
- 植栽時のコストに下刈り（2019年まで）のコストを含めた「初期保育コスト」

【調査方法】

植栽時のコスト（地拵え費、苗木購入費、植栽労務費、シカ柵設置費、その他森林保険、資材費、諸経費など）や下刈り時のコストを調査しました。

「地拵え費」「苗木購入費」「植栽労務費」「シカ柵設置費」「その他諸経費など（森林保険料、資材費などを含む）」については、実際に掛かったコストを基に算出しました。

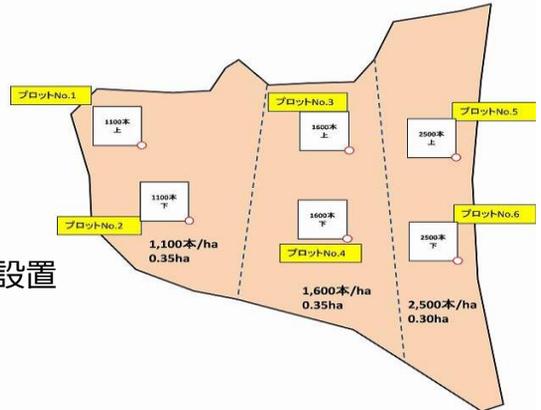
「下刈りコスト」については、②で調査した結果を基に、植栽密度ごとに算出しました。

調査項目および調査方法

本事業において実施された調査方法は、以下の通りです。

「調査プロットの設定」

- ・試験地（1ヘクタール）を植栽密度ごとに区分
- ・植栽密度ごとに2～3つの調査プロットを設定
- ・植栽木が36～40本程度入るように各調査プロットを設置
→調査対象木とする



「夏期調査」・・・主に植栽木と雑草木の競合関係を把握するための調査

調査時期： 6～8月（**下刈りの前**）

- 調査内容：
- ・プロット内の植栽木の毎木調査（樹高、樹冠幅の計測）
 - ・プロット内の植栽木の生育状況の記録（枯死、曲がり、食害など）
 - ・プロット内の植栽木と雑草木の競合状態（12ページ参照）の記録
 - ・プロット内の雑草木の植生調査（植被率、主な優占種、雑草木の高さの記録）
 - ・定点からの写真撮影

「下刈り調査」・・・植栽密度と下刈り作業時間の関係を把握するための調査

調査時期： 夏期（**下刈り時**）

- 調査内容：
- ・各プロットの面積測定
 - ・各プロットにおける下刈り作業の時間計測
 - ・現場作業員へのヒアリング

「秋冬期調査」・・・主に植栽木の成長を把握するための調査

調査時期： 10～11月（**下刈りの後、成長休止期**）

- 調査内容：
- ・プロット内の植栽木の毎木調査（樹高、地際直径・胸高直径、樹冠幅の計測）
 - ・プロット内の植栽木の生育状況の記録（枯死、曲がり、食害、誤伐など）
 - ・定点からの写真撮影

調査項目および調査方法

植栽木と雑草木の競合状態（C1～C4）について

植栽木と雑草木の競合状態を、山川ほか（2016）の基準を用いて以下の4つのカテゴリで簡潔に示しました。

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

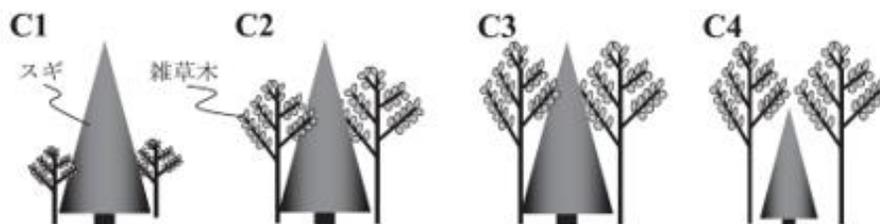


図 植栽木と雑草木の競合状態（C1～C4）について
山川ほか(2016) スギ植栽木の樹高成長に及ぼす期首サイズと周辺雑草木の影響,
日林誌 (2016) 98:241-246



写真 C1～C4の例

本事例集の見方

本事例集では、一つの地域につき4ページに渡ってデータを掲載しています。

① 試験地の概要

試験地の気候や地形、施業履歴などを記載しています。

最深積雪・・・植栽木の保育に影響が生じるような積雪がある地域については、その地域（あるいは最も近い観測地点）における最深積雪の平年値を記載しています。

一貫または通常・・・伐採、搬出と並行して地拵え、植栽を行う「一貫作業システム」を用いたかどうかの項目です。

追跡調査・・・2020年・2021年に追跡調査を実施したかどうかの項目です。

② 試験地の地図

試験地の位置を示した地図です。

③ 植生タイプ

試験地における雑草木群落を、主な優占種に着目して以下のようにタイプ分けしました。

落葉広葉樹類

キイチゴ類

常緑広葉樹類

多年生草本類

ススキ類

スゲ類

シダ植物

ササ類

植被率と主な優占種

植被率とは、試験地の地表が植生にどのくらい覆われているかを%で示したものです。優占種については、試験地に生育している植生のうち、よく見られた種を記載しています。その中でも特に優占している種については、種名の前に◎をつけています。

なお、植栽してから現時点までの間に植生タイプに変化が見られた場合には、変化前と変化後の両方を記載しています。

④ 試験地の写真

- ・6～8月に撮影 → 下刈り前の様子
- ・10～12月に撮影 → 下刈り後の様子

3. 岩手県盛岡市 カラマツ 1,100本/ha 1,600本/ha 2,500本/ha

調査地の概要

年平均気温	10.2℃/年	苗木の種類	カラマツ/コシアナ苗 150cc
年間降水量	1266.0mm/年	樹種	-
標高	200～250m	伐採年	2015年10月
傾斜	20°	植栽年月	2015年11月
斜面方位	SW	一貫 or 通常	一貫作業
土壌	棕色褐色森林土	シロ標/有期	無し

①

②

【植生タイプ】
ササ類 落葉広葉樹類

【植被率と主な優占種】
植被率90%以上
◎クマイザサ
コゴメクヅギ
ミヤマガマズミ
クマイチゴ

③

調査地

④



2019年7月撮影



2019年10月撮影

本事例集の見方

⑤ 植栽木の活着率について

活着率（植栽の翌年に植栽木が生存していた割合）を、植栽密度ごとに%で示しています。

活着率が90%を越えていた場合は、赤字で示しています。

⑥ 植栽木の枯死率・枯死原因について

植栽した後に枯死した植栽木のデータです。

※ $\text{枯死率} = \text{枯死本数の合計} \div \text{設定本数}$

※ $\text{設定本数} = \text{各プロット内の植栽時の本数}$

枯死原因について、確実に判別できないものについては「枯れ」としています。

⑦ 植栽木の成長量について

植栽木の樹高、地際直径の平均値を植栽密度ごとに比較したデータです。

グラフ中の「I」は標準偏差で、データのばらつき具合を示しています。

以下のような正常な成長をしていない植栽木は、データから除外しています。

- ・ 形状に問題が見られた植栽木（曲がり、折れ、斜立など）
- ・ 食害や誤伐などが見られた植栽木



本事例集の見方

⑧ 植栽密度と下刈り作業時間

植栽密度の違いによって、下刈りの作業時間に差があるかを示したグラフです。

植栽密度ごとに設定した調査プロットにおいて下刈り作業時間を計測し、ヘクタールあたりの作業時間に換算して比較しています。

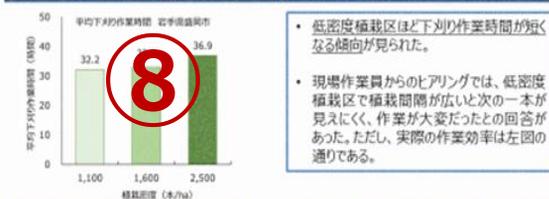
⑨ 植栽木と雑草木の競合関係

調査プロット内の各植栽木について競合状態の判定（12ページ参照）を行い、その割合を植栽密度ごとに示したグラフです。

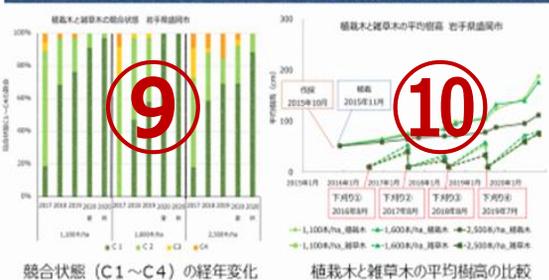
なお、本項目では雑草木の調査を開始した2017年からのデータを示しています。

3. 岩手県盛岡市 カラマツ 1,100本/ha 1,600本/ha 2,500本/ha

⑧ 植栽密度と下刈り作業時間



⑨ 植栽木と雑草木の競合関係



2019年7月撮影

- 平均樹高の比較では、どの植栽密度区でも、植栽後4年目（2019年）には植栽木が雑草木から抜け出しているものの、樹高差はまだ大きくない。
- 競合状態の比較では、植栽後4年目（2019年）にはどの植栽密度区もC1+C2の割合が8割以上となった。さらに、植栽後5年目（2020年）にはどの植栽密度区もC1が約9～10割となっている。
- 以上より、どの植栽密度区も2019年の下刈り（4回目）で終了と判断できる。ただし、成長が良好でない2,500本/ha区では、翌年の成長次第でもう一度下刈りが必要となる可能性がある。

⑩ 植栽木と雑草木の樹高成長の比較

植栽木と競合する雑草木の樹高成長の経年変化を示したグラフです。

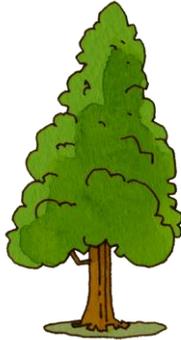
実線：植栽木の平均樹高
破線：雑草木の平均樹高（下刈り直後は、雑草木の高さを10cmとした）

グラフ中の「下刈り○」（○は数字）は、植栽してから○回目の下刈りが実施されたこと示しています。

⑪ 植栽木の写真

下刈り前における植栽木と雑草木の競合関係を示した写真を掲載しています。

本事例集の見方



3. 岩手県盛岡市 カラマツ 1,100本/ha 1,600本/ha 2,500本/ha

④ 低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】



【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて植栽密度ごとに算出した。



岩手県盛岡市まとめ

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2015年11月にカラマツを植栽。植栽後4年が経過。 クマイザサが優占し、落葉広葉樹類が混生している。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 低密度ほど成長が早い結果となった。 植栽後4年目(2019年)は、どの植栽密度もC1+C2が8割以上となっている。根付率も高く、通常どりの期間で下刈りを終了できると考えられる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> 2019年に3本の根抜けによる枯死が見られたが、風害、雪害の他に凍上害による可能性がある。

29

⑫ 植栽時のコストの削減効果

各植栽密度における地拵えから植栽までの植栽コストを、従来の3,000本/ha（カラマツは2,500本/ha）を100%として比較しています。

※「諸経費など」については、資材費や森林保険料などを含みます。

※「地拵え費」「諸経費など」については、植栽密度によらず同額としています。

⑬ 初期保育コストの削減効果

「⑫ 植栽時のコスト削減効果」に2019年までの下刈り作業のコストも含めたものを、従来の3,000本/ha（カラマツは2,500本/ha）を100%として比較しています。

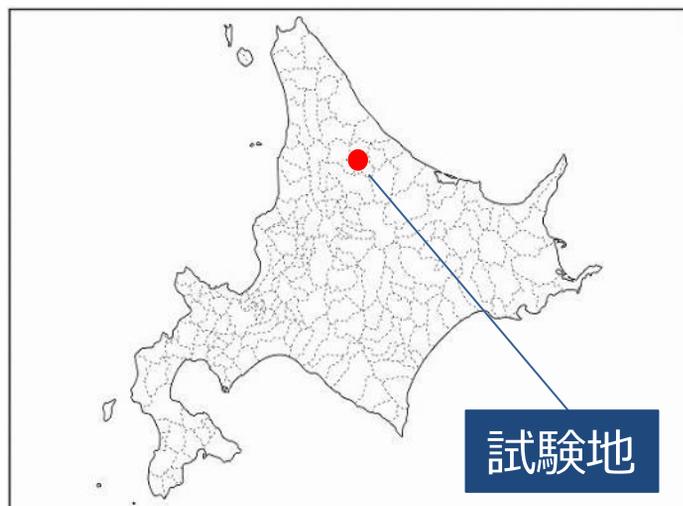
下刈りのコストについては、「⑧ 植栽密度と下刈り作業時間」の結果をもとに、各植栽密度ごとに算出しています。

⑭ 各地域ごとのまとめ

これまで記載してきた試験地のデータについて、結果や課題などをまとめています。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	無し
年平均気温	5.1℃	苗木の種類	カラマツ コンテナ苗 150cc (実生苗)
年降水量	911.7mm	前生林種	トドマツ・カラマツ
最深積雪	124cm	伐採年	2016年5月
標高	320~340m	植栽年月	2017年11月
傾斜	10~15°	補植年月	2019年9月
斜面方位	S	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



【植生タイプ】

多年生草本類

【植被率と主な優占種】

(1,100本/ha区)	(1,600本/ha区)
	(2,500本/ha区)
植被率30%	植被率70%
ヨモギ	◎ハルジオン
	イタドリ、ヨモギ



2019年7月撮影



2019年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
40%以下	40%以下	50%以下

※植栽の翌年に半数以上が枯死（原因は不明）



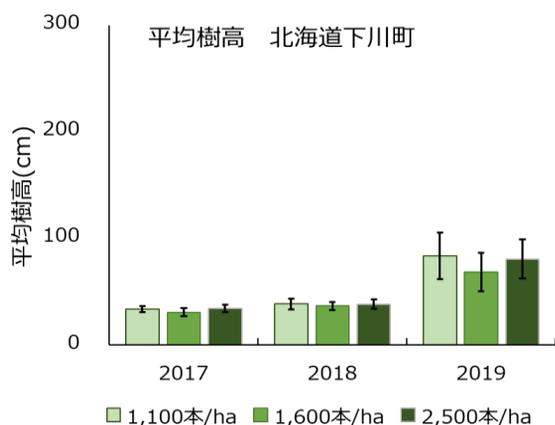
2019年9月に約1050本の補植を実施

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

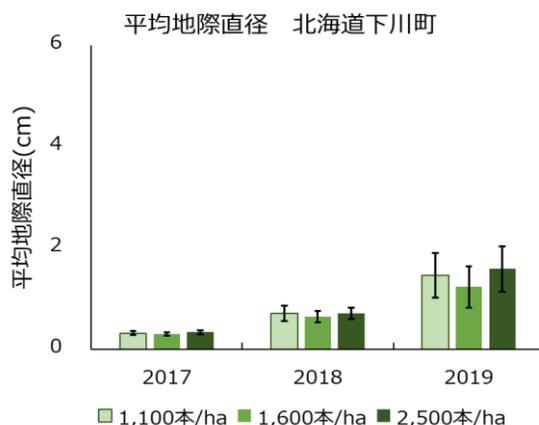
プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数(本)			合計	枯死率 (%)
			2018	2019			
5	1,100	36	27 (枯れ14・消失12・誤伐1)	2 (枯れ2)	補植 (9月)	29	80.6
6	1,100	36	20 (枯れ12・消失8)	1 (枯れ)		21	58.3
3	1,600	36	24 (枯れ22・消失2)	0		24	66.7
4	1,600	36	20 (枯れ16・消失4)	1 (枯れ)		21	58.3
1	2,500	36	20 (枯れ20)	1 (枯れ)		21	58.3
2	2,500	36	17 (枯れ17)	0		17	47.2

3. 植栽木の成長量について

※成長量の各データに、2019年に補植した苗木のデータは含まれていない。



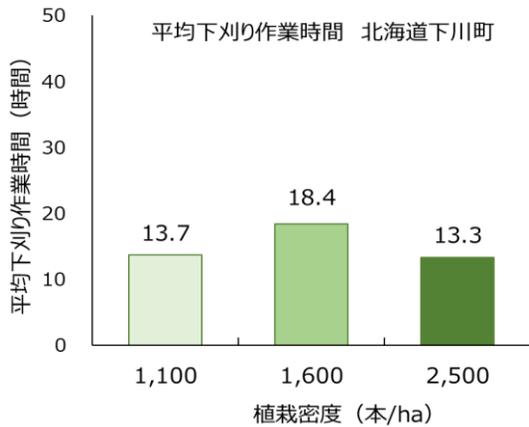
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

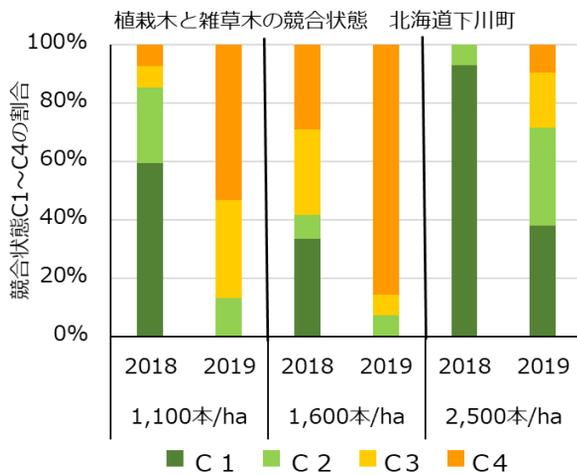
- すべての植栽密度で活着率は50%以下と低かった。主軸が残っており、折れなども確認されなかったことから、獣害、気象害、病害などは考えにくく、原因の特定はできなかった。今後の成林が危ぶまれるため、2019年9月に約1,050本の補植を行った。
- 1,600本/ha区で成長が少し落ちているが、局所的な雑草木の繁茂による被圧が影響したと考えられる（次ページ③の競合関係の調査を参照）。1,100本/ha区と2,500本/ha区の比較では成長は変わらなかったことから、現時点では植栽密度による初期成長への影響は無いといえる。

② 植栽密度と下刈り作業時間



- 1,600本/ha区で作業時間が長くなっているが、現場作業員からのヒアリングでは、局所的な雑草木の繁茂具合が影響したとの回答があった。
- 1,100本/ha区と2,500本/ha区では作業時間はほぼ変わらなかった。
- 以上から、下刈り作業時間は植栽密度にほとんど影響されなかったといえる。

③ 植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

※2020年、2021年は調査を実施していない
植栽木と雑草木の平均樹高 北海道下川町



植栽木と雑草木の平均樹高の比較

- 競合状態の比較では、2019年の時点でどの植栽密度もC3とC4の割合が高く、多くの植栽木が被圧されている。
- 特に1,600本/ha区で、C4が8割以上だった。これは局所的な雑草木の繁茂により生じたと思われる。(左の写真：写真の手前側と奥側で草本類の繁茂状況が異なる)
- 平均樹高の比較では、植栽木の樹高がまだ低く、どの植栽密度も雑草木との競合関係から抜け出していない。
- 以上より、2019年の時点ではどの植栽密度もまだ下刈り終了の判断は難しい。
- なお、2020年・2021年とも下刈りが実施されている(2021年で4回目)。

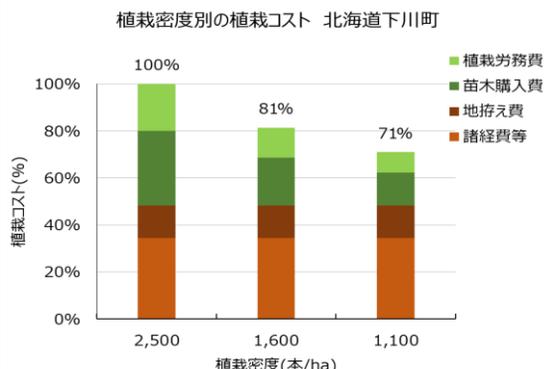


2019年7月撮影

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 120円



2,500本/haと比較して・・・

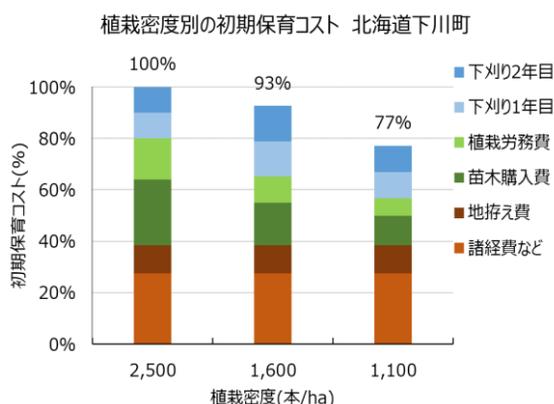
・1,600本/ha → 81%

・1,100本/ha → 71%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後2年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて植栽密度ごとに算出した。



2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 93%

・1,100本/ha → 77%

にコスト削減が可能

北海道下川町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2017年11月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でカラマツを植栽した。
- ・ ハルジオン、ヨモギなどの多年生草本が優占しており、繁茂具合に局所的なばらつきがある。

調査結果

- ・ 植栽翌年の2018年に半数以上の枯死が確認された。獣害、気象害、病害については考えにくく、原因の特定はできなかった。
- ・ 局所的に雑草木の繁茂が多かった1,600本/ha区で、カラマツの成長が低下した。
- ・ 下刈り作業時間についても局地的な雑草木の繁茂具合により影響されたが、植栽密度による影響はほとんどなかった。
- ・ 2019年の時点では、植栽密度にかかわらず下刈り終了の判断は難しい。
- ・ 2020年、2021年ともに下刈りは実施された（2021年で4回目）。

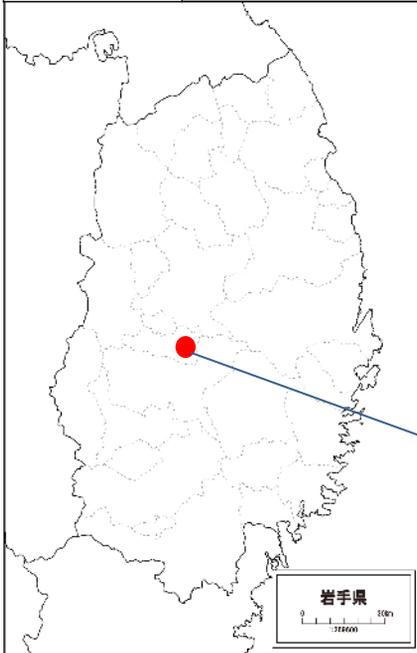
課題など

- ・ カラマツは初期成長の際に、雑草木による被圧の影響をより強く受ける恐れがある。本試験地では優占している多年生草本の成長が速いため、競合から抜けるまでは丁寧な下刈りが必要と考えられる。
- ・ ハルジオン、ヨモギなどは樹高があまり高くないため、カラマツがある程度まで成長してしまえば早期に下刈りを終了でき、更なるコスト削減も期待できる。

試験地の概要

試験地の概要

年平均気温	10.0℃	追跡調査	2020年
年降水量	1,239.7mm	苗木の種類	カラマツ コンテナ苗 150cc (実生苗)
最深積雪	39cm (盛岡)	前生林種	広葉樹・一部スギ
標高	550~580m	伐採年	2015年11月
傾斜	10~25°	植栽年月	2015年12月
斜面方位	SW	一貫 または 通常	一貫作業
土壌	乾性褐色森林土~褐色森林土	シカ柵の有無	無し



試験地

【植生タイプ】

落葉広葉樹類

キイチゴ類

【植被率と主な優占種】

植被率80%

ミヤマガマズミ

クマイチゴ

モミジイチゴ



2020年6月撮影



2020年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

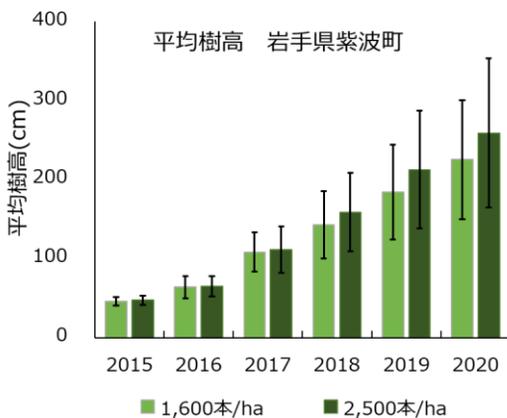
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
-	90 %以上	100%

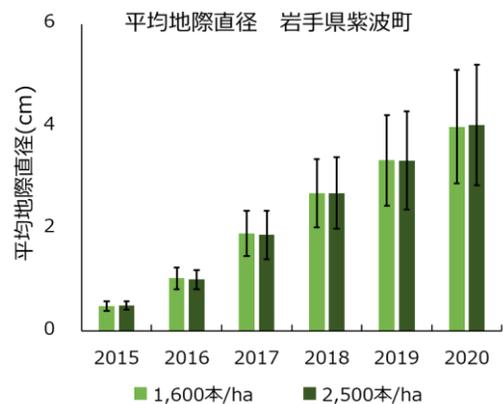
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
1	1,600	36	4 (衰弱4)	0	1 (枯れ)	1 (根抜け)	1 (枯れ)	7	19.4
2	1,600	36	3 (衰弱2・枯れ1)	1 (先端折れ)	0	1 (根抜け)	1 (枯れ)	6	16.7
3	1,600	41	0	1 (枯れ)	0	1 (誤伐)	0	2	4.9
4	2,500	36	0	2 (衰弱2)	0	4 (根抜け3・枯れ1)	0	6	16.7
5	2,500	37	0	1 (衰弱)	0	1 (枯れ)	2 (枯れ)	4	10.8
6	2,500	39	0	0	1 (誤伐)	1 (枯れ)	0	2	5.1

3. 植栽木の成長量について



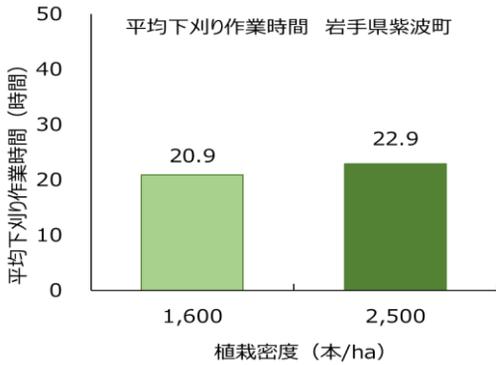
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

- 活着率は植栽密度間で差が見られず、90%以上と高い数値を示した。
- 枯死率はプロット間でばらつきがみられるものの、植栽密度間で大きな差は見られなかった。2019年10月に根抜けによる枯死が5本見られたが、風害などが原因として考えられる。
- 平均樹高は、1,600本/ha区の方が低くなっているが、林冠閉鎖まで至っていないため、植栽密度よりも立地環境の影響が挙げられる。平均地際直径は植栽密度間で変わらなかった。

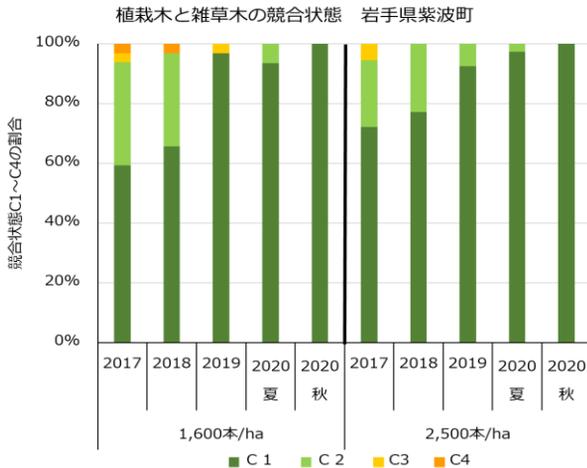
② 植栽密度と下刈り作業時間



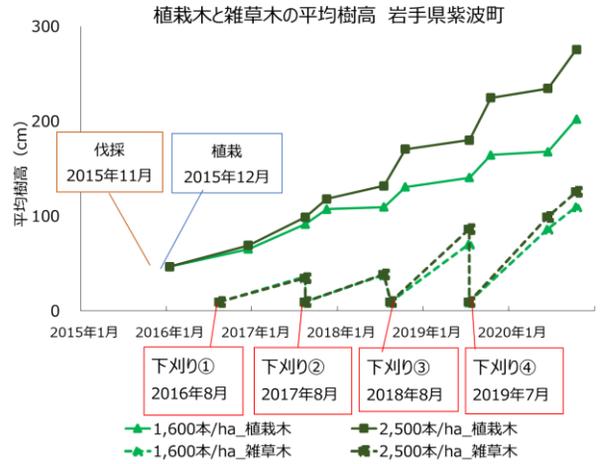
- 植栽密度による下刈り作業時間の差は、ほとんど見られなかった。
- 現場作業員からのヒアリングでは、作業の難易は植栽密度の違いよりも、周囲の植生の繁茂状況の差や植生種の違いに影響されたという回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

※2021年は調査を実施していない



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



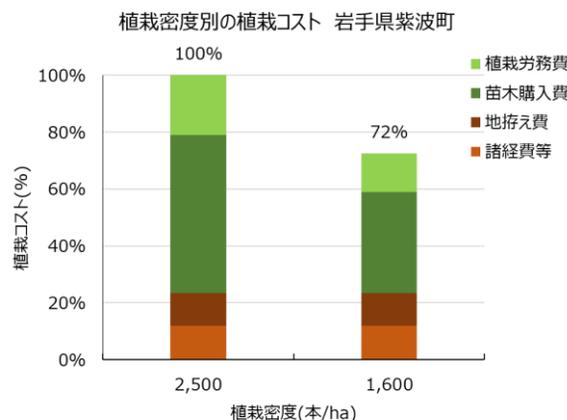
2020年6月撮影

- 競合状態については、2020年夏にはどの植栽密度もC1が9割以上に達し、さらに2020年秋にはC1が10割となっており、雑草木の被圧を受けている状況ではない。
- 植栽木と雑草木の樹高差は、2020年秋時点で1m以上開いており、また2020年夏から秋の成長量は植栽木と雑草木でほぼ同程度だったことから、今後植栽木が雑草木に追い抜かれることはない。また、優占しているミヤマガズミやキイチゴ類の樹高は最大でも2-4m程度である。
- 以上から、どの植栽密度も2019年の下刈り(4回目)で終了できたと判断できる。
- なお、植栽木と雑草木の樹高差が十分大きくなったと森林所有者が判断したため、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 225円



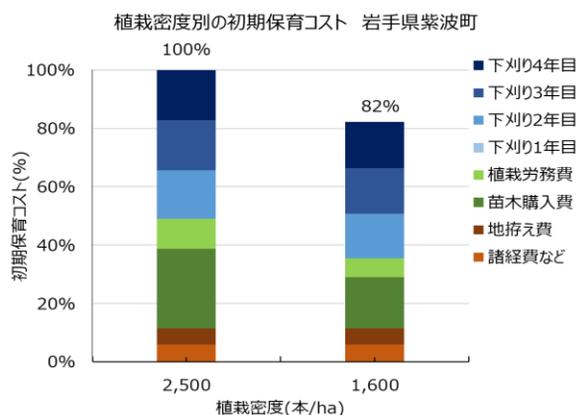
2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 72%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 82%

にコスト削減が可能

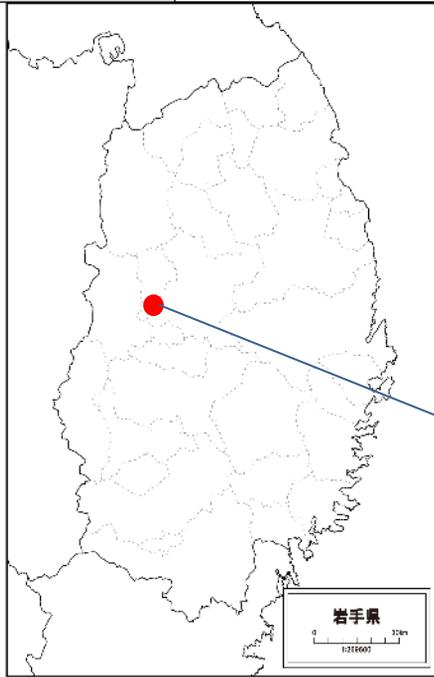
※下刈り1年目（2016年）は地拵え直後で雑草の繁茂が少なく、下刈りを省略できた。

岩手県紫波町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2015年12月に、1,600本/ha、2,500本/haの密度でカラマツを植栽した。 ミヤマガズミやクマイチゴ、モミジイチゴといった落葉広葉樹が優占しているが、いずれも最大樹高は2～4m程度である。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 「一貫作業システム」による地拵えにより、初回の下刈りを省略できた。 1,600本/ha区で樹高成長が低かったが、植栽密度よりも立地環境の影響が要因として考えられる。 どの植栽密度も2020年には雑草木との競合から大きく脱しており、低密度植栽区も通常密度の植栽区と同じく2019年の下刈り（4回目）で終了できたと判断できる。 2020年と2021年の下刈りは実施されていない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> 2019年に5本の根抜けによる枯死が見られたが、風害による可能性が考えられる。植栽本数がもともと少ない低密度植栽では、局所的な枯死がその後の成林により影響するため、注意が必要である。

試験地の概要

試験地の概要			
年平均気温	10.2℃	追跡調査	2020年
年降水量	1266.0mm	苗木の種類	カラマツ コンテナ苗 150cc (実生苗)
最深積雪	39cm	前生林種	-
標高	280~290m	伐採年	2015年10月
傾斜	20°	植栽年月	2015年11月
斜面方位	SW	一貫 または 通常	一貫作業
土壌	乾性褐色森林土	シカ柵の有無	無し



試験地

【植生タイプ】

ササ類

落葉広葉樹類

【植被率と主な優占種】

植被率90%以上

◎クマイザサ

ミヤマガマズミ

クマイチゴ

キブシ



2020年6月撮影



2020年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

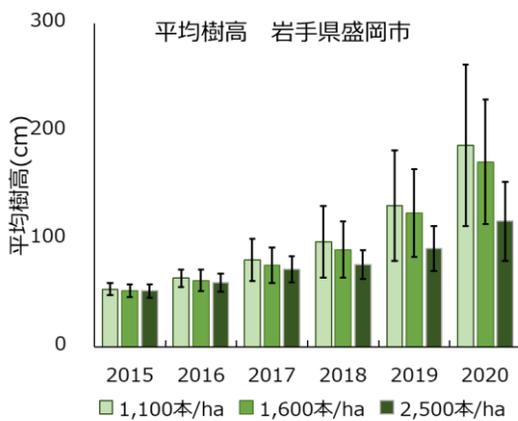
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
90 %以上	100%	90 %以上

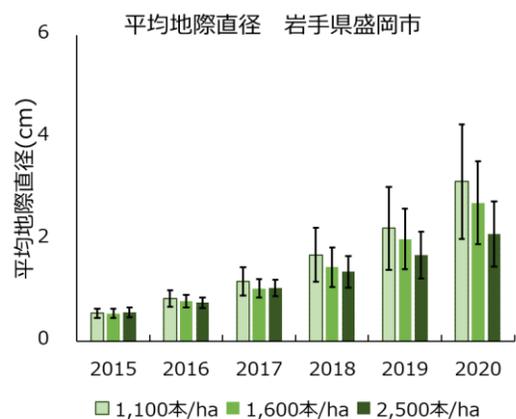
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
1	1,100	40	0	5(消失3・枯れ2)	0	0	1 (枯れ)	6	15.0
2	1,100	40	2 (消失1・枯れ1)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	4 (消失4)	0	8	20.0
3	1,600	41	0	2 (衰弱1・枯れ1)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	5	12.2
4	1,600	37	0	1 (枯れ)	0	1 (根抜け)	0	2	5.4
5	2,500	36	1 (衰弱)	1 (枯れ)	1 (枯れ)	1 (根抜け)	0	4	11.1
6	2,500	36	0	2 (枯れ2)	0	8 (消失4・根抜け2・枯れ2)	0	10	27.8

3. 植栽木の成長量について



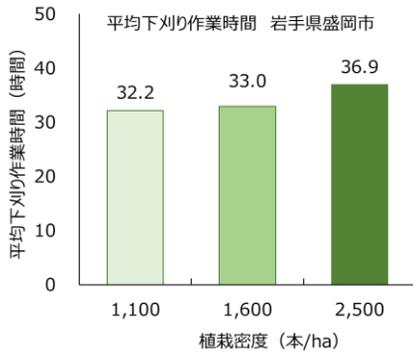
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

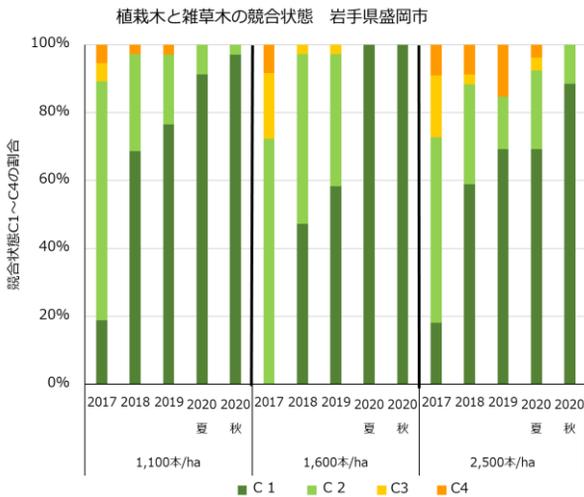
- 活着率は植栽密度間で差が見られず、どの植栽密度も90%と高い数値を示した。
- 枯死率は一部の調査プロットで高くなったが、原因は不明である。2019年に根抜けによる枯死が3本見られたが、風害などの気象害が考えられる。
- 成長量は樹高、地際直径ともに密度が低くなるほど大きくなった。本試験地は未だ林冠閉鎖まで至っていないため、植栽密度よりも立地環境が要因として挙げられる。

② 植栽密度と下刈り作業時間

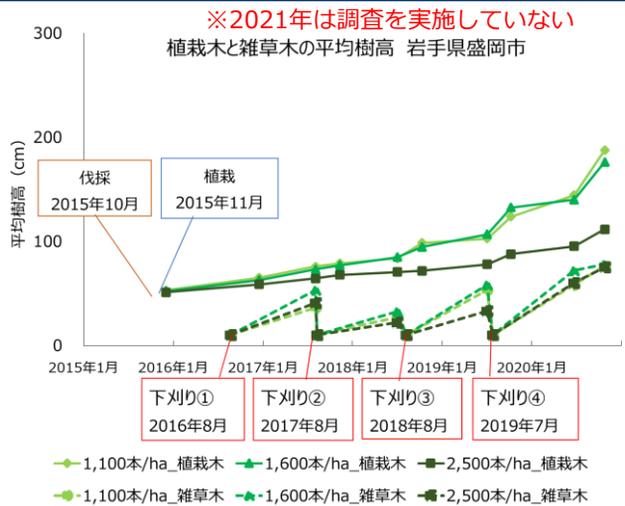


- 低密度植栽区ほど下刈り作業時間が短くなる傾向が見られた。
- 現場作業員からのヒアリングでは、低密度植栽区で植栽間隔が広いと次の一本が見えにくく、作業が大変だったとの回答があった。ただし、実際の作業効率率は左図の通りである。

③ 植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



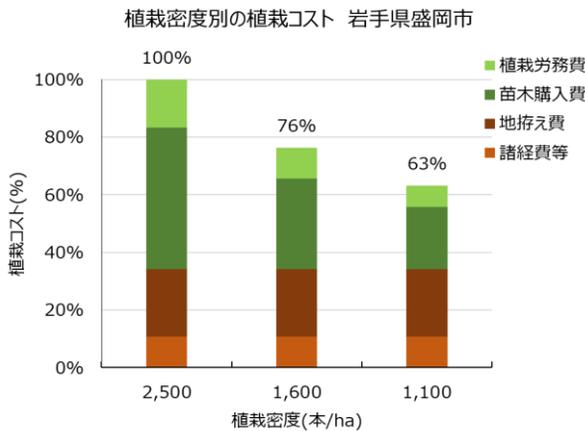
2020年6月撮影

- 競合状態については、どの植栽密度も2020年夏の時点でC1 + C2が約9~10割となり、2020年秋にはC1の割合が増加しており、雑草木の被圧を受けている状況ではない。
- 平均樹高については、1,100本/ha区と1,600本/ha本区では2020年秋の時点で雑草木との樹高差が1m程度まで開いた。また2020年夏から秋の成長量は、植栽木の方が雑草木より上回っている(1,100本/ha区・1,600本/ha区)か、同程度(2,500本/ha区)である。
- 優占しているクマイザサやキイチゴ類等の樹高は最大で2-4m程度である。
- 以上より、どの植栽密度も2019年の下刈り(4回目)で終了できたと判断できる。
- なお、植栽木が十分大きく成長したと森林所有者が判断したため、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 225円



2,500本/haと比較して・・・

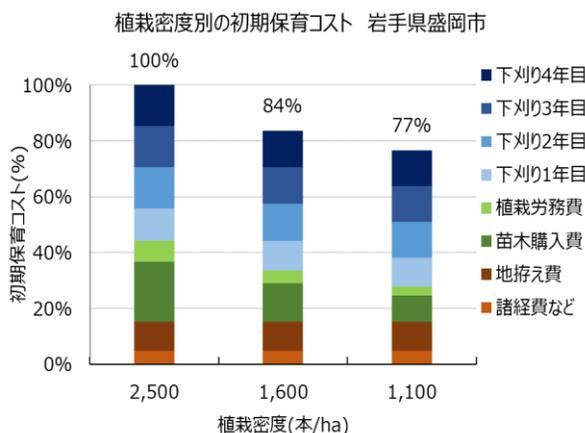
・1,600本/ha → 76%

・1,100本/ha → 63%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて植栽密度ごとに算出した。



2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 84%

・1,100本/ha → 77%

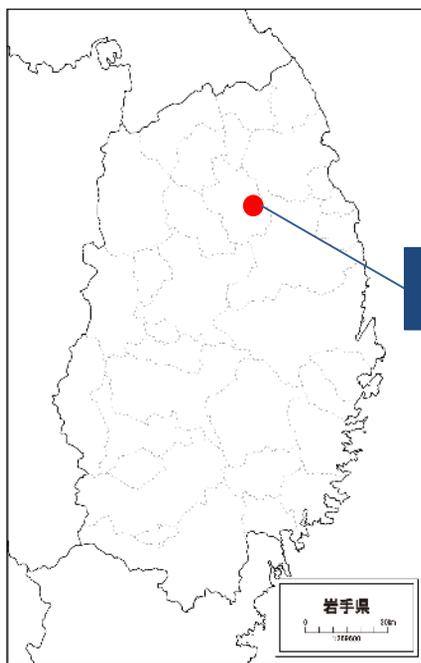
にコスト削減が可能

岩手県盛岡市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2015年11月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でカラマツを植栽した。 クマイザサが優占しており、キイチゴ類等の落葉樹類が混生している。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 低密度ほど樹高、地際直径ともに成長量が大きくなったが、植栽密度よりも立地環境による影響と考えられる。 2020年に植栽木の樹高が大きく伸び、雑草木との樹高差が開いたため、どの植栽密度も2019年の下刈り（4回目）で終了できたと判断できる。 2020年と2021年の下刈りは実施されていない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> 2019年に3本の根抜けによる枯死が見られたが、風害による可能性が考えられる。植栽本数がもともと少ない低密度植栽では、局所的な枯死がその後の成林により影響するため、注意が必要である。

試験地の概要

試験地の概要			
年平均気温	8.4℃	追跡調査	2020年
年降水量	1,008.7mm	苗木の種類	カラマツ コンテナ苗 150cc (実生苗)
最深積雪	52cm	前生林種	-
標高	220~250m	伐採年	2013年11月
傾斜	10~15°	植栽年月	2015年11月
斜面方位	NW	一貫 または 通常	通常作業
土壌	乾性褐色森林土~褐色森林土	シカ柵の有無	無し



試験地

【植生タイプ】

スゲ類

多年生草本類

【植被率と主な優占種】

植被率90%以上

◎スゲSp.

トリアシショウマ

ヤブレガサ

チマキザサ節Sp.



2020年6月撮影



2020年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

1. 植栽木の活着率について

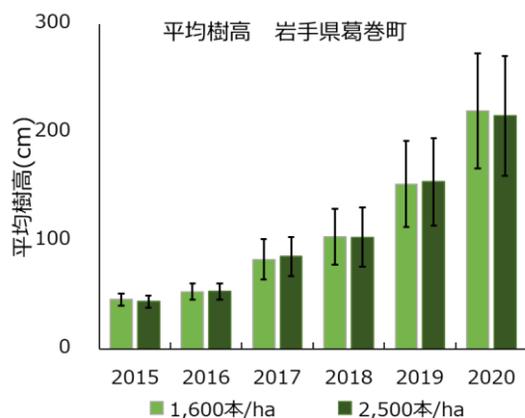
1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
-	90 %以上	90 %以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

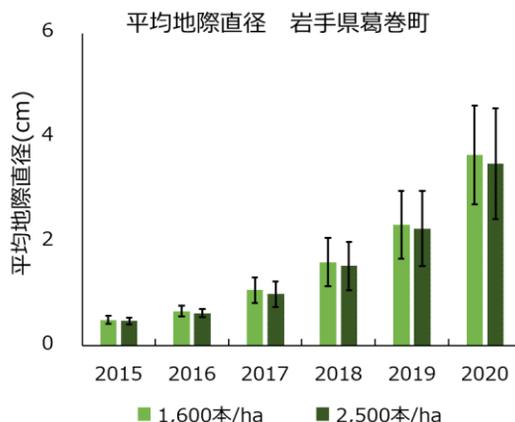
プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
1	1,600	41	3 (幹折れ1・枯れ2)	2 (シカ食1・枯れ1)	0	0	0	5	12.2
2	1,600	40	0	3 (衰弱1・枯れ1・誤伐1)	0	0	0	3	7.5
3	1,600	36	2 (枯れ1・幹折れ1)	1 (誤伐)	1 (誤伐)	0	0	4	11.1
4	2,500	42	1 (枯れ)	2 (梢端折れ)	1 (獣虫害)	0	0	4	9.5
5	2,500	40	1 (枯れ)	4(衰弱1・誤伐1・梢端折れ1・消失1)	2 (枯れ2)	1 (枯れ)	0	8	20.0
6	2,500	36	1 (枯れ)	1 (梢端折れ)	0	0	1 (枯れ)	3	8.3

※プロット2およびプロット5については、試験的に2016年の下刈りを省略している。

3. 植栽木の成長量について



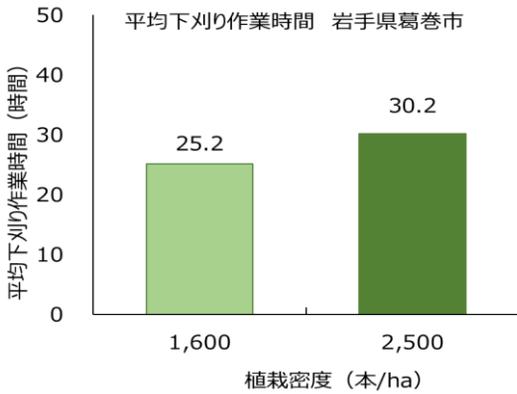
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

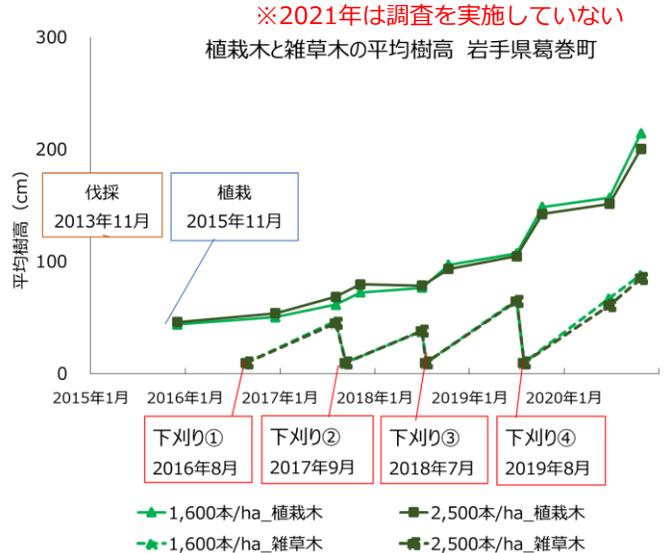
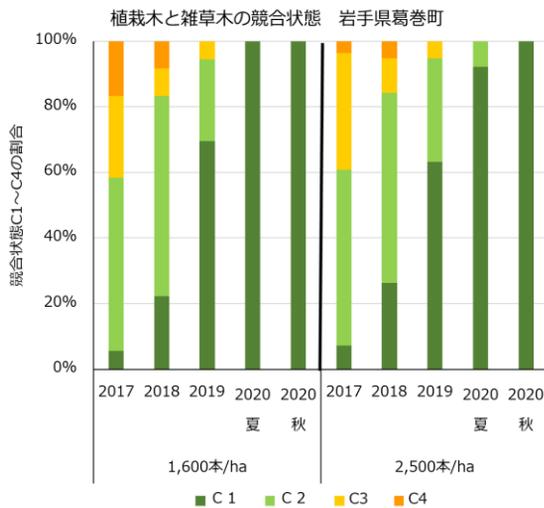
- 活着率は植栽密度間で差が見られず、どの植栽密度も90%以上と高い数値だった。
- 枯死率については、2016年に下刈りを実施しなかったプロット2とプロット5で、2017年の枯死本数が多かった。植栽密度間では大きな差が見られなかった。
- 成長量は植栽密度間で差が見られなかった。
- 以上から、植栽木の初期における生育に植栽密度は影響しなかったといえる。

② 植栽密度と下刈り作業時間



- 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。
- 現場作業員からのヒアリングでは、1,600本/ha区の方が作業がやりやすかったが、植栽間隔よりも地形の影響のほうが大きいとの回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

植栽木と雑草木の平均樹高の比較



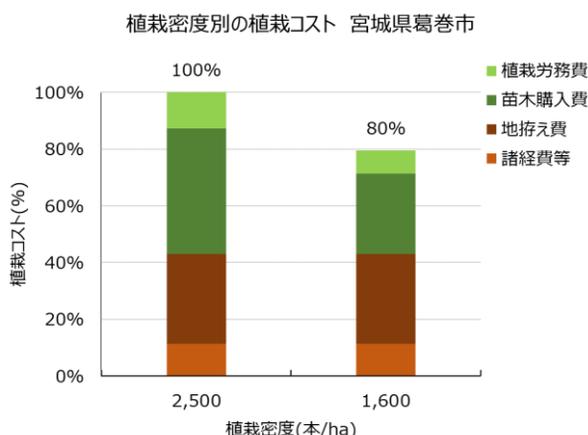
2020年6月撮影

- 競合状態については、2020年夏にはどの植栽密度もC1が9割以上となり、2020年秋にはC1が10割となっており、雑草木の被圧を受けている状況ではない。
- 平均樹高については、どの植栽密度も2020年に植栽木が大きく成長し、雑草木との樹高差は2020年秋の時点で約1.2mまで開いた。また、2020年夏から秋の成長量も、植栽木の方が大きく上回っている。
- 以上より、どの植栽密度も2019年の下刈り(4回目)で終了できたと判断できる。
- なお、森林所有者が不要と判断したため、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 206円



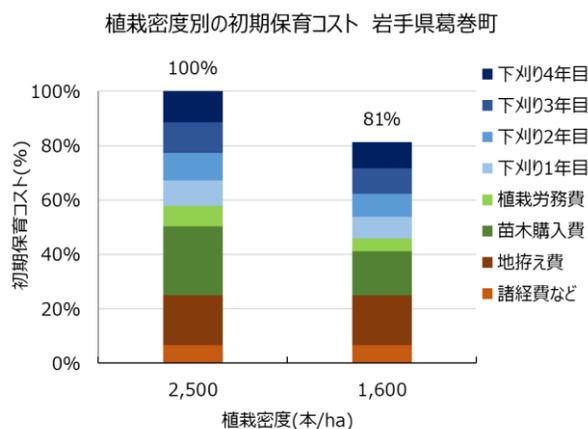
2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 80%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 81%

にコスト削減が可能

岩手県葛巻市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2015年11月に、1,600本/ha、2,500本/haの密度でカラマツを植栽した。 雑草木の植被率は高いが、スゲ類など背丈の低い植物が多い。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 植栽木の初期における生育に、植栽密度間で差は見られなかった。 どの植栽密度も2020年に植栽木が大きく成長し、雑草木との樹高差が大きく開いたため、2019年の下刈り（4回目）で終了できたと判断できる。 2020年と2021年の下刈りは実施されていない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> 植栽翌年の下刈りを試験的に省略したプロットで枯死本数が多くなったことから、カラマツは植栽直後において雑草木による被圧の影響を受けやすいことが考えられる。植栽本数がもともと少ない低密度植栽では、植栽直後の被圧状況に留意する必要がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	無し
年平均気温	11.3℃（一関）	苗木の種類	スギ コンテナ苗 150cc （実生苗）
年降水量	1211.5mm（一関）	前生林種	-
最深積雪	24cm（一関）	伐採年	2012年
標高	100～130m	植栽年月	2015年12月
傾斜	38°	補植年月	2016年10月
斜面方位	NE	一貫 または 通常	通常作業
土壌	乾性褐色森林土～褐色森林土	シカ柵の有無	無し （2016年10月に忌避剤を散布）



試験地

【植生タイプ】

キイチゴ類

落葉広葉樹類

【植被率と主な優占種】

植被率95%以上

クマイチゴ

コゴメウツギ

シダ類（ヘビノネゴザ・ヤマドリゼンマイ）

ススキ



2019年7月撮影



2019年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
90 %以上	90 %以上	90 %以上

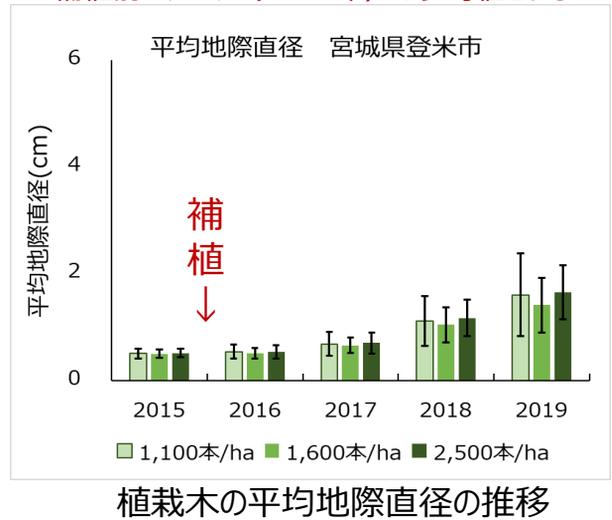
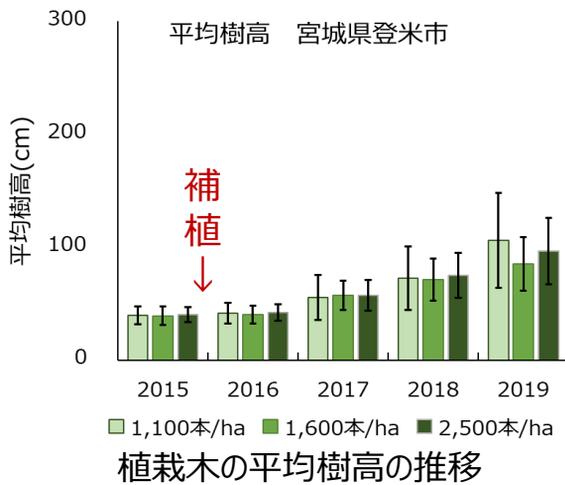
植栽直後に4割近い植栽木が食害を受け枯死
↓
2016年に補植
(左の数値は補植後のデータである)

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

plots	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数(本)					合計	枯死率 (%)
			2016	2017	2018	2019			
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	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	30.6	
3	1,600	35	0	5 (枯れ4・誤伐1)	0	3 (枯れ2・消失1)	8	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	18.4	
5	2,500	34	0	1 (誤伐)	3 (誤伐1・枯れ2)	0	4	11.8	
6	2,500	37	1 (消失1)	0	4 (誤伐2・枯れ2)	2 (枯れ2)	7	18.9	

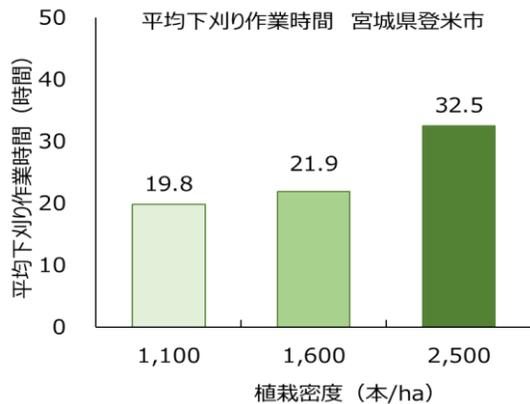
3. 植栽木の成長量について

※補植前のデータ(2015年)は参考値とする



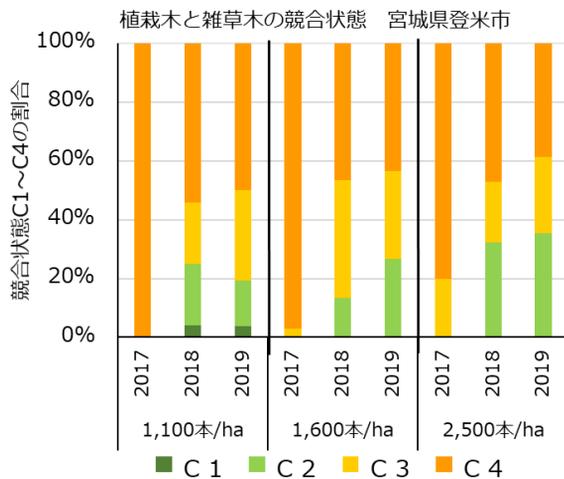
- 植栽直後にウサギによると思われる食害を受け、4割近い植栽木が枯死した。そのため植栽翌年の2016年に補植を実施し、忌避剤を塗布した。
- 枯死率は1,100本/ha区で高かった。ウサギによる食害の発生が一因と考えられる。
- 補植後の植栽木の成長量は、植栽密度間で大きな傾向が見られなかった。

② 植栽密度と下刈り作業時間



- 低密度植栽区で下刈り作業時間が大きく減少する傾向が見られた。
- 現場作業員からのヒアリングでは、「1,100本/ha区の3m間隔だと植栽木が見つけにくく刈りにくいが、植栽木が見えていれば植栽間隔は作業効率に影響しない」という回答や、「2,500本/ha区では苗木が密植されているため、下刈り時に苗木を避ける手間がかかる」との回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

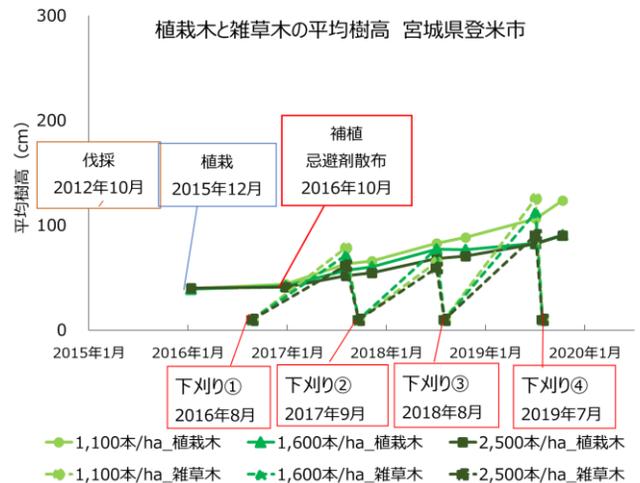


競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化



2019年7月撮影

※2020年、2021年は調査を実施していない



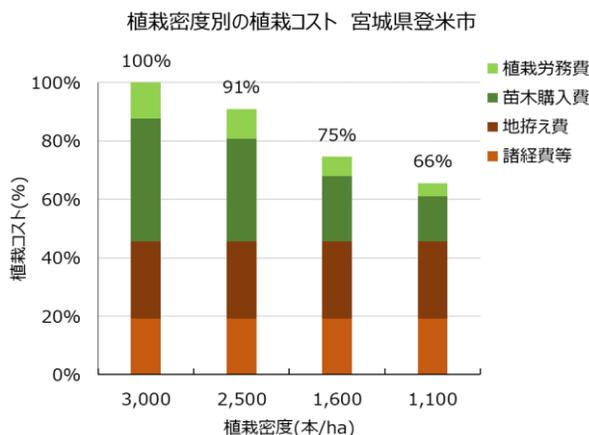
植栽木と雑草木の平均樹高の比較

- 競合状態については、2019年の時点で4~5割の植栽木がC4であり、半分近くが雑草木に被圧されている。
- 平均樹高については、植栽木の成長が良好ではなく、2019年夏の時点で、どの植栽密度もまだ雑草木から抜け出していないような状況ではない。
- 以上より、2019年の下刈り (4回目) の時点では、どの植栽密度もまだ下刈り終了の判断は難しい。
- なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 230円



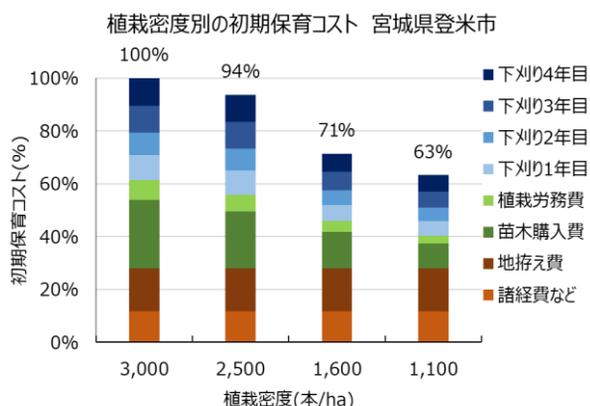
3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 91%
- ・1,600本/ha → 75%
- ・1,100本/ha → 66%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 94%
- ・1,600本/ha → 71%
- ・1,100本/ha → 63%

にコスト削減が可能

宮城県登米市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2015年12月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。
- ・ 急傾斜地であり、クマイチゴなどの雑草木の繁茂が激しい。
- ・ 植栽直後に多くの植栽木がウサギによると思われる食害を受け枯死。植栽翌年の2016年に補植を実施し、忌避剤を塗布した。

調査結果

- ・ 補植後における植栽木の活着率や成長量については、植栽密度間で大きな差は見られなかった。
- ・ 植栽後4年が経過したが、どの植栽密度も未だ雑草木とは競合関係にあり、2019年の下刈り（4回目）の時点では、まだ下刈り終了の判断は難しい。
- ・ 2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

課題など

- ・ 植栽本数がかもともと少ない低密度植栽では、一本一本の獣害被害の影響が大きいことから、従来よりも獣害対策の必要性が大きくなる。

試験地の概要

試験地の概要			
年平均気温	11.4℃ (矢島)	追跡調査	無し
年降水量	2185.5mm (矢島)	苗木の種類	スギ コンテナ苗 150cc (実生苗)
最深積雪	98cm (矢島)	前生林種	-
標高	400~m	伐採年	2015年7-10月
傾斜	0°	植栽年月	2017年11月
斜面方位	-	一貫 または 通常	通常作業
土壌	黒色火山灰土	シカ柵の有無	無し



試験地

【植生タイプ】

シダ植物

ススキ類

【植被率と主な優占種】

植被率90%以上

◎ワラビ

◎ススキ

オオイタドリ

クマイチゴ



2019年7月撮影



2019年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

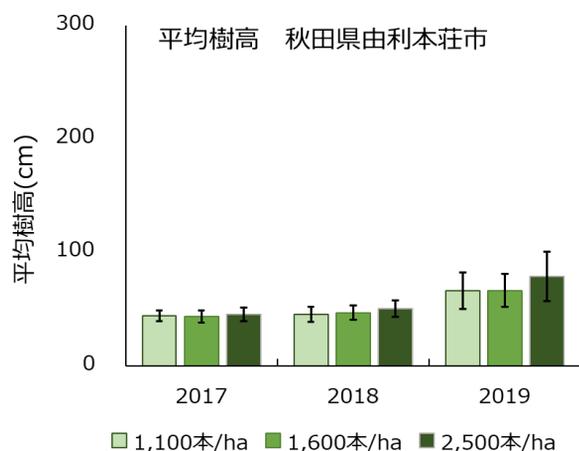
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
50%以下	70%以上	70%以上

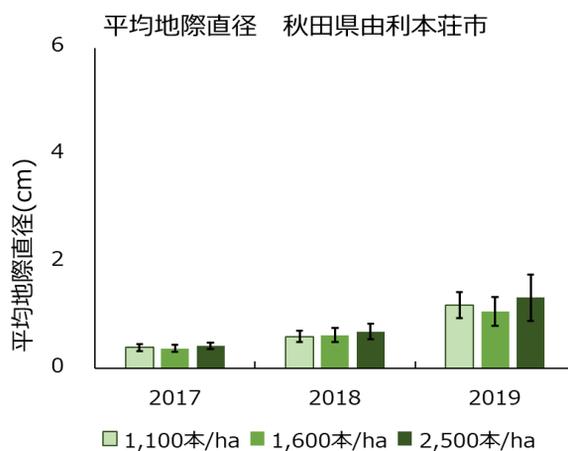
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

ポット	植栽密度 (本/ha)	設定 本数 (本)	枯死本数(本)			枯死率 (%)
			2018	2019	合計	
5	1,100	39	16 (消失14・誤伐1・枯れ1)	7 (枯れ5・消失2)	23	59.0
6	1,100	36	21 (消失14・枯れ7)	4 (消失4)	25	69.4
3	1,600	36	12 (消失6・枯れ5・ウサギ食害1)	7 (消失4・枯れ3)	19	52.8
4	1,600	36	8 (消失5・枯れ3)	1 (消失)	9	25.0
1	2,500	36	7 (消失6・枯れ1)	2 (消失1・枯れ1)	9	25.0
2	2,500	36	11 (枯れ8・消失3)	4 (消失4)	15	41.7

3. 植栽木の成長量について



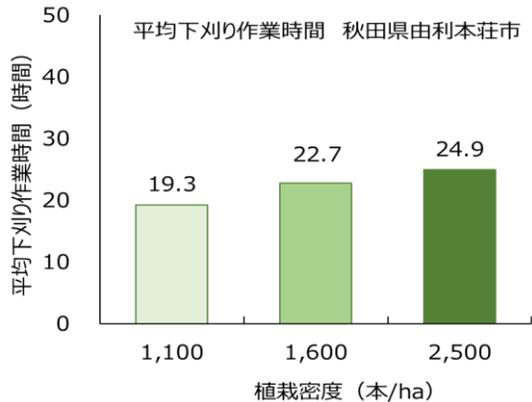
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

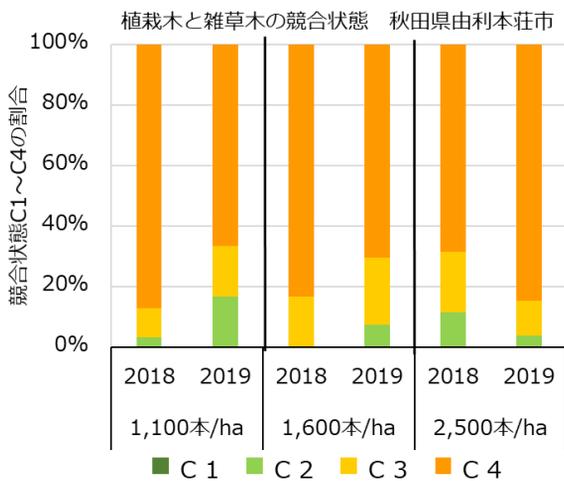
- 活着率は1,100本/ha区で60%以下と低くなった。植栽密度自体が影響したとは考えにくく、ススキやワラビなどの雑草木による被圧などが要因の一つと考えられる。
- 枯死率は1,100本/ha区で高かった。これについても活着率と同様に、雑草木の被圧が要因の一つと考えられる。
- 成長量は植栽密度間で大きな差が見られなかった。

② 植栽密度と下刈り作業時間

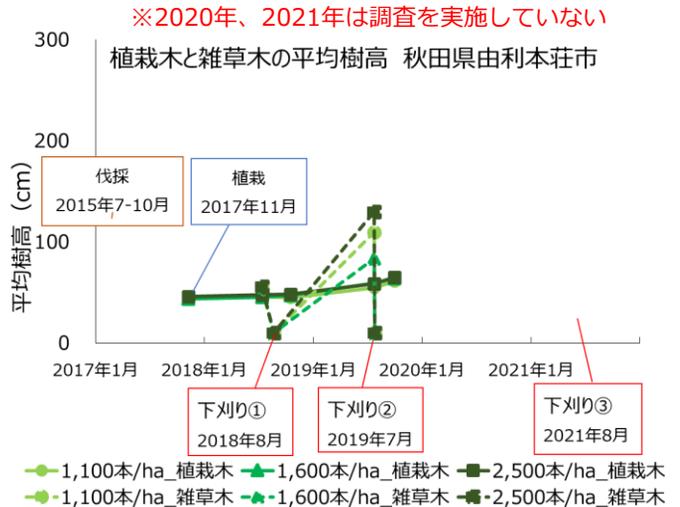


- 低密度植栽区で、下刈り作業時間が減少する傾向が見られた。
- 現場作業員からのヒアリングでは、植栽間隔が2m以下など狭いと刈りにくく、ある程度間隔が広い方が作業しやすいとの回答があった。
- また、地ごしらえをしていないと地面に枝条が散乱し、地際で刈れないとの意見や、平らな場所だと刈った草がどこにも逃せないため作業しにくいという回答もあった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1~C4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



2019年7月撮影

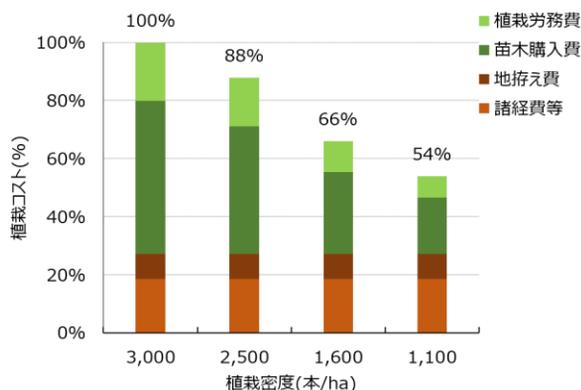
- 本試験地は全体にススキやワラビが密生して植栽木が強く被圧されており、植栽木の成長は良好ではない。
- 競合状態については、2019年の時点での植栽密度も植栽木の6割~8割以上がC4であり、雑草木に被圧されている。
- 平均樹高については、2019年夏の時点での植栽密度も植栽木の平均樹高が雑草木を下回っており、競合関係から抜け出していないことが分かる。
- 以上より、2019年の下刈り(2回目)の時点では、どの植栽密度もまだ下刈り終了の判断は難しい。
- なお、2020年は下刈りが実施されなかったが、2021年に3回目の下刈りが実施された。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 200円

植栽密度別の植栽コスト 秋田県由利本荘市



3,000本/haと比較して・・・

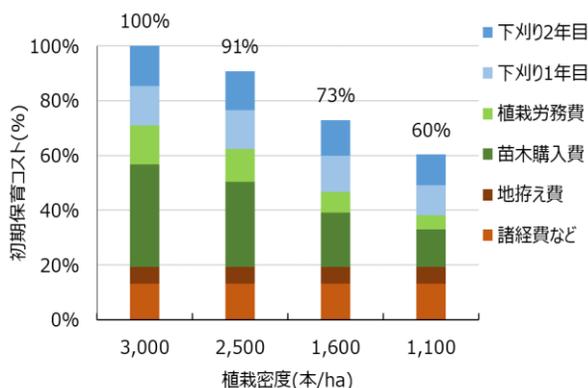
- ・2,500本/ha → 88%
- ・1,600本/ha → 66%
- ・1,100本/ha → 54%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後2年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。

植栽密度別の初期保育コスト 秋田県由利本荘市



3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 91%
- ・1,600本/ha → 73%
- ・1,100本/ha → 60%

にコスト削減が可能

秋田県由利本荘市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2017年11月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。 ・ 平坦地であり、ススキやワラビが優占し雑草木の繁茂が旺盛である。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1,100本/ha区で活着率が低く、枯死率が高かった。植栽密度による影響とは考えにくく、雑草木の繁茂状況などが要因として考えられる。 ・ ススキやワラビなどの雑草木が密生して植栽木が強く被圧されており、2019年の下刈り（2回目）の時点では、どの植栽密度もまだ下刈り終了の判断は難しい。 ・ 2020年は下刈りが実施されなかったが、2021年に3回目の下刈りが実施された。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> ・ ススキやワラビが密生する立地では、植栽木に強い被圧効果を与える可能性がある。 ・ 低密度植栽では従来より植栽本数が少ないため、植栽木が雑草木を草丈を抜けるまで、被圧による成長不良や枯死に対して注意が必要である。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2021年
年平均気温	12.8℃	苗木の種類	ヒノキ コンテナ苗 150cc (実生苗)
年降水量	1455.7mm	前生林種	ヒノキ林・スギ林
標高	260~310m	伐採年	2014年
傾斜	10~25°	植栽年月	2016年10-11月
斜面方位	N~S	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



【植生タイプ】

ススキ類

キイチゴ類

【植被率と主な優占種】

植被率80~100%

◎ススキ

◎クマイチゴ

アズマネザサ

アカメガシワ

タケニグサ



2021年7月撮影



2021年12月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

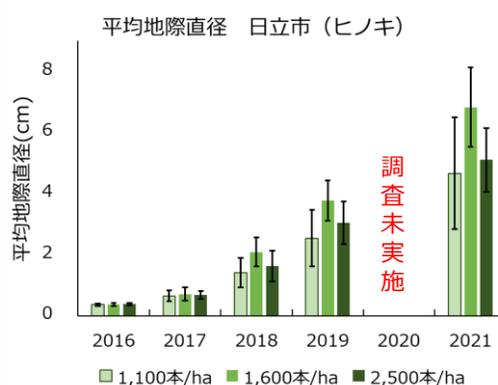
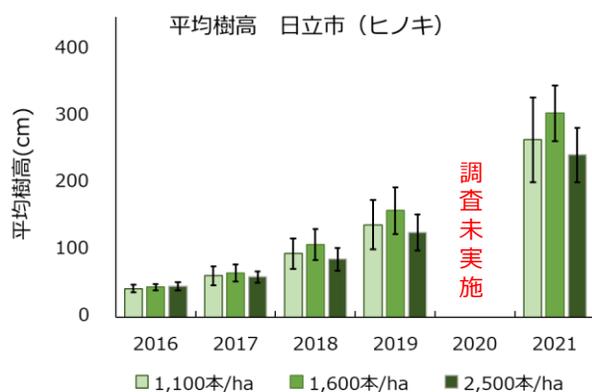
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
80%以上	70%以上	60%以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数 (本)					合計	枯死率 (%)
			2017	2018	2019	2020	2021		
1	1,100	36	1 (誤伐)	2 (誤伐1・ウサギ食害1)	1 (誤伐)	調査未実施	2 (誤伐2)	6	16.7
2	1,100	35	7 (枯れ6・誤伐1)	2 (獣虫害1・消失1)	3 (獣虫害2・消失1)		0	12	34.3
7	1,100	36	17 (消失10・枯れ6・誤伐1)	1 (枯れ)	2 (消失1・ウサギ食害1)		5 (誤伐5)	25	69.4
8	1,100	16	0	3 (枯れ2・誤伐1)	0		0	3	18.8
3	1,600	42	5 (枯れ3・誤伐2)	0	3 (誤伐2・枯れ1)		0	8	19.0
4	1,600	36	14 (誤伐9・枯れ5)	8 (獣虫害3・枯れ2・消失2・誤伐1)	10 (ウサギ食害6・誤伐3・消失1)		1 (消失)	33	91.7
5	2,500	36	7 (枯れ4・消失2・誤伐1)	0	0		1 (誤伐)	8	22.2
6	2,500	36	17 (消失10・枯れ6・誤伐1)	3 (誤伐2・消失1)	2 (誤伐2)		5 (誤伐3・獣虫害1・枯れ1)	27	75.0

3. 植栽木の成長量について

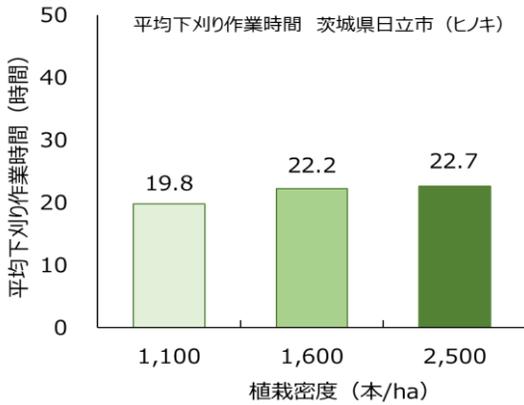


植栽木の平均樹高の推移

植栽木の平均地際直径の推移

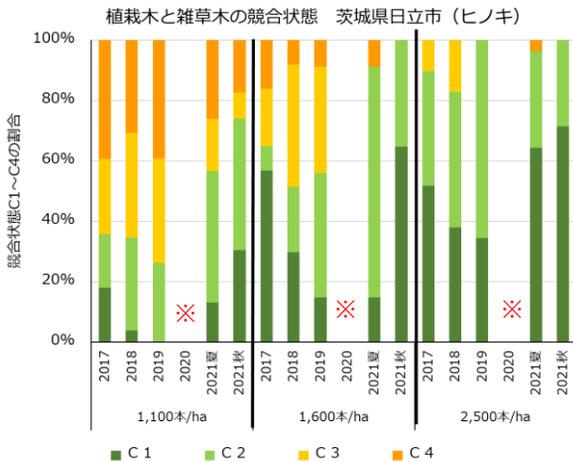
- 活着率、枯死率、成長量ともに植栽密度間やプロット間で差が見られるが、本試験地は場所によって立地環境や雑草木の繁茂状況が異なるため、植栽密度よりもそれらの要因の影響が考えられる。
- 特に北向き斜面の下方に位置するプロット4・6・7で、枯死率が非常に高くなっている。

② 植栽密度と下刈り作業時間



- 1,100本/ha区で僅かに減少しているが、全体として植栽密度による影響はほとんど見られなかった。
- 現場作業員からのヒアリングでは、タケノグサやオオアレチノギクなどの背丈の高い雑草が密生していると、植栽木の成長や下刈り作業の効率に強い悪影響を与えるとの回答があった。
- つる植物の繁茂状況によっても作業効率が大きく変化するというコメントがあった。

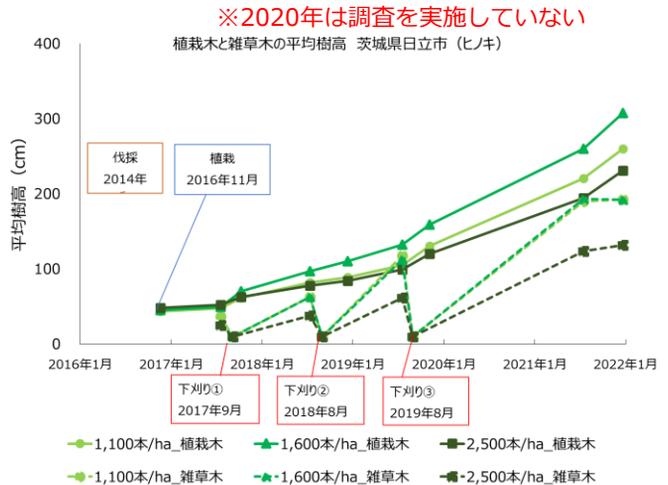
③ 植栽木と雑草木の競合関係



競合状態（C1～C4）の経年変化



2021年7月撮影



植栽木と雑草木の平均樹高の比較

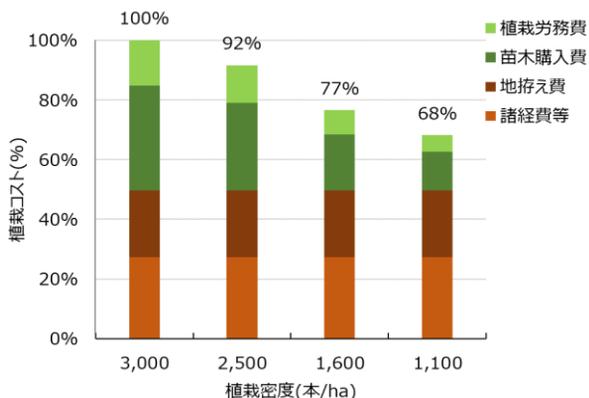
- 競合状態については、背丈が低いアズマネザサが優占する2,500本/ha区や、植栽木の成長が良い1,600本/haでは、2021年秋にはC1 + C2が10割となっている。
- 一方で1,100本/ha区では、2021年秋時点でC3 + C4の割合が2割を超えている。植栽翌年の2017年時点で既に1,100本/ha区のC4の割合が高いことから、元々雑草木が繁茂しやすい立地環境であったことが影響している。
- 平均樹高については、どの植栽密度も2021年における雑草木の成長がほぼ横ばいになっている。今後は植栽木と雑草木の樹高差が開いていくと考えられるため、どの植栽密度も2019年の3回目下刈りで終了できたと判断できる。
- なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 175円

植栽密度別の植栽コスト 茨城県日立市（ヒノキ）



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 92%

・1,600本/ha → 77%

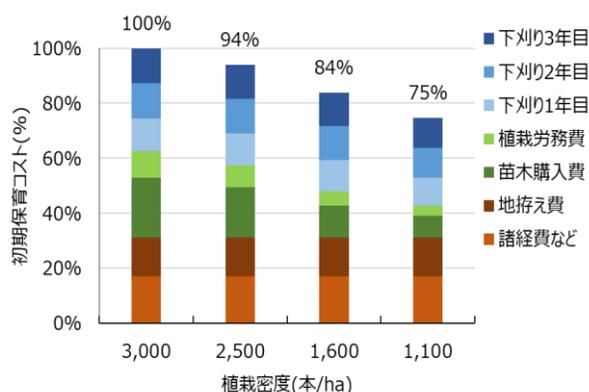
・1,100本/ha → 68%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。

植栽密度別の初期保育コスト 茨城県日立市（ヒノキ）



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 94%

・1,600本/ha → 84%

・1,100本/ha → 75%

にコスト削減が可能

茨城県日立市（ヒノキ）まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2016年の10月・11月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でヒノキを植栽した。
- ・ 基本的にススキやクマイチゴなどが優占しているが、場所によってはアズマネザサやタケノグサが密生しているなど、立地により植生の差が激しい。

調査結果

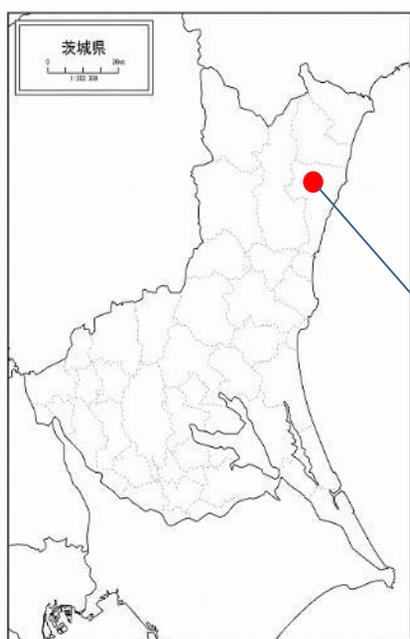
- ・ 活着率、枯死率、成長量ともに差が出たが、植栽密度ではなく立地環境や雑草木の繁茂状況の違いによる影響と考えられる。
- ・ 2021年の時点で雑草木の成長がほぼ横ばいとなっており、今後は植栽木と雑草木の樹高差が開いていくと考えられる。以上より、どの植栽密度も2019年の3回目の下刈りで終了できたと判断できる。
- ・ 2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

課題など

- ・ 雑草木の繁茂状況によっては、植栽木の生存率が大きく低下する可能性がある。低密度植栽では元々の植栽本数が少ないため、雑草木の繁茂状況に常に注意を払う必要がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2021年
年平均気温	11.9℃	苗木の種類	スギ コンテナ苗 150cc (実生苗)
年降水量	1455.7mm	前生林種	ヒノキ林・スギ林
標高	400～450m	伐採年	2016年6月
傾斜	20～25°	植栽年月	2016年10月
斜面方位	NW	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



試験地

【植生タイプ】

キイチゴ類

【植被率と主な優占種】

植被率80～100%

◎モミジイチゴ

ススキ

アカメガシワ

ヤマウルシ

ヒサカキ



2021年7月撮影



2021年12月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

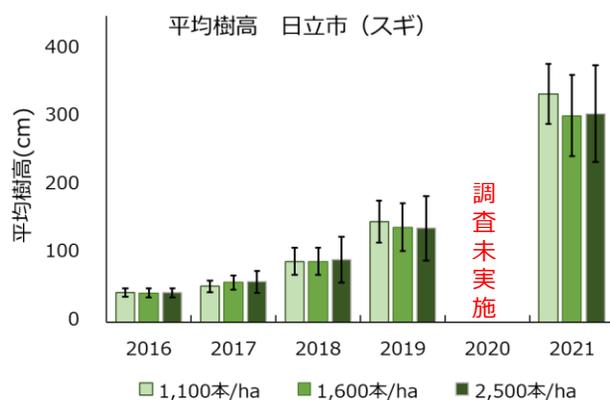
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
80%以上	80%以上	80%以上

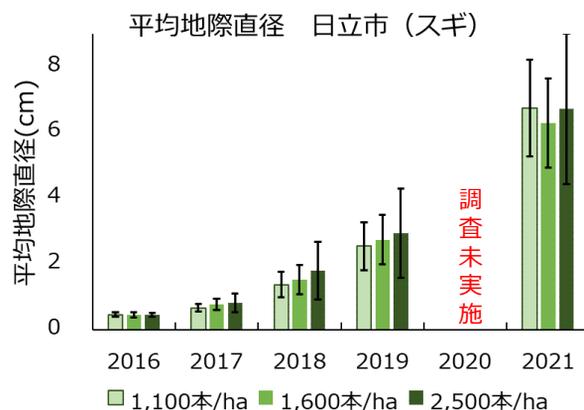
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数 (本)						合計	枯死率 (%)
			2017	2018	2019	2020	2021			
1	1,100	39	3 (枯れ3)	2 (消失2)	5 (誤伐4・枯れ1)	調査未実施	1 (折れ)	11	28.2	
2	1,100	41	6 (誤伐4・枯れ2)	2 (枯れ1・消失1)	3 (誤伐2・枯れ1)		1 (消失)	12	29.3	
3	1,600	35	2 (消失1・枯れ1)	0	3 (消失2・誤伐1)		5 (誤伐4・枯れ1)	10	28.6	
4	1,600	36	8 (消失4・誤伐1・枯れ3)	0	3 (誤伐2・消失1)		4 (誤伐3・折れ1)	15	41.7	
5	2,500	36	11 (誤伐3・枯れ7・消失1)	0	0		1 (誤伐)	12	33.3	
6	2,500	36	0	2 (誤伐2)	3 (ウサギ食害1・消失1・枯れ1)		0	5	13.9	

3. 植栽木の成長量について



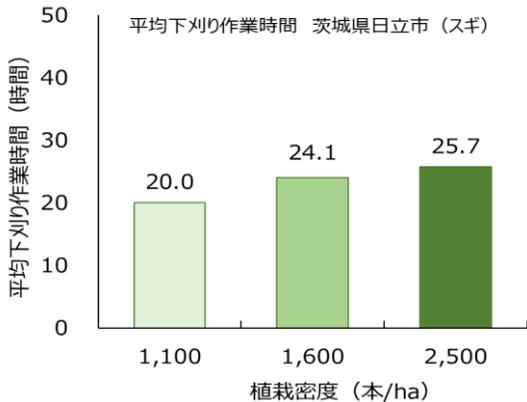
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

- 活着率や成長量について、いずれも植栽密度間で大きな差が見られなかった。このことから、植栽木の初期における生育に植栽密度は影響しなかったといえる。
- 枯死率についてはプロット間で差が生じているが、雑草木の繁茂が激しい場所で誤伐が多く発生していたことが一因と考えられる。

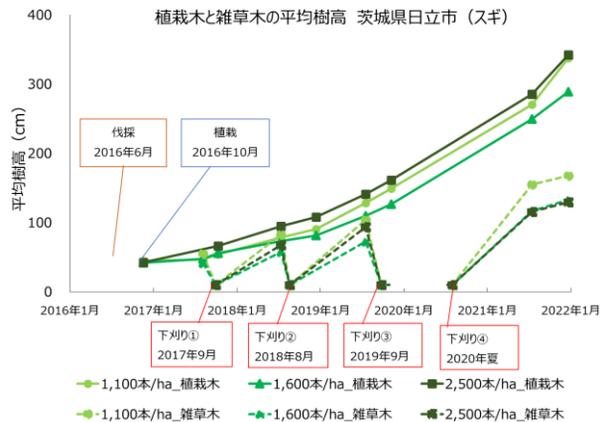
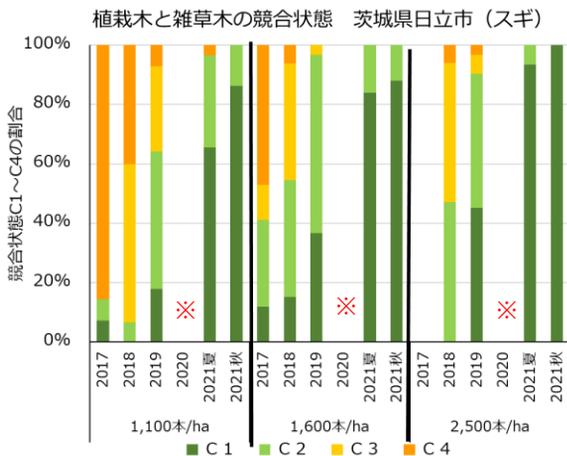
② 植栽密度と下刈り作業時間



- 低密度植栽区ほど下刈り作業時間が減少する傾向が見られた。
- 現場作業員からのヒアリングでは、1,100本/ha区は植栽間隔が空きすぎて次の苗が把握しづらいとの回答があった。ただし、実際の作業効率率は左図の通り、1,100本/haが最も良くなった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

※2017年の2,500本/ha区、2020年は調査を実施していない。



競合状態（C1～C4）の経年変化



2021年7月撮影

植栽木と雑草木の平均樹高の比較

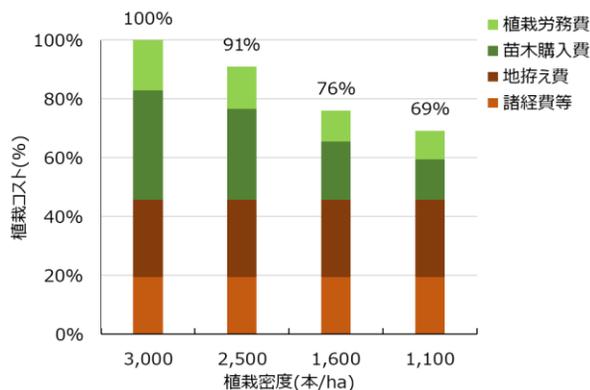
- 競合状態については、2021年秋の時点でどの植栽密度もC1 + C2が10割となっている。
- 平均樹高については、どの植栽密度も2021年秋の時点で植栽木が雑草木から抜け出し始めており、樹高の差はいずれも1.5m以上開いている。
- 以上より、どの植栽密度も2020年の4回目の下刈りで終了できたと判断できる。
- なお、2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 165円

植栽密度別の植栽コスト 茨城県日立市（スギ）



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 91%

・1,600本/ha → 76%

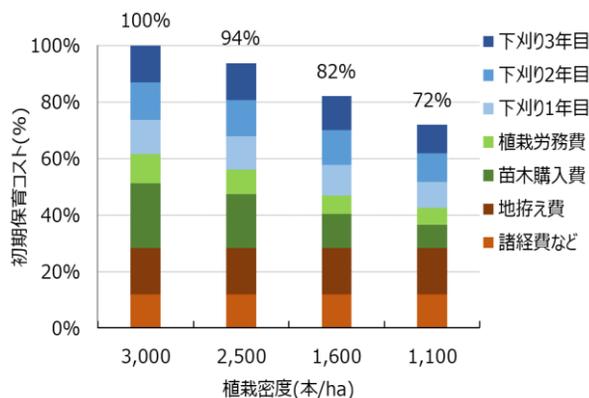
・1,100本/ha → 69%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。

植栽密度別の初期保育コスト 茨城県日立市（スギ）



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 94%

・1,600本/ha → 82%

・1,100本/ha → 72%

にコスト削減が可能

茨城県日立市（スギ）まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2016年10月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。
- ・ 傾斜地であり、モミジチゴが優占しススキが混生している。

調査結果

- ・ 植栽密度による初期の生育状況への影響は見られない。
- ・ 2021年秋の時点で、どの植栽密度も植栽木と雑草木の樹高差が1.5m以上開いており、また植栽木の成長量の方が大きい。以上より、どの植栽密度も2020年の4回目の下刈りで終了できたと判断できる。
- ・ 2021年の下刈りは実施されていない。

課題など

- ・ ススキやキイチゴ類などが密生している場所では、植栽木の視認性が低くなることにより誤伐の危険性が高まる恐れがある。低密度植栽では一本一本をより大切に保育していくことが重要であり、植栽木に目印をつけておくなどの対策を考える必要がある。

試験地の概要

試験地の概要			
年平均気温	10.6℃（富山）	追跡調査	2021年
年降水量	3020.7mm（富山）	苗木の種類	無花粉スギ Mスターコンテナ苗300～400cc
最深積雪	62cm（富山）	前生林種	—
標高	500～550m	伐採年	2016年4-6月
傾斜	15～25°	植栽年月	2017年12月
斜面方位	NW	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



【植生タイプ】

ススキ類

キイチゴ類

【植被率と主な優占種】

植被率95%以上

◎ススキ

◎モミジイチゴ

ヒヨドリバナ



2021年6月撮影



2021年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

1. 植栽木の活着率について

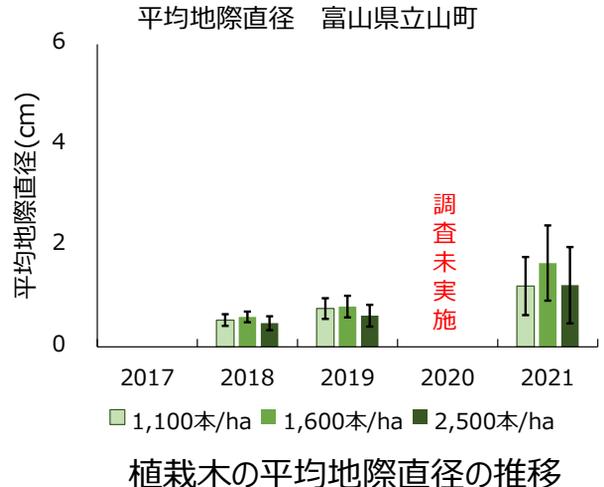
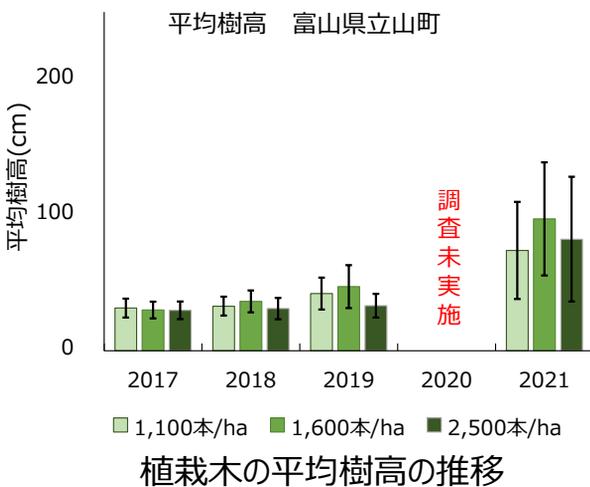
1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
100%	90%以上	90%以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数 (本)					枯死率 (%)
			2018	2019	2020	2021	合計	
1	1,100	36	0	1 (消失)	調査未実施	4 (消失2・誤伐1・主幹折れ1)	5	13.9
2	1,100	36	0	2 (枯れ2)		21 (消失9・獣虫害6・誤伐3・先枯れ1・先折れ1・枯れ1)	23	63.9
3	1,600	35	0	1 (枯れ)		1 (誤伐)	2	5.7
4	1,600	35	1 (根抜け)	1 (誤伐)		4 (消失2・誤伐1・先枯れ1)	6	17.1
5	2,500	39	0	0		8 (誤伐3・消失2・獣虫害1・主幹折れ1・下敷き1)	8	20.5
6	2,500	34	4 (枯れ3・根抜け1)	4 (枯れ4)		3 (消失2・先折れ1)	11	32.4

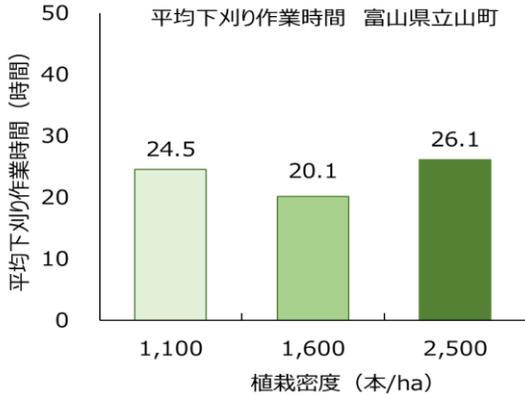
3. 植栽木の成長量について

※2017年は積雪のため地際直径を計測できなかった。



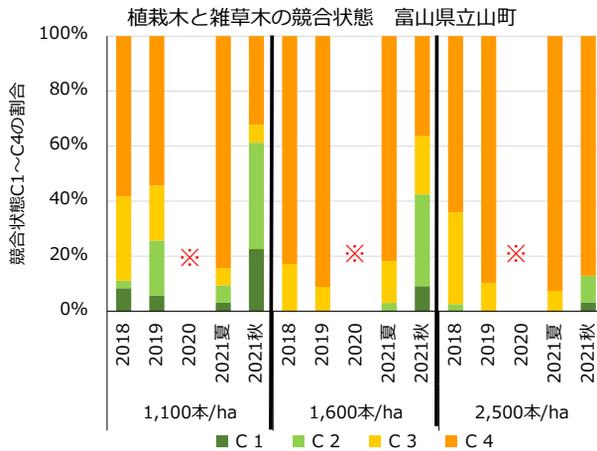
- 活着率は植栽密度間で差が見られず、どの植栽密度も90%以上だった。
- 2021年に、特に1,100本/ha区のプロット2で非常に多くの枯死・消失が確認された。雑草木による被圧やシカによる食害、雑草木に埋もれて視認しにくかったことによる誤伐の発生等、様々な要因が考えられる。
- 成長量は、1,600本/haで最も大きくなった。ただし、どの植栽密度も成長量が非常に低い。上記のように、雑草木の被圧やシカによる食害等が影響していると考えられる。

② 植栽密度と下刈り作業時間

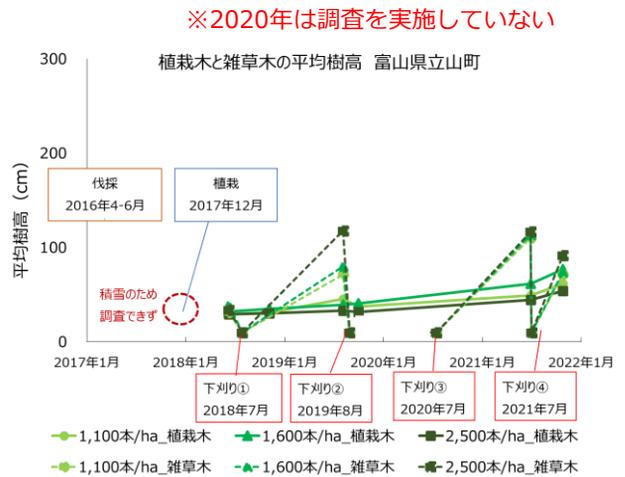


- 1,600本/ha区で作業時間が大きく減少しているものの、植栽密度と下刈り作業時間の間に特に傾向は見られなかった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



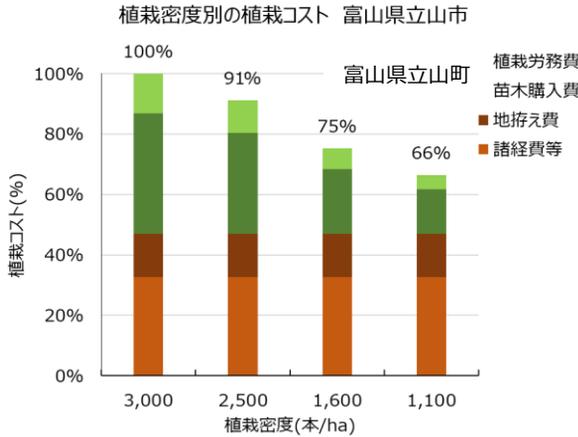
2021年6月撮影

- 競合状態については、どの植栽密度も2021年夏（下刈り前）の時点で8割以上がC4であり、ほとんどの植栽木が雑草木に埋もれて被圧されている状況だった。
- 平均樹高については、植栽木がほとんど成長しておらず、2021年夏の時点で未だに雑草木の樹高が上回っていることが分かる。
- 以上より、2021年の下刈り（4回目）の時点では、どの植栽密度もまだ下刈りは終了できない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 370円



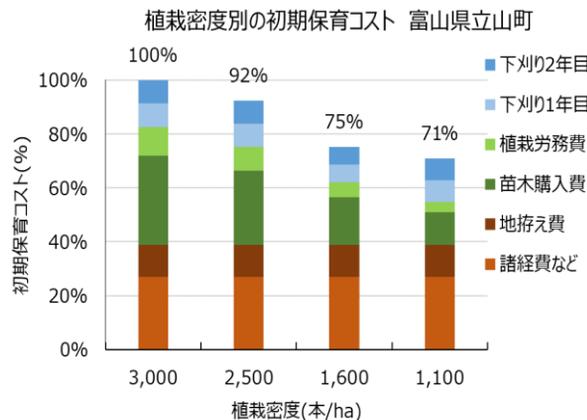
3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 91%
- ・1,600本/ha → 75%
- ・1,100本/ha → 66%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後2年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 92%
- ・1,600本/ha → 75%
- ・1,100本/ha → 71%

にコスト削減が可能

富山県立山町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2017年12月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。 ・ ススキの他にキイチゴ類が優占し、雑草木の植被率は高い。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2021年の調査で、1,100本/ha区のプロット2で多くの植栽木が枯死・消失している状況が確認された。要因として、雑草木の被圧やシカによる食害等が考えられる。 ・ 2021年の時点ではまだ多くの植栽木がC4であり、雑草木に埋もれている状況である。2021年の4回目の下刈りの時点では、どの植栽密度もまだ下刈りの終了はできない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> ・ 今回使用した無花粉スギは、通常のスギコンテナ苗と比較して苗木購入費が多くかった。その分、低密度植栽によるコスト削減効果は大きく、3,000本/ha区と比較してヘクタールあたりの植栽時のコストを66%まで削減できた。

試験地の概要

試験地の概要

年平均気温	8.0℃（長滝）	追跡調査	2021年
年降水量	3075.2mm（長滝）	苗木の種類	カラマツ コンテナ苗 150cc （実生苗）
最深積雪	97cm（長滝）	前生林種	スギ林
標高	1020～1040m	伐採年	2016年1-9月
傾斜	0～10°	植栽年月	2016年10月
斜面方位	S	一貫 または 通常	一貫作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	有り



試験地

【植生タイプ】

スゲ類

シダ植物

【植被率と主な優占種】

植被率90%以上

◎スゲSp.

◎ワラビ

ススキ



2021年6月撮影



2021年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

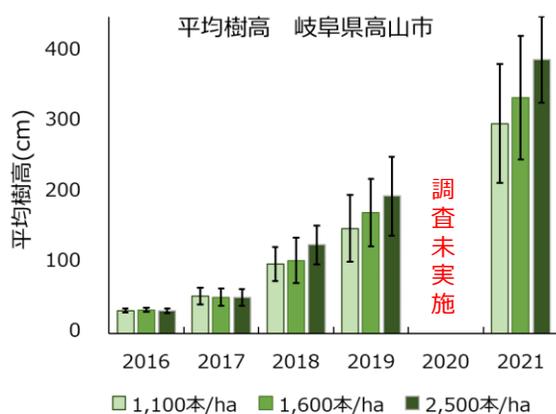
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
90%以上	90%以上	100%

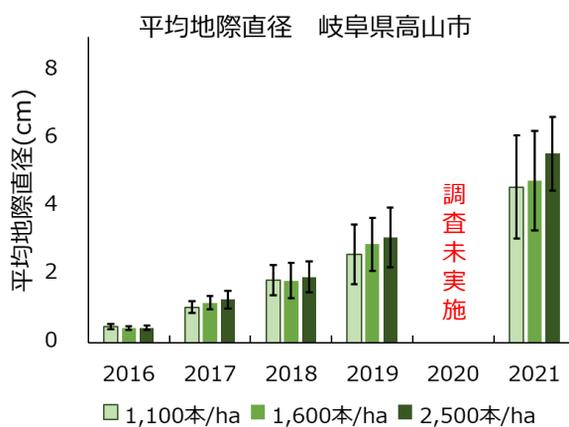
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数 (本)					合計	枯死率 (%)
			2017	2018	2019	2020	2021		
1	1,100	36	4 (枯れ3・消失1)	17 (枯れ13・獣虫害2・消失2)	3 (消失3)	調査未実施	3 (誤伐1・シカ皮剥ぎ1・枯れ1)	27	75.0
2	1,100	36	0	14 (枯れ11・消失3)	1 (枯れ)		6 (消失3・誤伐1・主幹折れ1・枯れ1)	21	58.3
3	1,600	35	4 (枯れ2・食害1・先端切れ1)	7 (消失5・枯れ2)	11 (消失10・枯れ1)		0	22	62.9
4	1,600	36	データ無	10 (枯れ4・獣虫害3・消失3)	0		0	10	27.8
5	2,500	36	0	15 (枯れ15)	6 (消失6)		1 (先枯れ)	22	61.1
6	2,500	36	データ無	5 (枯れ3・消失2)	0		6 (消失1・誤伐3・枯れ2)	11	30.6

3. 植栽の成長量について



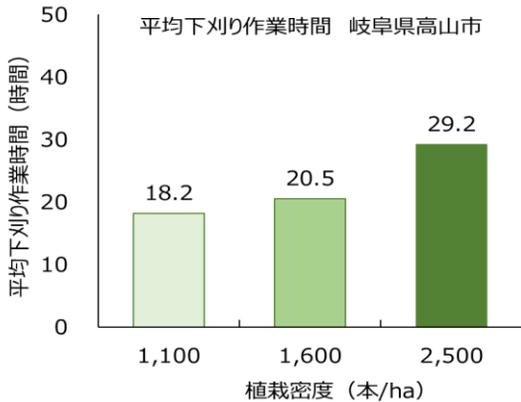
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

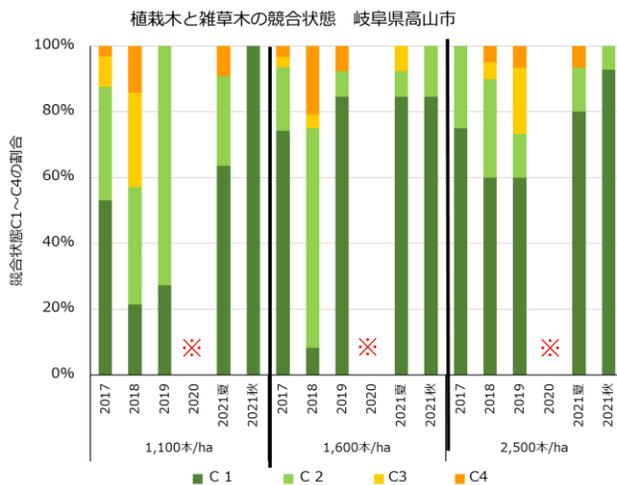
- 活着率は植栽密度間で大きな差が見られず、90～100%と高い値を示した。
- 2018年に多くの枯死が発生した。植栽実施者からは降雨が少なかったことによる乾燥の影響を指摘されたほか、2018年にシカの侵入により隣接していたヒノキ植栽地が甚大な被害を受けており、本試験地もシカの食害による影響を受けたと考えられる。
- 成長量は低密度植栽区ほど小さくなった。枯死が多く発生した2018年以降にその傾向が見られることから、枯死率と同様にシカによる被害等の影響が考えられる。

②植栽密度と下刈り作業時間



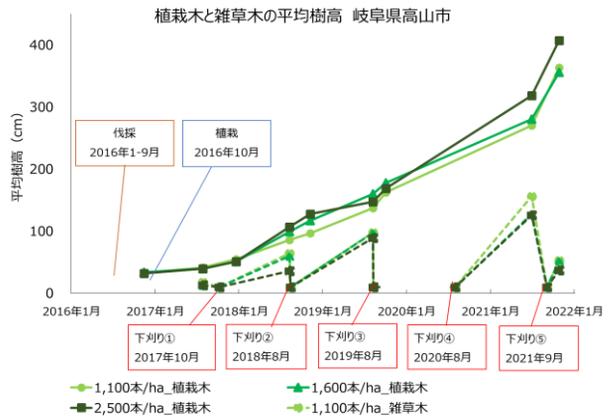
- 低密度植栽区で下刈り作業時間が大きく減少した。
- 現場作業員からのヒアリングでは、植栽間隔が広いと刈払機を振れる幅が広くて楽に感じたという回答や、1,100本/ha区と1,600本/ha区の差はあまり感じなかったが、その2つと2,500本/ha区との差は感じたとの回答があった。

③植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

※2020年は調査を実施していない



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



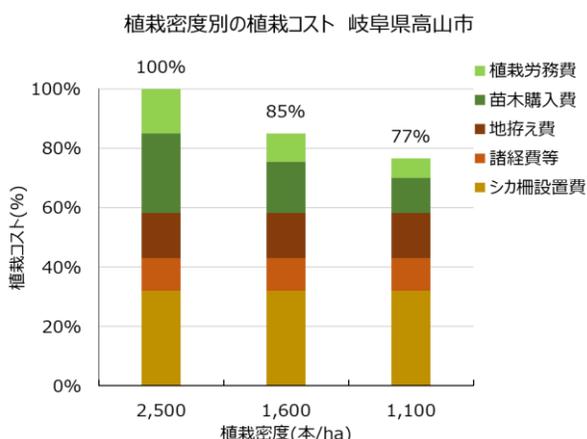
2021年6月撮影

- 競合状態については、2021年夏（下刈り前）の時点でどの植栽密度もC1+C2が9割を超えている。2021年に5回目の下刈りが実施されているものの、必ずしも必要でなかったといえる。
- 平均樹高については、どの植栽密度も植栽木が雑草木から大きく抜け出しており、2021年夏の時点で雑草木との樹高差は1m以上開いている。今後も下刈りの必要はないといえる。
- 以上より、どの植栽密度も2020年の4回目の下刈りで終了できたと判断できる。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 230円



2,500本/haと比較して・・・

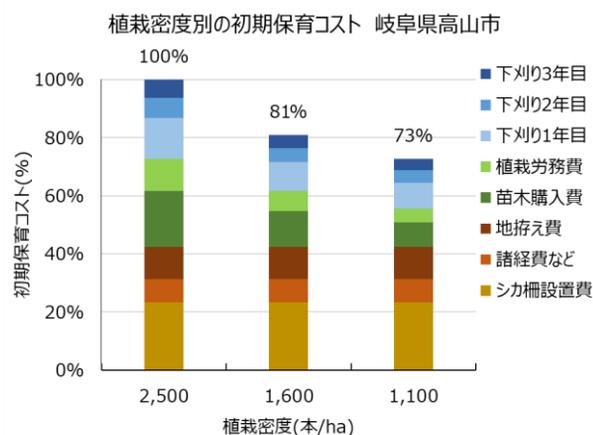
・1,600本/ha → 85%

・1,100本/ha → 77%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



2,500本/haと比較して・・・

・1,600本/ha → 81%

・1,100本/ha → 73%

にコスト削減が可能

岐阜県高山市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2016年10月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でカラマツを植栽した。 平坦地であり、背丈の低いスゲ類やススキ、ワラビ等が優占している。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 2018年に多くの植栽木が枯死したが、降雨が少なかったことによる乾燥の影響やシカによる食害の影響が考えられる。 2021年の下刈り前の時点で、どの植栽密度もC1 + C2が9割を超えている。2021年にも下刈り（5回目）は実施されているが、どの植栽密度も2020年の4回目の下刈りで終了できたと判断できる。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> どの植栽密度も枯死率が高かった。低密度植栽では枯死率の高さが成林するかどうか直結するため、シカやノウサギ等が良く見られる場所では獣害対策を念入りに実施する必要がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	無し
年平均気温	15.7℃ (南伊勢)	苗木の種類	ヒノキ コンテナ苗 150cc (実生苗)
年降水量	2261.6mm (南伊勢)	前生林種	-
標高	170~240m	伐採年	2005年10月
傾斜	36~46°	植栽年月	2016年2月
斜面方位	N/NW/S	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	有り



試験地

【植生タイプ】

ススキ類

【植被率と主な優占種】

植被率90%

◎ススキ

ナガバモミジイチゴ

タケニグサ



2019年7月撮影



2019年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

1. 植栽木の活着率について

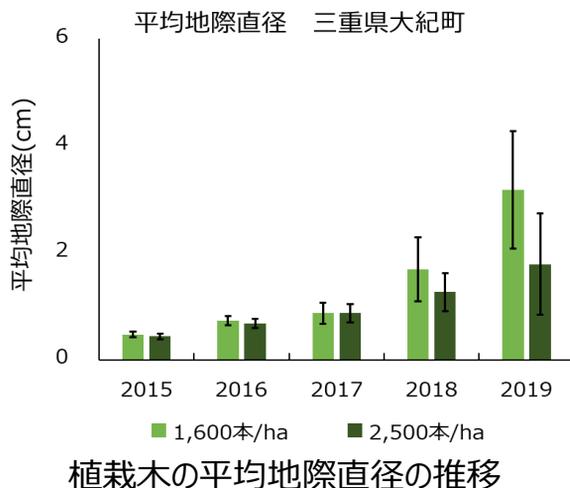
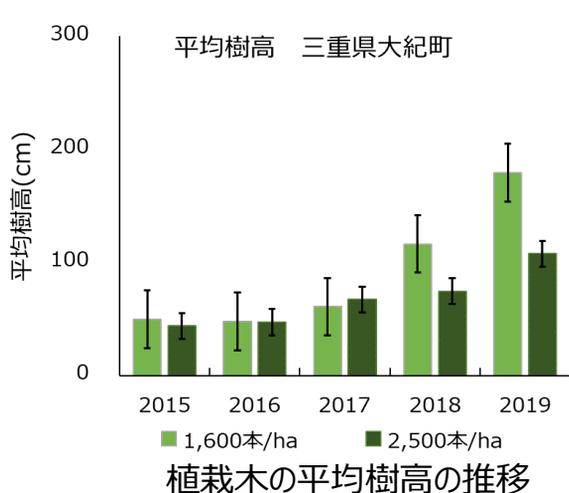
1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
-	90 %以上	90 %以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数(本)					合計	枯死率 (%)
			2016	2017	2018	2019			
1	1,600	36	1 (枯れ)	0	0	3 (シカ食害3)	4	11.1	
2	1,600	40	4 (枯れ4)	7 (枯れ6・消失1)	7 (枯れ4・消失3)	3 (シカ食害3)	21	52.5	
3	1,600	31	2 (枯れ2)	1 (枯れ1)	3 (枯れ2・消失1)	1 (シカ食害)	7	22.6	
4	2,500	37	1 (枯れ1)	1 (枯れ1)	0	1 (枯れ)	3	8.1	
5	2,500	36	0	0	2 (シカ食害1・枯れ1)	0	2	5.6	

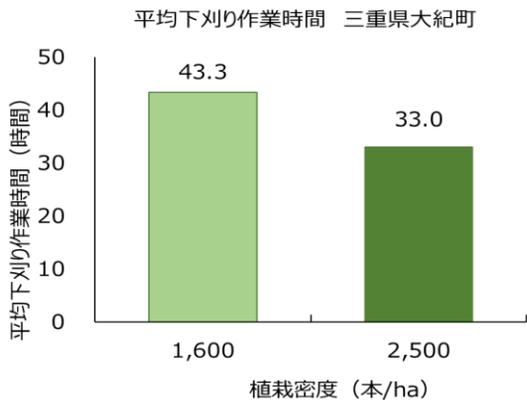
※プロット2およびプロット5は、試験的に2016年の下刈りを実施しなかった。

3. 植栽木の成長量について



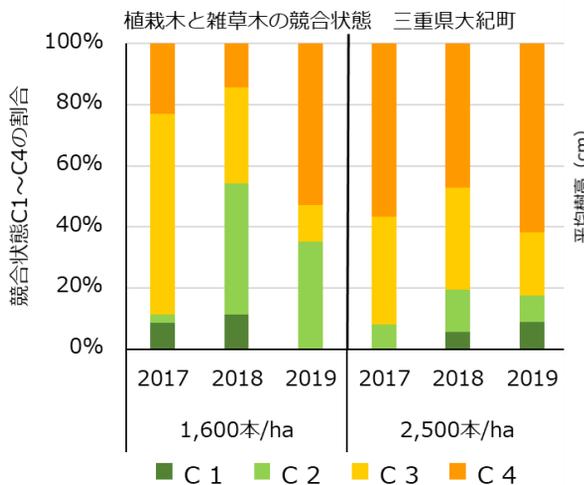
- 活着率は植栽密度間で大きな差が見られなかった。
- 枯死率については、2016年の下刈りを省略したプロット2でススキが繁茂し、多くの植栽木が枯死した。同じく2016年の下刈りを省略したプロット5は枯死が少なかったが、比較的ススキの繁茂が少なかったためと考えられる。
- 成長量は植栽密度間で大きな差が出たが、これは斜面方位の違い（1,600本/ha区は南～南南東向き斜面、2,500本/ha区は北向き斜面）による影響が大きく出たと考えられる。なお、本試験地は大半の植栽木がシカによる食害を受けており、成長量についてはあくまで参考データとする。

② 植栽密度と下刈り作業時間



- 低密度植栽区のほうが作業時間が長くなる結果となった。
- 低密度植栽区である1,600本/ha区で時間がかかった理由としては、現場作業員へのヒアリングから、地形が入り組んでいたことやススキが繁茂して刈りにくかったことが原因であったとの回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

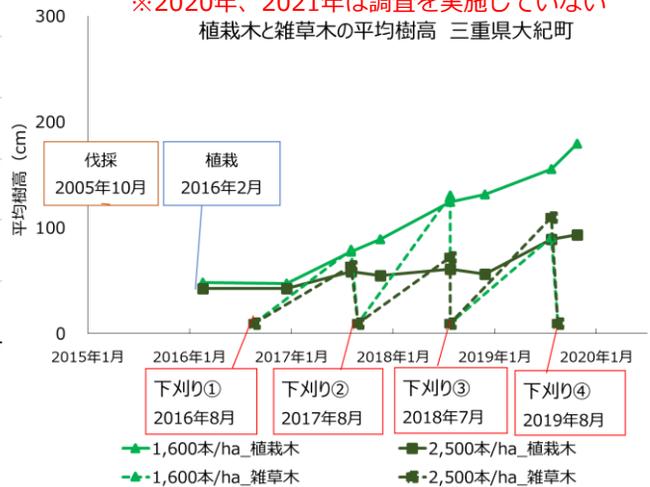


競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化



2019年7月撮影

※2020年、2021年は調査を実施していない
植栽木と雑草木の平均樹高 三重県大紀町



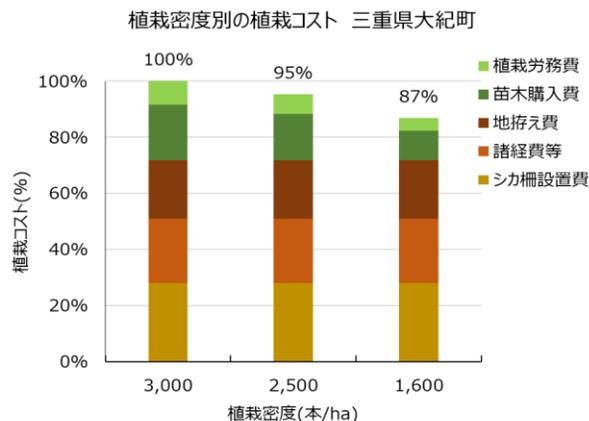
植栽木と雑草木の平均樹高の比較

- シカ食害を受けた植栽木は成長量のデータから除外しており、植栽木のサンプル数が少ないため、平均樹高の比較は参考データとする。
- 競合状態については、ススキの繁茂が激しいため、2019年の時点での植栽密度もC4が全体の半分以上を占めている。
- 以上より、2019年の下刈り（4回目）の時点では、どの植栽密度もまだ下刈り終了の判断は難しい。
- なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 184円



3,000本/haと比較して・・・

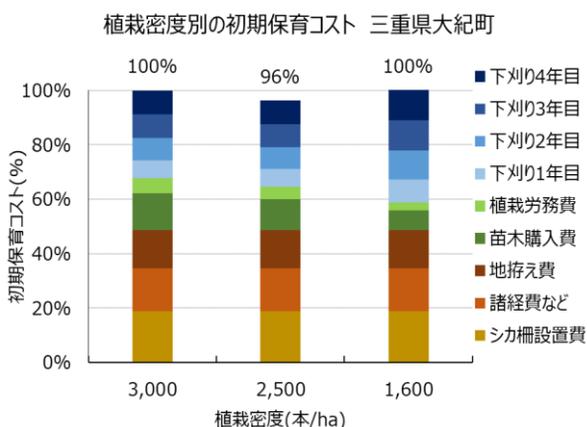
・2,500本/ha → 95%

・1,600本/ha → 87%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 96%

・1,600本/ha → 100%

にコスト削減が可能

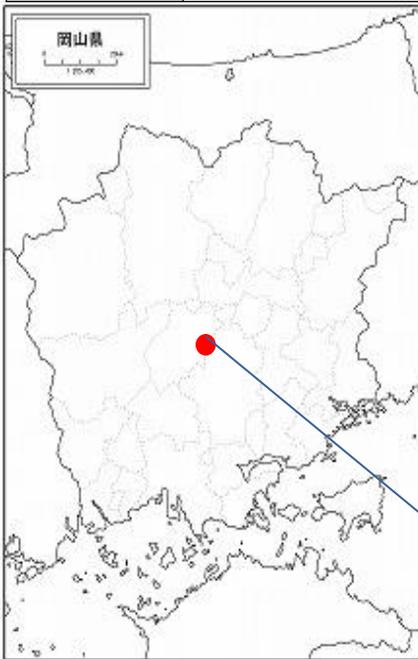
※②の結果より1,600本/ha区では下刈り作業時間が大きくかかり、下刈りコストが増大したため初期保育コストが削減できない結果となった。

三重県大紀町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2016年2月に、1,600本/ha、2,500本/haの密度でヒノキを植栽した。 試験地全体でススキが優占しており、繁茂が激しい。 シカ柵を設置したが一部が破損し、シカによる食害が多発した。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> シカによる食害のため成長量については正当な評価ができないが、斜面方位の違いが成長量に大きく影響したと考えられる。 ススキの繁茂が激しい1,600本/ha区で、試験的に下刈りを省略したプロットの枯死率が高くなった。 どの植栽密度も、2019年の時点でC4が半数以上を占めており、2019年の下刈り（4回目）の時点で終了の判断はできない。 なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> ススキの繁茂が激しい立地では、下刈りを省略すると被圧による枯死の可能性が高くなる。低密度植栽では成林を危うくする可能性があるため、注意が必要である。 またそのような場所では下刈り効率が悪くなるため、低密度植栽であってもコストの削減がうまくいかない可能性があることに留意する。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年
年平均気温	12.1℃ (新見)	苗木の種類	ヒノキ コンテナ苗 150cc (実生苗)
年降水量	1354.3mm (新見)	前生林種	ヒノキ林・一部スギ林
標高	350~370m	伐採年	2015年
傾斜	10~20°	植栽年月	2016年12月
斜面方位	SE~SW	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	有り



試験地

【植生タイプ】

落葉広葉樹類

【植被率と主な優占種】

植被率65%

◎アカメガシワ

ヌルデ

ヤブムラサキ



2020年7月撮影



2020年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

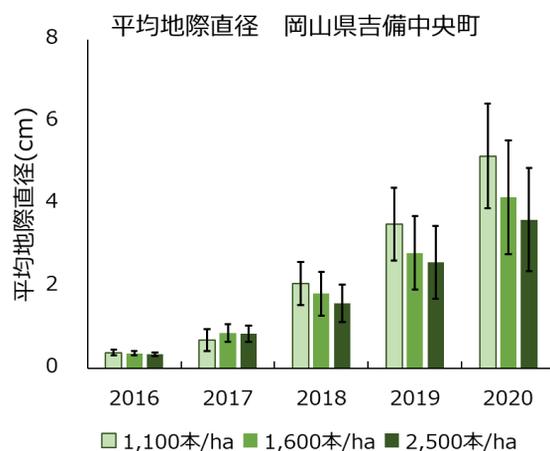
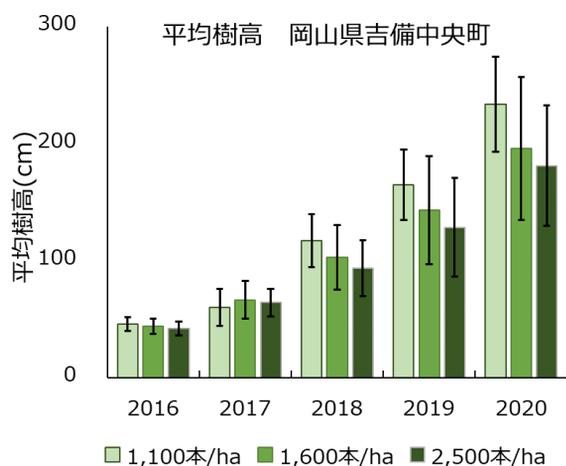
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
100%	90%以上	90%以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
1	1,100	36	-	0	0	0	0	0	0.0
2	1,100	36	-	0	3 (枯れ)	0	0	3	8.3
3	1,600	36	-	1 (誤伐1)	2 (枯れ)	3 (枯れ2・獣虫害1)	1 (枯れ)	7	19.4
4	1,600	36	-	0	0	0	0	0	0.0
5	2,500	36	-	2 (枯れ2)	10 (枯れ)	0	1 (枯れ)	13	36.1
6	2,500	36	-	1(枯れ1)	1 (枯れ)	2 (枯れ2)	0	4	11.1

3. 植栽木の成長量について

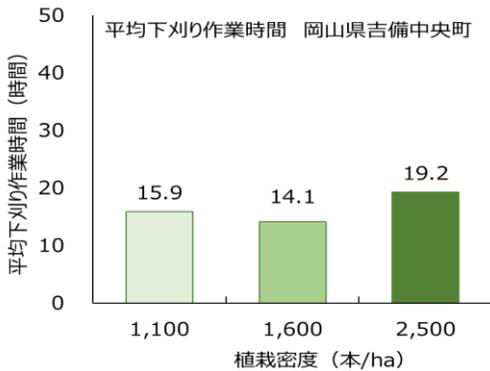


植栽木の平均樹高の推移

植栽木の平均地際直径の推移

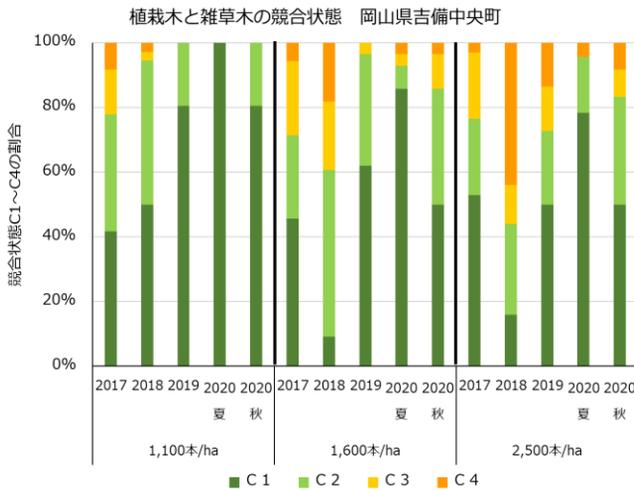
- 活着率は植栽密度間で大きな差が見られず、どの植栽密度も90～100%と高い数値を示した。
- 枯死率は一部のプロットで大きくなっている。局所的な雑草木の繁茂による影響などが考えられるが、原因の特定は難しい。
- 成長量は低密度植栽区ほど大きくなった。本試験地は未だ林冠閉鎖には至っていないため、立地環境の違いが要因として考えられる。

②植栽密度と下刈り作業時間

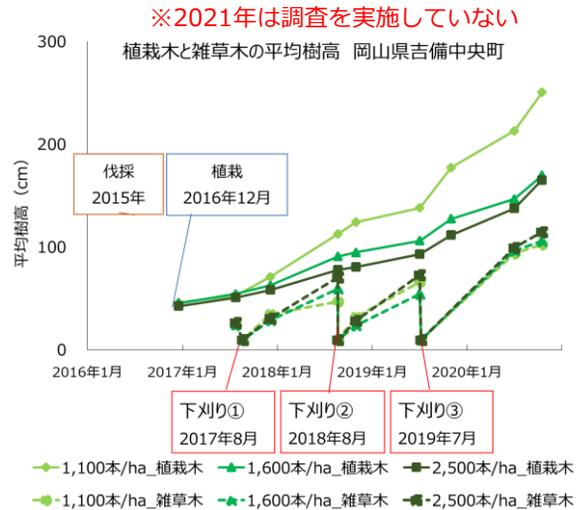


- 低密度植栽区で下刈り作業時間が減少する傾向が見られた。
- 現場作業員へのヒアリングでは、本試験地は植栽木が視認しやすく、植栽間隔よりも地形の方が作業時間への影響が大きいとの回答があった。

③植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C 1 ~ C 4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



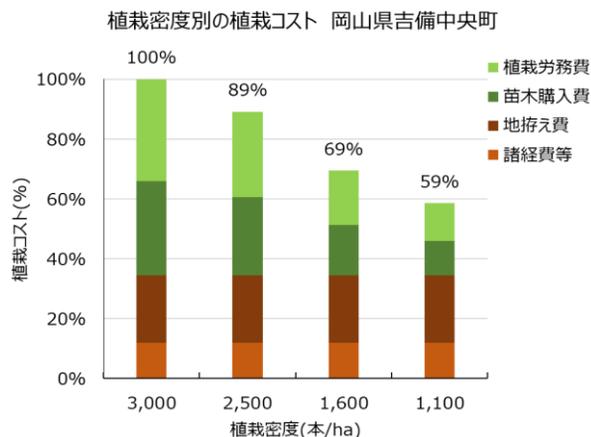
2020年7月撮影

- 競合状態については、2020年秋の時点でどの植栽密度もC 1 + C 2 が8割以上となっている。
- 平均樹高については、植栽木の成長が良好だった1,100本/ha区で雑草木を大きく抜け出し、1.5m程度の差が開いた。一方で、1,600本/ha区と2,500本/ha区でも雑草木から抜け出しているものの、樹高差は0.5m程度である。
- ただし、2020年夏から秋の成長量は、どの植栽密度も植栽木の方が大きかった。
- 今後、もう一度下刈り (4回目) を実施すれば、樹高差が大きくなるため下刈りを終了できると考えられる。また、特に植栽木の成長が良好な1,100本/ha区では、4回目の下刈りを必要としない可能性がある。
- なお、2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 200円



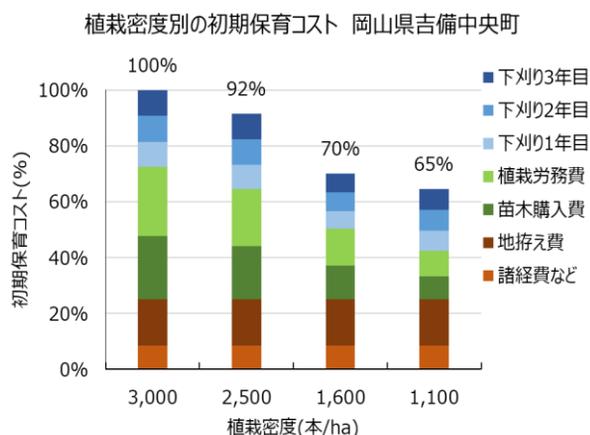
3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 89%
- ・1,600本/ha → 69%
- ・1,100本/ha → 59%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

- ・2,500本/ha → 92%
- ・1,600本/ha → 70%
- ・1,100本/ha → 65%

にコスト削減が可能

岡山県吉備中央町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2016年12月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でヒノキを植栽した。
- ・ アカメガシワなどの落葉広葉樹が優占するが、植被率は高くない。

調査結果

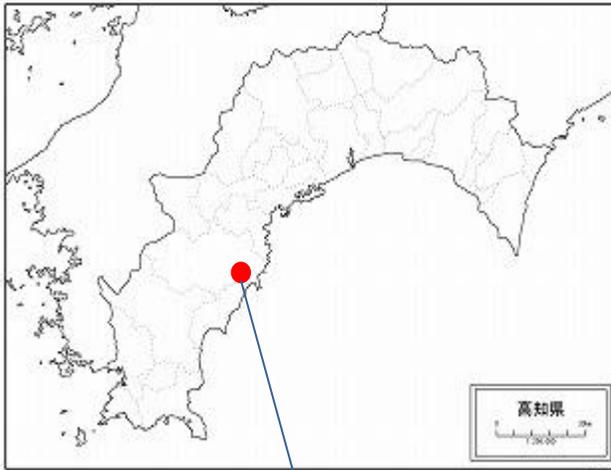
- ・ 低密度植栽区ほど枯死率が低く、また成長が良い。本試験地は未だ林冠閉鎖には至っていないため、立地環境の違いが要因として考えられる。
- ・ 2020年の時点では植栽木と雑草木の樹高差が十分ではないが、もう一度下刈り（4回目）を行えば樹高差が十分開くため、どの植栽密度も下刈りを終了できる。ただし、植栽木の成長が良好な1,100本/haでは、4回目の下刈りを必要としない可能性がある。
- ・ 2021年の下刈りは実施されていない。

課題など

- ・ アカメガシワなどの落葉樹は成長すると樹高10mに達することもある。このような高木性の樹種が優占している植栽地では、現地の状況を観察しながら下刈り終了の判断を行う必要がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	無し
年平均気温	14.8℃	苗木の種類	ヒノキ コンテナ苗 150cc (実生苗)
年降水量	3089.2mm (窪川)	前生林種	スギ林・ヒノキ林
標高	410~480m (窪川)	伐採年	2014年
傾斜	35~40°	植栽年月	2017年2-3月
斜面方位	S	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	有り



試験地

【植生タイプ】

シダ植物

【植被率と主な優占種】

植被率60~70%

◎ウラジロ

◎コシダ

ヒサカキ



2019年7月撮影



2019年10月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

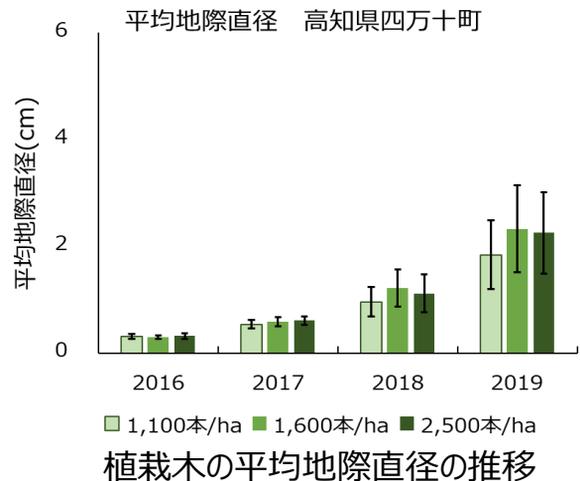
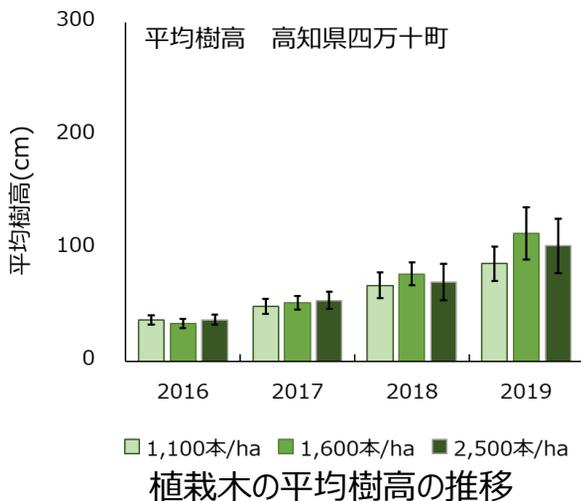
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
80%以上	90%以上	80%以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

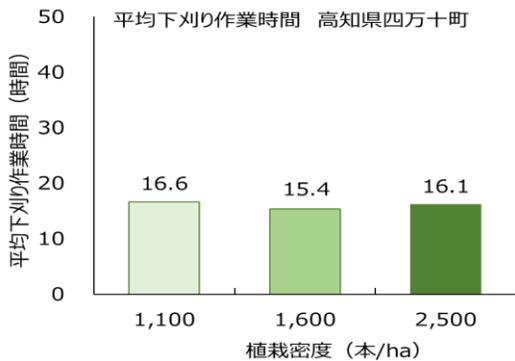
プロット	植栽密度 (本/ha)	設定 本数 (本)	枯死本数(本)				合計	枯死 率 (%)
			2017	2018	2019			
1	1,100	36	9 (枯れ9)	1 (枯れ)	2 (獣虫害1 ・消失1)	12	33.3	
2	1,100	36	5 (枯れ4・消失1)	4 (枯れ3・獣虫害1)	1 (枯れ)	10	27.8	
3	1,600	39	4 (枯れ3・食害1)	1 (ウサギ食害)	0	5	12.8	
4	1,600	36	1 (食害)	1 (消失1)	0	2	5.6	
5	2,500	36	6 (枯れ5 ・ウサギ食1)	4 (誤伐1・ウサギ食害1 ・枯れ1・消失1)	5 (ウサギ食害4 ・枯れ1)	15	41.7	
6	2,500	36	4 (枯れ4)	0	0	4	11.1	

3. 植栽木の成長量について



- 活着率は植栽密度間で差がほとんど見られなかった。
- 枯死率はプロット間でばらつきが生じていた。本試験地はウサギによる食害（主に剥皮害）が多発していたが、同じ植栽密度間でも斜面の上方に位置するプロット(1,2,5)はウサギによる食害の発生が多かった。
- 成長量は低密度植栽区である1,100本/ha区で小さかったが、ウサギ害が多発していたエリアであるため影響を受けている可能性がある。

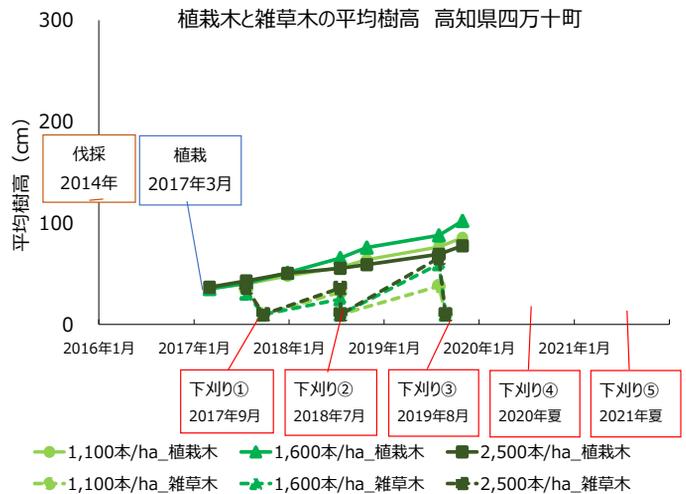
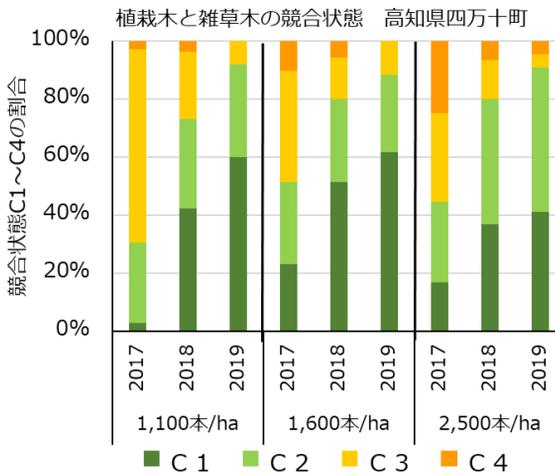
② 植栽密度と下刈り作業時間



- 下刈り作業時間は、植栽密度による差がほとんど見られなかった。
- 現場作業員からのヒアリングでは、低密度植栽区では植栽間隔が広く、苗木が小さいうちは下刈りの際に苗木を探すのに苦労したとの回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

※2020年、2021年は調査を実施していない



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

植栽木と雑草木の平均樹高の比較



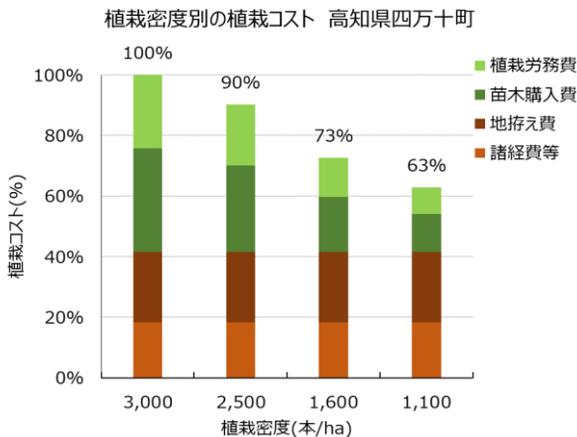
2019年7月撮影

- 本試験地はコシダやウラボシなどのシダ植物が優占しており、雑草木の草丈や生育密度が低い。
- 競合状態については、2019年にはどの植栽密度もC1+C2が9割前後に達している。
- 平均樹高については、植栽木の成長が良好ではなく、2019年夏の時点ではどの植栽密度も植栽木と雑草木の樹高差は大きく開いていない。
- 以上より、2019年の下刈り（3回目）の時点では、どの植栽密度もまだ下刈り終了の判断は難しい。
- なお、2020年と2021年の下刈りは実施されている（2021年で5回目）。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 170円



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 90%

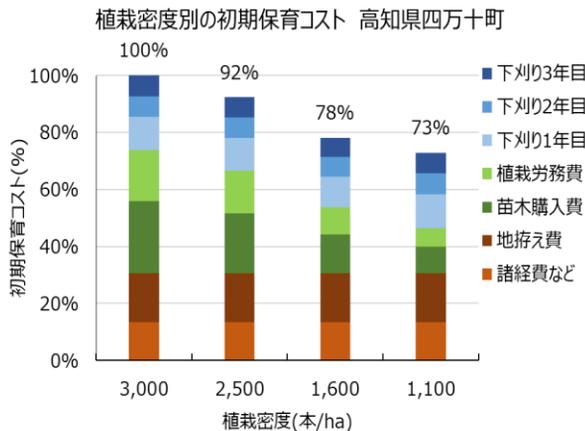
・1,600本/ha → 73%

・1,100本/ha → 63%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 92%

・1,600本/ha → 78%

・1,100本/ha → 73%

にコスト削減が可能

高知県四万十町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2017年の2～3月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でヒノキを植栽した。
- ・ 急傾斜地にウラジロやコシダなどのシダ植物が優占しており、雑草木の背丈は低い。植被率も比較的低く、ところどころ裸地が見える環境である。

調査結果

- ・ ウサギによる剥皮害が多くみられた斜面上部で枯死率が高く、また成長量が低かった。植栽密度による初期成長への影響は不明である。
- ・ 2019年には、どの植栽密度もC1+C2が9割前後に達しているが、植栽木の成長が良好ではないため雑草木との樹高差は大きく開いていない。そのため2019年の下刈り（3回目）の時点では、どの植栽密度も下刈り終了の判断は難しい。
- ・ 2020年と2021年の下刈りは実施されている（2021年で5回目）。

課題など

- ・ 本試験地では、ウサギによる剥皮害が多くみられた。低密度植栽では局所的な枯死が成林に影響するため、獣害が想定される場所では対策を十分に講じる必要がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年
年平均気温	17.3℃	苗木の種類	ヒノキ コンテナ苗 300cc (実生苗)
年降水量	1761.2mm	前生林種	ヒノキ林
標高	230~250m	伐採年	2014年10月
傾斜	11~24°	植栽年月	2016年1月
斜面方位	N	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



【植生タイプ】

落葉広葉樹類

多年生草本類

【植被率と主な優占種】

植被率95%以上

アオモジ

クサギ

ツワブキ

フユイチゴ



2020年7月撮影



2020年11月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

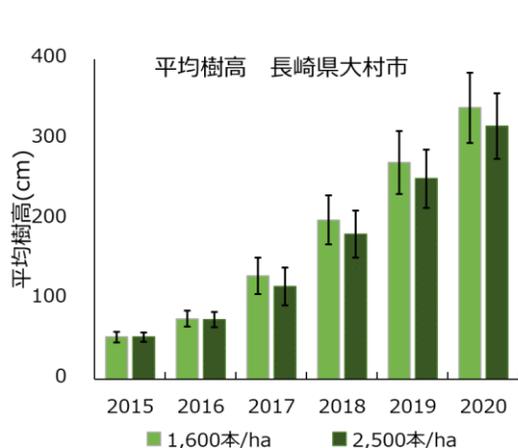
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
-	90 %以上	90 %以上

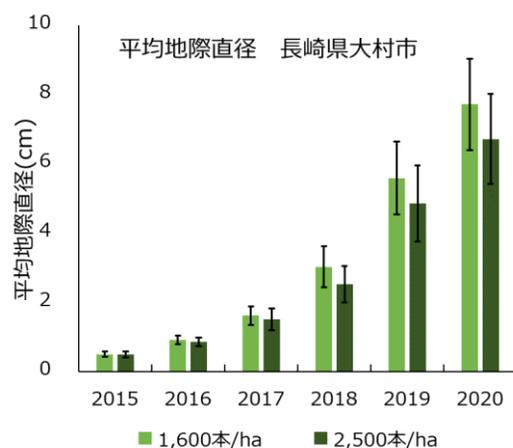
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
1	1,600	36	4 (誤伐2・根浮1・枯れ1)	0	0	0	0	4	11.1
2	1,600	36	3 (誤伐1・枯れ2)	1 (枯れ)	0	0	0	4	11.1
3	1,600	36	4 (枯れ4)	1 (消失)	4 (枯れ4)	0	0	9	25.0
4	2,500	36	3 (枯れ1・消失1)	0	1 (獣虫害)	1 (誤伐)	0	5	13.9
5	2,500	36	4 (誤伐2・枯れ2)	0	1 (誤伐)	0	0	5	13.9

3. 植栽木の成長量について



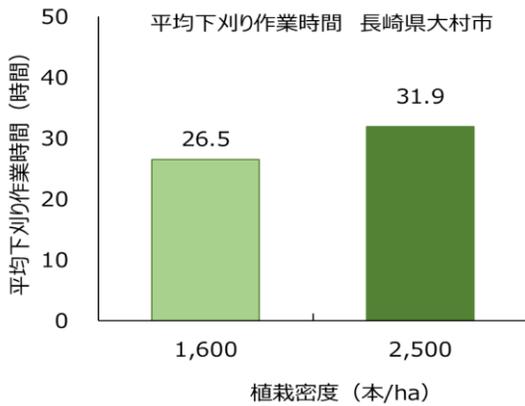
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

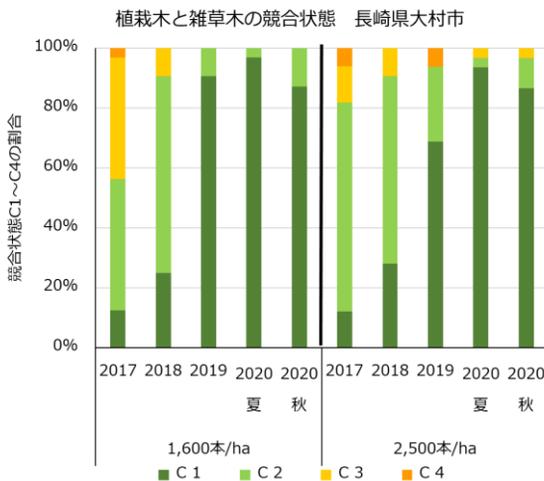
- 活着率は植栽密度による差がほとんど見られなかった。
- 枯死率は1,600本/ha区のプロット3で他の2倍ほど大きかった。原因の特定は難しく、植栽密度の違いによる影響も不明である。そのほかのプロットでは、植栽密度間で差は見られなかった。
- 成長量は低密度植栽区である1,600本/ha区で良好だった。差が生じ始めた2017年時点では林冠閉鎖に至っておらず、植栽密度よりも立地環境による影響と考えられる。

②植栽密度と下刈り作業時間

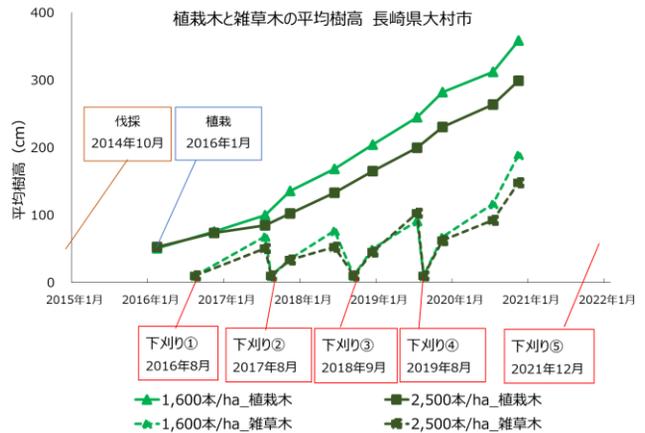


- 低密度植栽区で下刈り作業時間が減少する傾向が見られた。
- 現場作業員へのヒアリングでは、植栽時に植栽木の頂部にピンクテープを巻きつけており、雑草木に埋もれていても見つけやすかったという回答があった。

③植栽木と雑草木の競合関係



※2021年は調査を実施していない



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

植栽木と雑草木の平均樹高の比較



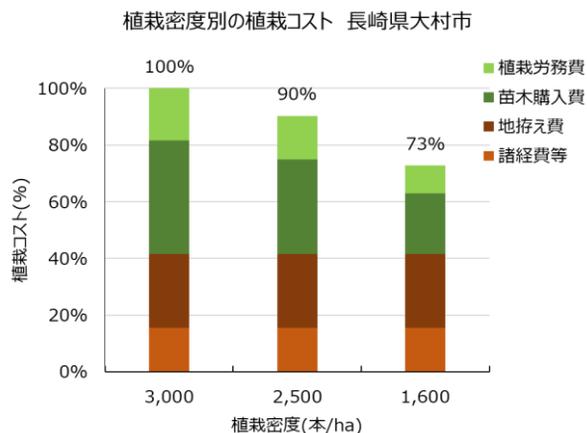
2020年7月撮影

- 競合状態については、どの植栽密度も2020年夏にはC1 + C2 が9割を超えていた。2020年秋にはC1の割合が僅かに減少したが、依然としてC1 + C2 が9割を超えており、雑草木に被圧されている状況ではない。
- 平均樹高については、2020年夏から秋の成長量は雑草木の方が僅かに上回っているものの、植栽木と雑草木の樹高差は1.5m以上開いており、今後雑草木が植栽木を被圧する状況になるとは考えにくい。
- 以上より、どの植栽密度も2019年の下刈り(4回目)で終了と判断できる。
- なお、2020年は下刈りが実施されていないが、つる植物の繁茂が確認されたため、2021年12月に全ての植栽密度で下刈り(5回目)が実施されている。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 146円



3,000本/haと比較して・・・

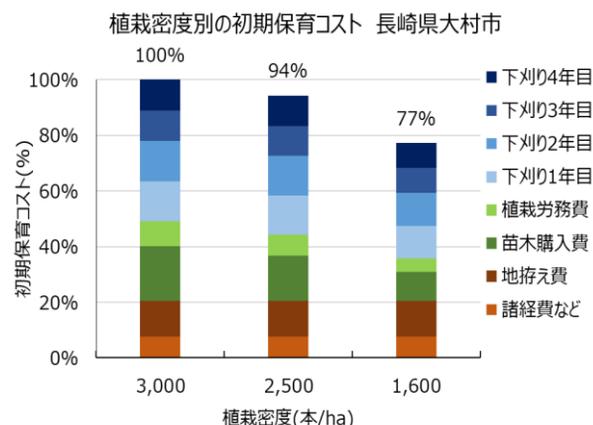
・2,500本/ha → 90%

・1,600本/ha → 73%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 94%

・1,600本/ha → 77%

にコスト削減が可能

長崎県大村市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2016年1月に、1,600本/ha、2,500本/haの密度でヒノキを植栽した。
- ・ アオモジなどの落葉樹とツワブキなどの多年生草本が混生している。

調査結果

- ・ 植栽木の成長は、低密度植栽区である1,600本/ha区で良好だった。本試験地は未だ林冠閉鎖には未だ至っていないため、植栽密度以外の要因による影響が考えられる。
- ・ 2020年秋の時点でC1 + C2が9割以上であり、植栽木と雑草木の樹高差も1.5m以上開いているため、どの植栽密度も2019年（4回目）の下刈りで終了と判断できる。
- ・ 2020年は下刈りが実施されていないが、つる植物の繁茂が確認されたため2021年12月に全ての植栽密度で下刈り（5回目）が実施された。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年
年平均気温	17.3℃ (大村)	苗木の種類	ヒノキ コンテナ苗 300cc (実生苗)
年降水量	1761.2mm (大村)	前生林種	-
標高	610~620m	伐採年	2015年12月
傾斜	2~16°	植栽年月	2016年1月
斜面方位	N	一貫 または 通常	一貫作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



【植生タイプ】

落葉広葉樹類



ススキ類

【植被率と主な優占種】

(2016年)	(2020年)
植被率70-90%	植被率90%以上
エゴノキ アカメガシワ タラノキ ヌルデ	◎ススキ ナガバモミジイチゴ フユイチゴ



2016年8月撮影



2020年7月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

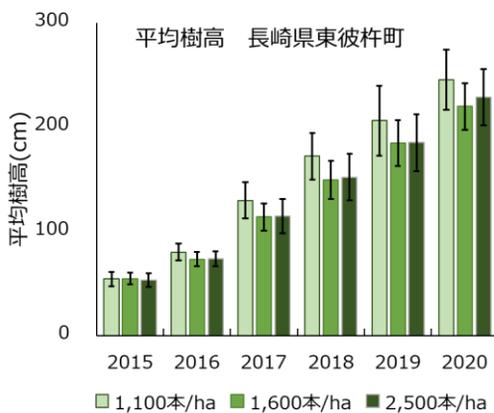
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
90 %以上	90 %以上	90 %以上

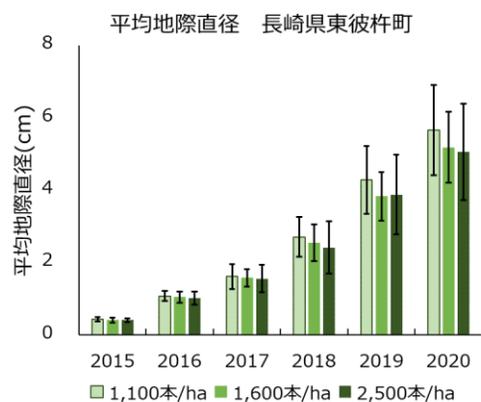
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
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)	0	5	13.9
2	1,100	36	0	0	3 (枯れ3)	1 (消失)	0	4	11.1
3	1,600	36	1 (枯れ1)	0	2 (枯れ2)	1 (枯れ)	0	4	11.1
4	1,600	36	0	1 (消失)	3 (枯れ2・誤伐1)	3 (枯れ3)	0	7	19.4
5	2,500	36	0	5 (枯れ5)	3 (枯れ2・誤伐1)	3 (誤伐3)	0	11	30.6
6	2,500	36	3 (枯れ1・イノシシ堀1・消失)	1 (誤伐)	0	1 (誤伐)	1 (枯れ)	6	16.7

3. 植栽木の成長量について



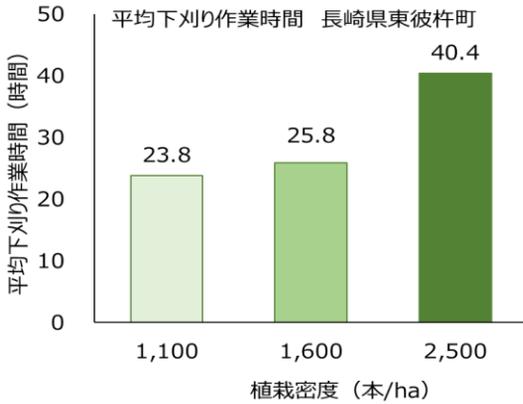
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

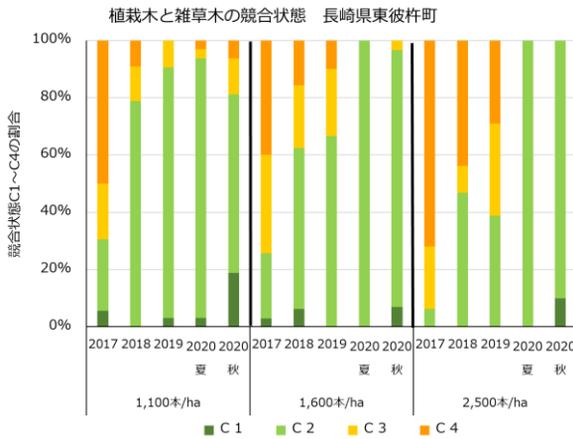
- 活着率は植栽密度による差が見られなかった。
- 枯死率は一部のプロットで高かったが、誤伐の本数が他の植栽密度よりも多かったことが要因の一つと考えられる。
- 2016年秋に、イノシシの掘り返しによる枯死が見られた。
- 成長量は1,100本/ha区で僅かに良好だった。林冠閉鎖には未だ至っていないため、植栽密度よりも立地環境による影響が考えられる。

②植栽密度と下刈り作業時間



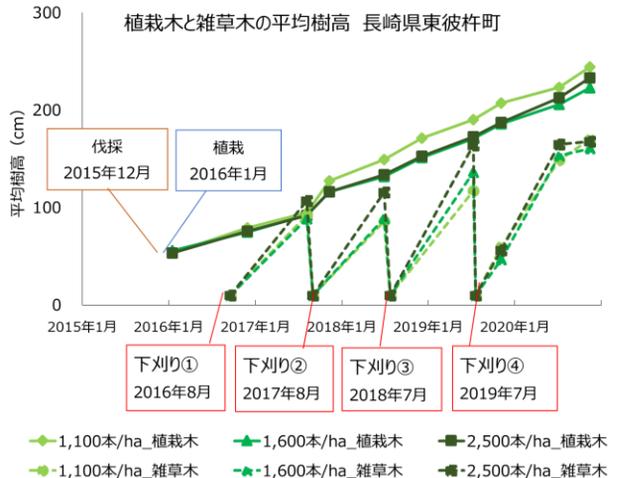
- 低密度植栽区で下刈り作業時間が大きく減少する傾向が見られた。
- 現場作業員からのヒアリングでは、1,600本/ha区で植栽間隔が2.5mの 때가、草刈機の長さに合い作業がしやすく、また草刈機を大振りしても誤伐が発生しない間隔のようであったとの回答があった。

③植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

※2021年は調査を実施していない



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



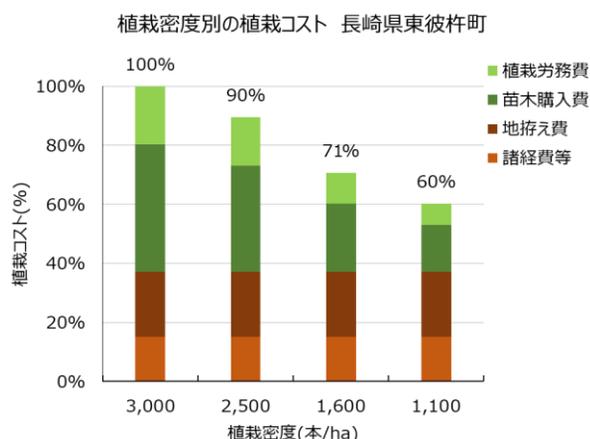
2020年11月撮影

- 本試験地は植栽当初は落葉広葉樹が優占していたが、ススキが優占する環境に次第に遷移していった。
- 競合状態については、2020年夏の時点でどの植栽密度もC1 + C2が9割以上であり、ほとんどの植栽木がススキから抜け出している状況だった。
- 平均樹高については、2020年秋にはどの植栽密度も、植栽木の平均樹高が2 mを超えている。ススキの最大の高さは2 m程度であるため、今後追いつかれることは無い。
- 以上より、どの植栽密度も2019年の下刈り(4回目)で終了と判断できる。
- なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 146円



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 90%

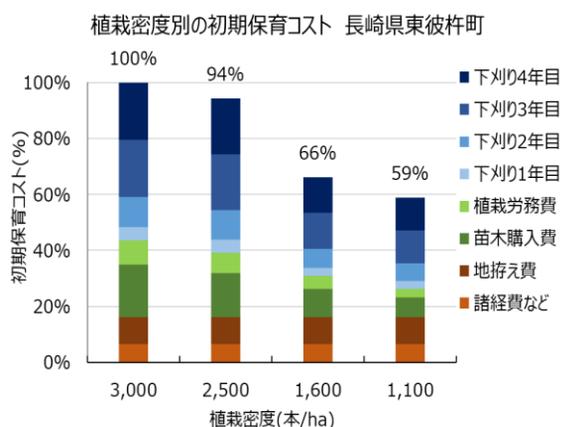
・1,600本/ha → 71%

・1,100本/ha → 60%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは③の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 94%

・1,600本/ha → 66%

・1,100本/ha → 59%

にコスト削減が可能

長崎県東彼杵町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2016年1月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でヒノキを植栽した。
- ・ 植栽当初は落葉広葉樹が優占していたが、ススキが優占する環境に変化していった。

調査結果

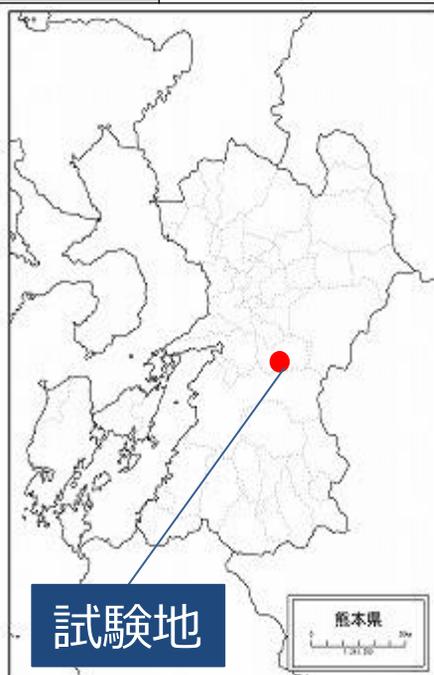
- ・ 植栽密度による活着率や成長量への影響は見られなかった。
- ・ 2020年秋の時点で、植栽木の平均樹高が優占しているススキの最大の高さ（2 m程度）を超えているため、2019年の下刈り（4回目）で終了と判断できる。
- ・ なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

課題など

- ・ ススキが優占する立地では、植栽木の樹高が2 mを超えれば、下刈りの終了が判断できる可能性がある。
- ・ イノシシがよく見られる地域では、植栽直後に掘り返しによる被害を受ける可能性がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年
年平均気温	16.1℃ (甲佐)	苗木の種類	スギ コンテナ苗 300cc (挿し木苗)
年降水量	2096.5mm (甲佐)	前生林種	-
標高	665~690m	伐採年	2015年11月
傾斜	11~30°	植栽年月	2016年2月
斜面方位	E~SE	一貫 または 通常	一貫作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	無し



【植生タイプ】

ススキ類

【植被率と主な優占種】

植被率90%

◎ススキ

コガクウツギ

コチヂミザサ



2020年6月撮影



2020年11月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

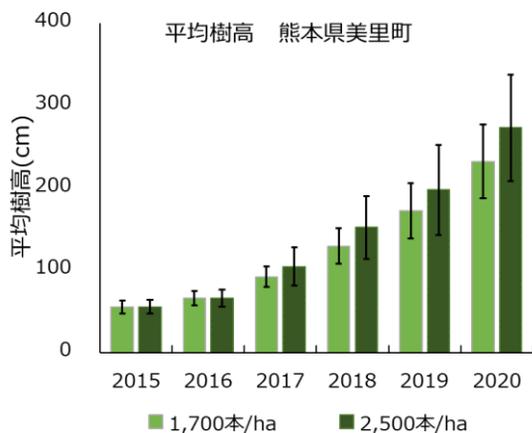
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
-	100%	90%以上

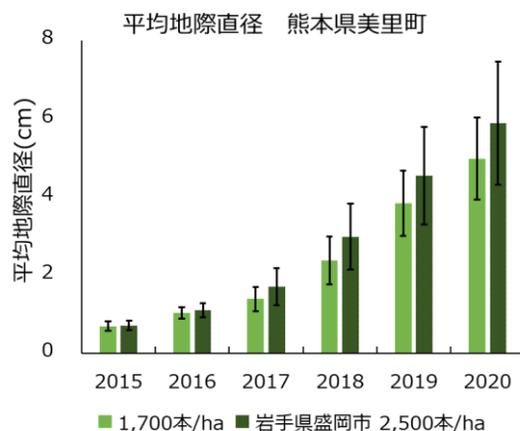
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数					合計	枯死率(%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)		
1	1,700	36	0	1 (消失)	1 (消失)	2 (誤伐2)	1 (枯れ)	5	13.9
2	1,700	36	0	2 (誤伐1・枯れ1)	3 (誤伐3)	0	1 (誤伐)	6	16.7
3	1,700	36	0	0	5 (誤伐5)	0	1 (誤伐)	6	16.7
4	2,500	35	0	0	1 (シカ皮剥ぎ)	0	2 (シカ皮剥ぎ1・誤伐1)	3	8.6
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)	1 (シカ皮剥ぎ)	12	33.3
6	2,500	36	0	0	1 (獣虫害)	1 (シカ皮剥ぎ)	1 (誤伐1)	3	8.3

3. 植栽木の成長量について



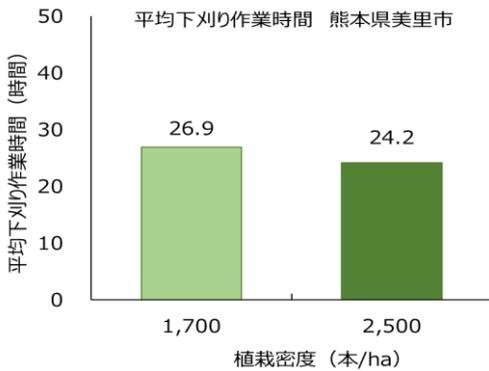
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

- 活着率は植栽密度による差が見られず、どの植栽密度も90%以上と高い数値を示した。
- 枯死率は調査プロット間でばらつきが見られた。誤伐のほか、シカによる食害が影響したと考えられる。
- 成長量は低密度植栽区の1,700本/ha区で僅かに低かった。立地環境の違いが要因として挙げられる。

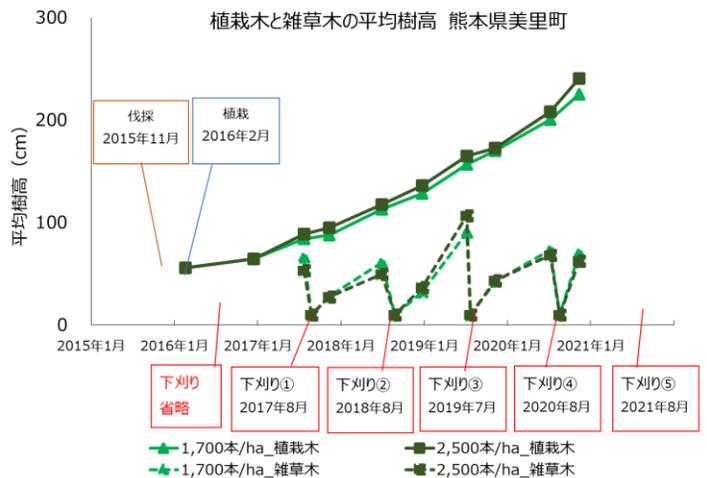
② 植栽密度と下刈り作業時間



- 植栽密度による下刈り作業時間への影響はほとんど見られなかった。
- 現場作業員からのヒアリングでは、1,700本/ha区では植栽間隔が広く、間を2往復することもあったという回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

※2016年は雑草の繁茂が少なく、下刈りを実施していない。
 ※2021年は調査を実施していない



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

植栽木と雑草木の平均樹高の比較



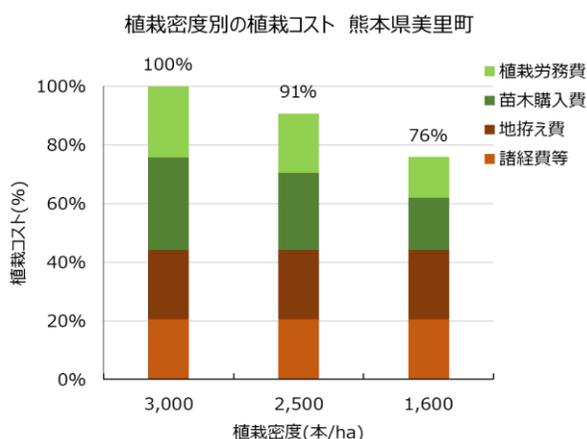
2020年6月撮影

- 競合状態については、どの植栽密度も2020年夏にはC1 + C2が9割を越えていた。
- 平均樹高については、2020年夏には植栽木の平均樹高が2mを超えており、雑草木との樹高差も大きく開いている。
- 優占しているススキやコガクウツギは、最大でも2m程度までしか成長しない。
- どの植栽密度も、2020年夏には優占している雑草木の最大の高さを超えており、雑草木との樹高差も大きく開いている。2020年の下刈りは必ずしも必要ではなく、2019年の下刈り（3回目）で下刈りを終了できたと判断できる。
- なお、本試験地では2021年も下刈り（5回目）が実施されている。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 144円



3,000本/haと比較して・・・

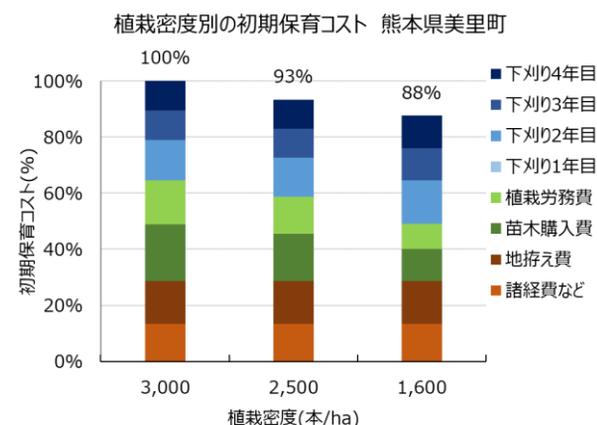
・2,500本/ha → 91%

・1,700本/ha → 76%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 93%

・1,700本/ha → 88%

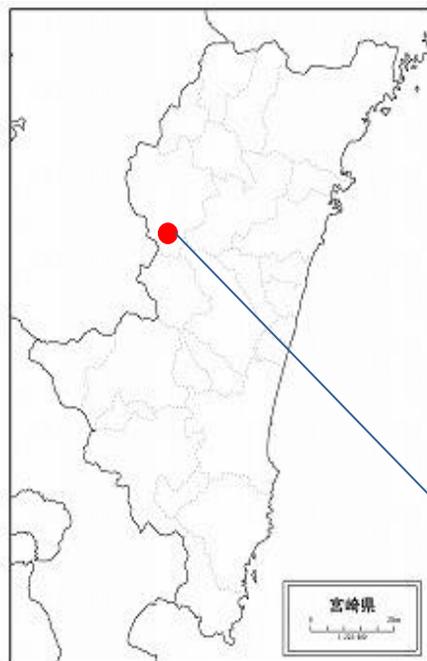
にコスト削減が可能

熊本県美里町まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2016年2月に、1,700本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。 スギが優占しているが、ほかにコガクウツギなどの落葉広葉樹やコチヂミザサが混生している。いずれも樹高は高くない種である。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 成長量は低密度植栽区の1,700本/ha区で僅かに低かった。立地環境の違いが要因として挙げられる。 高木性の雑草木がほとんど生育しておらず、最大で2m程度（スギ等）と考えられる。一方で植栽木は、2020年夏にはどの植栽密度も樹高2mを超えているため、（2020年にも下刈りが実施されているが）2019年の下刈り（3回目）で終了できたと判断できる。 なお、本試験地では2021年も下刈り（5回目）が実施された。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> 雑草木の種組成や最大高によっては、低密度植栽であっても下刈りが3回程度で終了できる事例である。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年、2021年
年平均気温	11.4℃（鞍岡）	苗木の種類	スギ コンテナ苗 300cc （挿し木苗）
年降水量	2449.0mm（鞍岡）	前生林種	広葉樹など
標高	830～870m	伐採年	2013年11月
傾斜	13～37°	植栽年月	2016年2月
斜面方位	NW～SW	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	有り



試験地

【植生タイプ】

ススキ類

【植被率と主な優占種】

植被率90%以上

◎ススキ



2021年7月撮影



2021年11月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

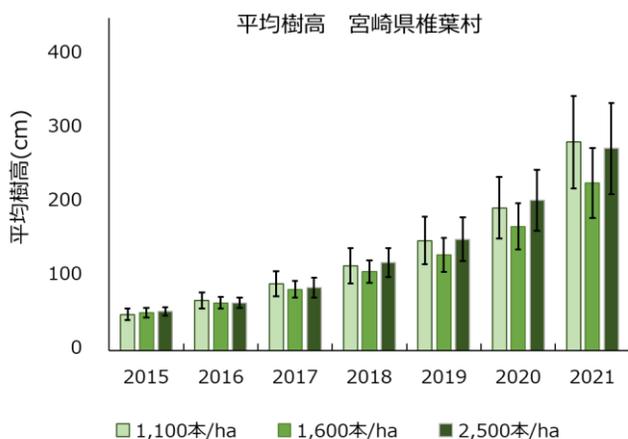
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
90%以上	100%	100%

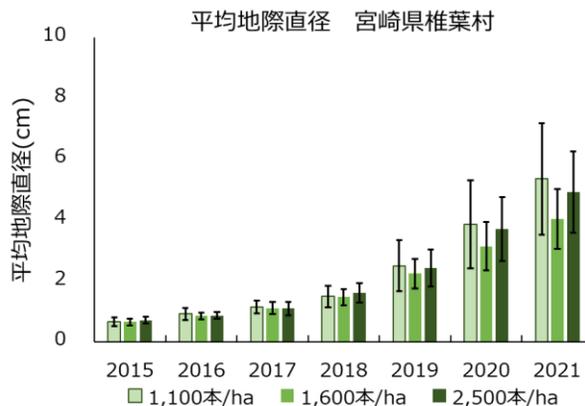
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定本数 (本)	枯死本数 (本)							合計	枯死率 (%)
			2016	2017	2018	2019	2020	2021			
1	1,100	36	1 (誤伐)	0	1 (ウサギ食害)	0	0	0	1 (消失)	3	8.3
2	1,100	36	0	1 (誤伐)	0	3 (誤伐2・枯れ1)	1 (誤伐)	0	0	5	13.9
3	1,600	36	0	0	0	0	0	0	1 (シカ皮剥ぎ)	1	2.8
4	1,600	36	0	1 (枯れ)	0	2 (誤伐2)	0	0	1 (誤伐)	4	11.1
5	2,500	36	0	0	2 (誤伐1・枯れ1)	0	0	0	0	2	5.6
6	2,500	36	0	1 (枯れ)	1 (下敷き)	0	0	0	0	2	5.6

3. 植栽木の成長量について



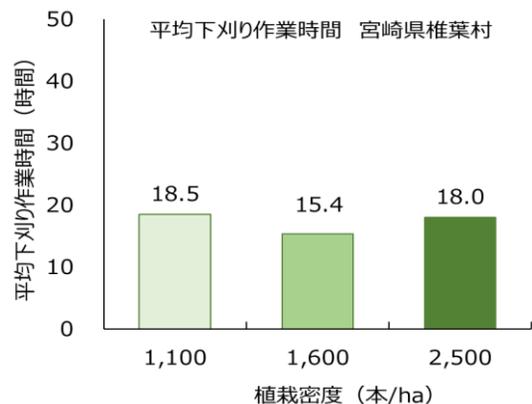
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

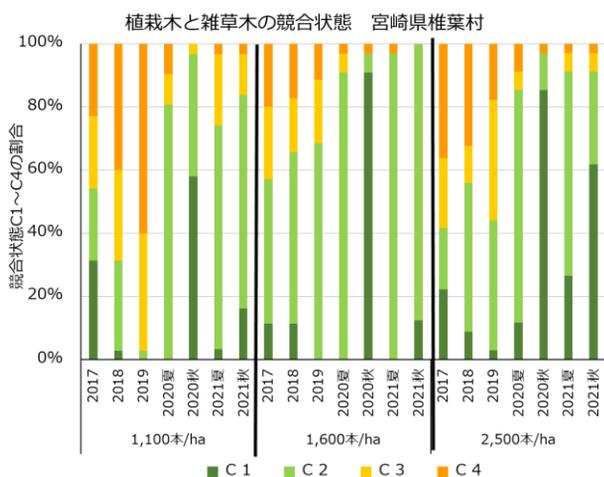
- 活着率は植栽密度間で差が見られず、どの植栽密度も90%以上と高い数値を示した。
- 枯死率は全体的に低かったが、誤伐が多く発生したプロット2で比較的大きくなった。
- 成長量は1,600本/ha区で低かったが、植栽密度と成長量に特定の傾向は見られなかった。

②植栽密度と下刈り作業時間



- 植栽密度によって下刈り作業時間はほとんど影響されなかった。
- 現場作業員からのヒアリングは、枯死して消失した植栽木があった場合、低密度植栽区では次の植栽木までの距離がより長くなり、見つけるのに時間がかかったとの回答があった。

③植栽木と雑草木の競合関係



競合状態 (C1～C4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



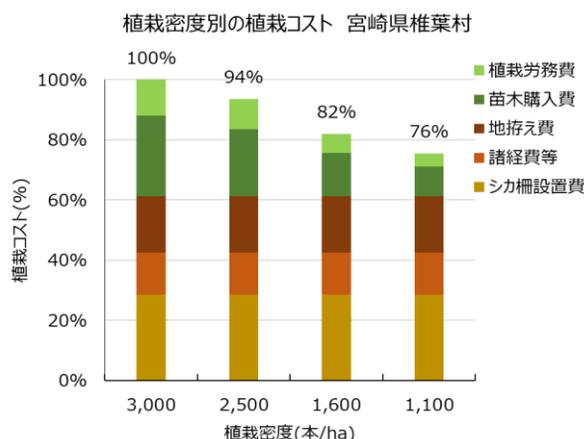
2020年7月撮影

- 競合状態については、どの植栽密度も2021年秋の時点でC1 + C2が8割を超えており、下刈りが必要な状況ではない。
- 平均樹高については、どの植栽密度も2021年秋の時点で植栽木の平均樹高が2mを超えている。
- ススキが旺盛に繁茂しているが、植栽木の樹高がススキの最大の高さ(2m程度)を十分超えており、今後の下刈りの必要はないと判断できる。
- 以上より、どの植栽密度も2020年の5回目の下刈りで終了できた判断できる。
- なお、2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 153円



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 94%

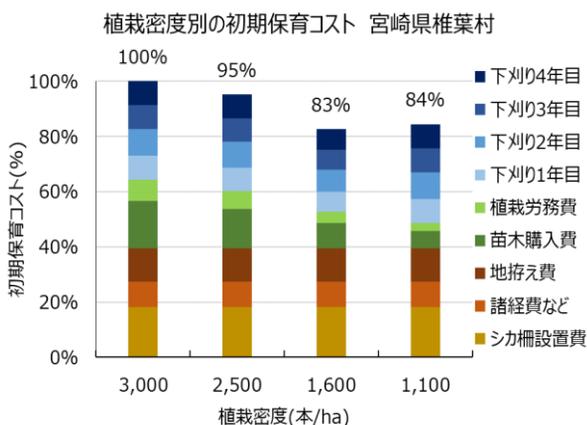
・1,600本/ha → 82%

・1,100本/ha → 76%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 95%

・1,600本/ha → 83%

・1,100本/ha → 84%

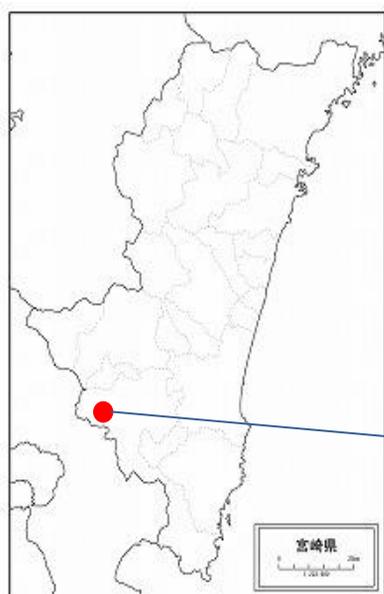
にコスト削減が可能

宮崎県椎葉村まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2016年2月に、1,100本/ha、1,600本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。 ススキが一面に繁茂している。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 植栽密度による植栽木の生育への影響はほとんど見られなかった。 どの植栽密度も、2021年秋の時点で植栽木の平均樹高が優占しているススキの最大の高さ（2 m程度）を超えている。そのため、どの植栽密度も2020年の5回目の下刈りで終了できたと判断できる。 2021年の下刈りは実施されていない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> ススキの繁茂が激しい植栽地でも、植栽木の樹高がススキの最大の高さを越えさえすれば、植栽密度に関わらず下刈りを終了できる。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年
年平均気温	16.5℃	苗木の種類	スギ コンテナ苗（挿し木苗） 465cc（大苗） 300cc（普通苗）
年降水量	2481.8mm	前生林種	スギ林
標高	295～355m	伐採年	2016年末
傾斜	6～20°	植栽年月	2017年1月
斜面方位	-	一貫 または 通常	一貫作業
土壌	黒色火山灰土	シカ柵の有無	部分的に設置



試験地

【植生タイプ】

落葉広葉樹類

【植被率と主な優占種】

植被率90～95%

◎アカメガシワ

◎クサギ

フユイチゴ



2020年7月撮影



2020年11月撮影

試験地の概要

本試験地では、以下の2つの項目を実証するために
スギ コンテナ大苗（約465cc）を植栽しました。

項目① 大苗による下刈り回数の削減効果

項目② 大苗によるシカ食害の回避効果



実証試験に使用したスギ大苗

苗長 : 92 ± 5.6 cm
地際直径 : 1.0 ± 0.18 cm
形状比 : 94 ± 17.5

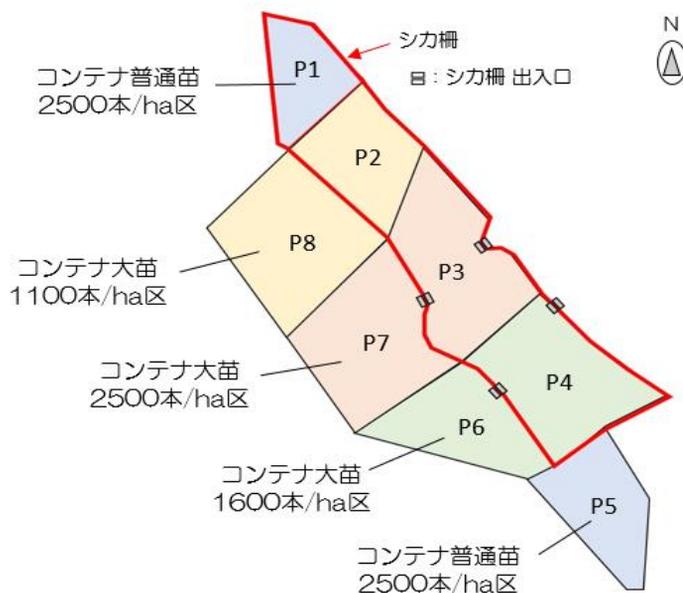


※比較対象としたスギ コンテナ普通苗
（2,500本/haの密度で植栽）

苗長 : 57 ± 5.3 cm
地際直径 : 0.9 ± 0.11 cm
形状比 : 63 ± 17.5



実証試験地における調査プロット設置状況



①植栽木の活着率、枯死率、成長量

1. 植栽木の活着率について

大苗			普通苗
1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha	2,500本/ha
90%以上	90%以上	90%以上	90%以上

2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度 (本/ha)	設定 本数 (本)	枯死本数 (本)					合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R元 (2019)	R2 (2020)		
2	1,100	36	-	1 (枯れ)	6 (枯れ4・誤伐1・消失1)	0	1 (シカ皮剥ぎ)	8	22.2
8	1,100	36	-	1 (枯れ)	1 (シカ食害)	2 (シカ皮剥ぎ1・シカ食害)	1 (シカ皮剥ぎ)	5	13.9
4	1,600	36	-	0	1 (枯れ)	0	0	1	2.8
6	1,600	36	-	1(枯れ)	1 (獣虫害)	5 (シカ皮剥ぎ4・誤伐1)	1 (獣虫害)	8	22.2
3	2,500	36	-	3 (枯れ3)	4 (枯れ4)	1 (誤伐)	0	8	22.2
7	2,500	36	-	3 (枯れ3)	4 (誤伐2・枯れ2)	0	0	7	19.4
1	2,500	36	-	1(枯れ)	1 (誤伐1)	1 (誤伐)	0	3	8.3
5	2,500	36	-	0	0	0	0	0	0.0

- 植栽木の活着率は、植栽密度間や大苗・普通苗間で差が見られなかった。
- 枯死率は、普通苗より大苗のほうが高かった。
- シカを原因とする枯死については、大苗に対し9本発生したが、これらは皮剥ぎや角研ぎによるものであり、梢端に対する食害は大苗、普通苗ともに見られなかった。



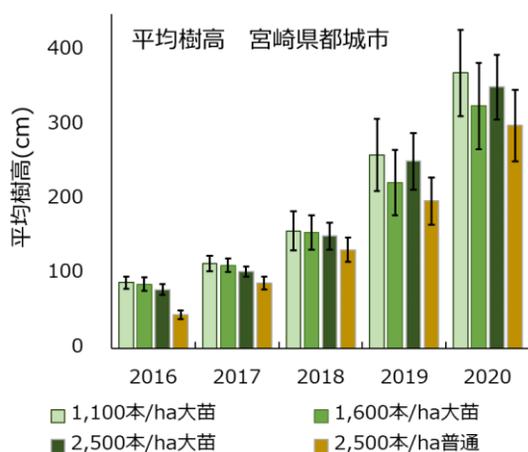
シカによる被害を受けたスギ大苗



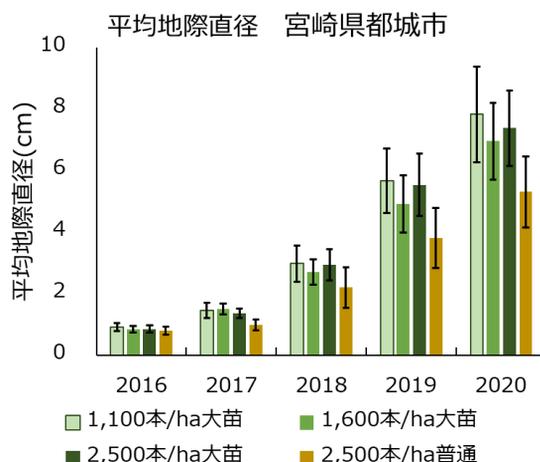
シカ柵の設置状況

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

3. 植栽木の成長量について



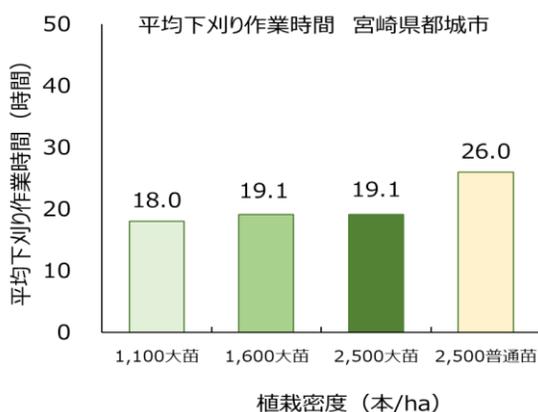
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

- 成長量は、大苗と普通苗で同様の増加傾向を示した。2020年時点での樹高は普通苗の方が低くなったが大苗との差は30～70cm程度であり、植栽時の樹高の差（約40cm程度）がそのまま影響している。
- 全体的に大苗の方が普通苗よりも平均樹高が高い状況で推移しているため、大苗の方がシカによる梢端への食害を受けずに済む樹高に早く到達できる可能性がある。
- 植栽密度間の比較では、大苗の1,600本/ha区で成長が少し低くなっているが、原因は不明である。

②植栽密度と下刈り作業時間

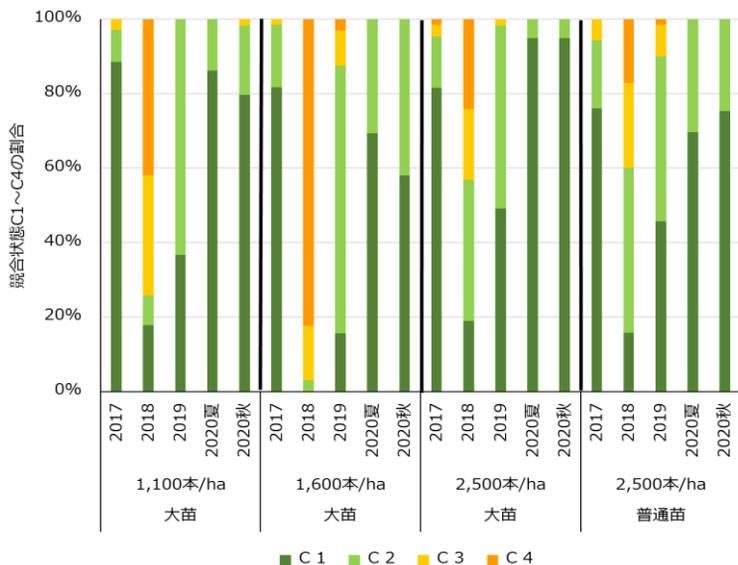


- 下刈り作業時間は植栽密度にほとんど影響されなかった。
- 普通苗区では、大苗区と比べ作業時間が長くなっていた。
- 現場作業員へのヒアリングでは、普通苗区で作業時間が増加した理由としてツル植物の多さや雑草の繁茂状況が理由として挙げられていた。

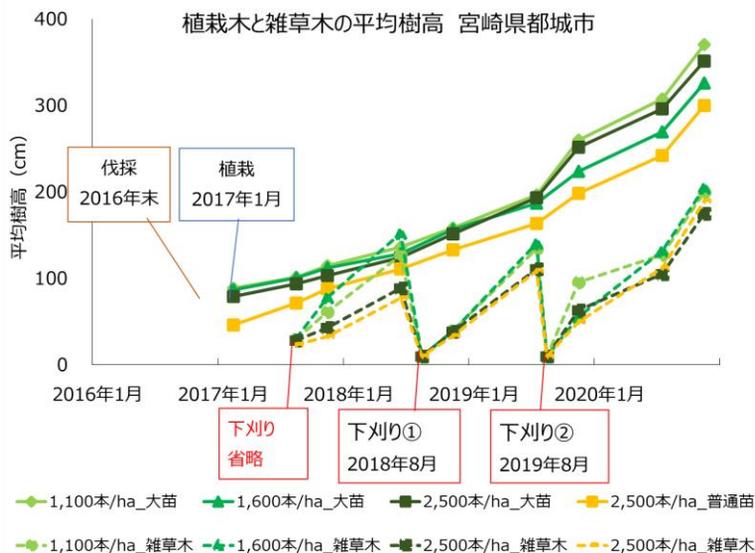
③植栽木と雑草木の競合関係

※2017年は下刈りを実施していない
 ※2021年は調査を実施していない

植栽木と雑草木の競合状態 宮崎県都城市



競合状態 (C1~C4) の経年変化



植栽木と雑草木の平均樹高の比較



2020年11月撮影
(1,100本/ha大苗区)



2020年11月撮影
(2,500本/ha普通苗区)

- 「一貫作業システム」により、植栽年（2017年）の下刈りを省略することが可能だった。
- 競合状態については、大苗区、普通苗区ともに2020年夏の時点でC1+C2が10割だった。
- 平均樹高については、大苗区、普通苗区ともに2020年夏から秋の成長量は雑草木の方が僅かに大きいものの、植栽木と雑草木の樹高差は大きく開いており、今後においても雑草木が植栽木を被圧する状況になるとは考えにくい。
- どの植栽密度も2019年の下刈り（2回目）で終了と判断できる。ただし、普通苗については平均樹高が常に大苗よりも低い状況だったため、雑草木の成長状況等によっては下刈り実施の判断に影響を与える可能性がある。
- なお、2020年と2021年の下刈りは実施されていない。

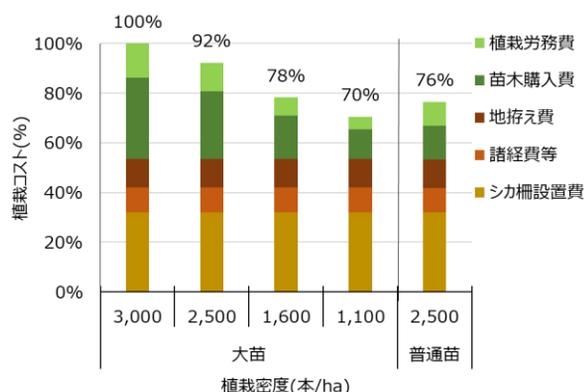
④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 260円（大苗）

一本 130円（普通苗）

植栽密度別の植栽コスト 宮崎県都城市



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha(大苗) → 92%

・1,600本/ha(大苗) → 78%

・1,100本/ha(大苗) → 70%

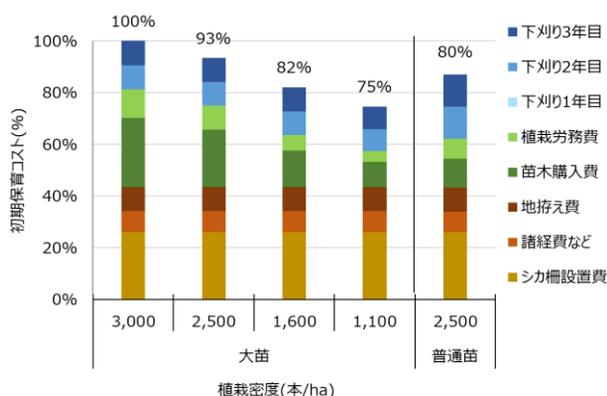
・2,500本/ha(普通苗) → 76%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後3年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。

植栽密度別の初期保育コスト 宮崎県都城市



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha(大苗) → 93%

・1,600本/ha(大苗) → 82%

・1,100本/ha(大苗) → 75%

・2,500本/ha(普通苗) → 80%

にコスト削減が可能

宮崎県都城市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地

- ・ 2017年1月にスギ大苗と普通苗を植栽し、大苗による下刈り回数の削減効果とシカによる食害の低減効果を検証した。
- ・ 試験地は、アカメガシワやクサギなどの落葉広葉樹が優占している。

大苗による 下刈り回数削減

- ・ 大苗区、普通苗区ともに2020年夏の時点でC1 + C2が10割であり、植栽木と雑草木の樹高差は大きく開いていた。そのため、2019年の下刈り（2回目）で終了できたと判断できる。
- ・ 2020年と2021年の下刈りは実施されていない。
- ・ 植栽して以降、大苗と比較して普通苗の平均樹高が常に低い状況であり、雑草木の成長状況等によっては下刈り実施の判断に影響を与える可能性がある。

大苗による シカ食害低減

- ・ 梢端に対するシカの食害はほぼ見られなかったことから、大苗によるシカ被害の軽減には一定の効果があると考えられる。ただし樹幹への剥皮害・角研ぎ害による枯死が見られたのは全て大苗区である。今後は、シカによる剥皮や角研ぎが大苗に集中した要因を検証する必要がある。

試験地の概要

試験地の概要		追跡調査	2020年
年平均気温	17.0℃ (川内)	苗木の種類	スギ コンテナ苗 300cc (挿し木苗)
年降水量	2281.4mm (川内)	前生林種	-
標高	180~195m	伐採年	2014年11月
傾斜	11~19°	植栽年月	2015年12月
斜面方位	W	一貫 または 通常	通常作業
土壌	褐色森林土	シカ柵の有無	有り

【植生タイプ】

落葉広葉樹類

ススキ類

【植被率と主な優占種】

(2016年)

植被率90%
カラスザンショウ
クマイチゴ
センダン
ジャケツイバラ

(2020年)

植被率90%
◎ススキ
アオモジ
アカメガシワ



2016年11月撮影



2020年7月撮影

①植栽木の活着率、枯死率、成長量

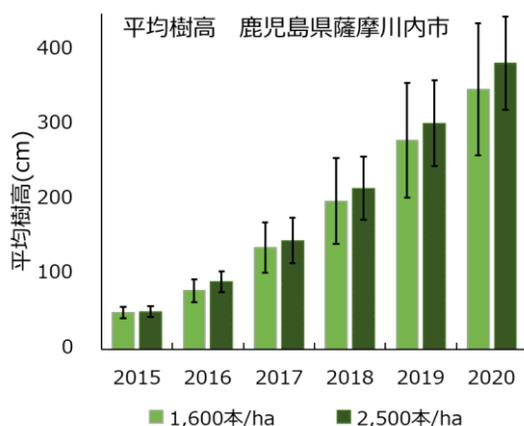
1. 植栽木の活着率について

1,100本/ha	1,600本/ha	2,500本/ha
-	90 %以上	90 %以上

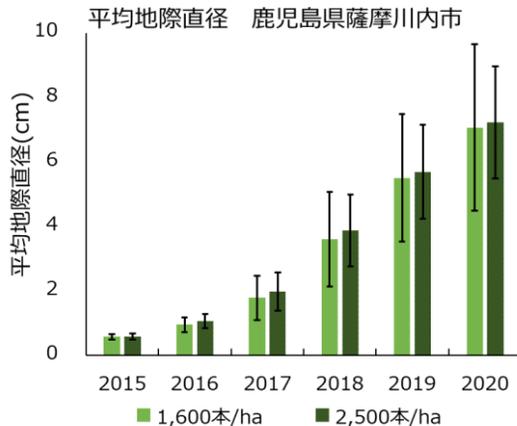
2. 植栽木の枯死率・枯死原因について

プロット	植栽密度	設定本数	枯死本数						合計	枯死率 (%)
			H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	R1 (2019)	R2 (2020)			
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)	0	5	13.9	
2	1,600	35	1 (消失)	2 (消失3)	0	1 (誤伐)	1 (枯れ)	5	14.3	
3	1,600	34	2 (誤伐2)	4 (消失3・ウサギ食害1)	0	1 (誤伐)	0	7	20.6	
4	2,500	36	5 (ウサギ食害1・消失2・枯れ2)	0	0	1 (誤伐)	0	6	16.7	
5	2,500	36	1 (枯れ)	2 (消失2)	0	0	1 (誤伐)	4	11.1	
6	2,500	36	1 (ウサギ食害)	0	1 (枯れ)	0	1 (誤伐)	3	8.3	

3. 植栽木の成長量について



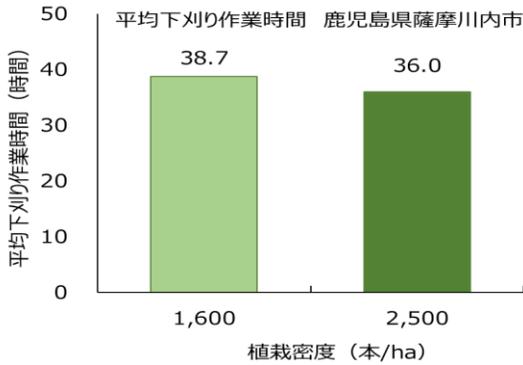
植栽木の平均樹高の推移



植栽木の平均地際直径の推移

- 活着率は植栽密度による差が見られず、どの植栽密度も90%以上と高い数値を示した。
- 枯死率は1,600本/ha区の方が比較的高くなったが、誤伐の本数が要因の一つとして挙げられる。
- 成長量は2,500本/ha区の方が大きかったものの差は僅かであり、どの植栽密度も樹高成長、直径成長ともに良好であった。

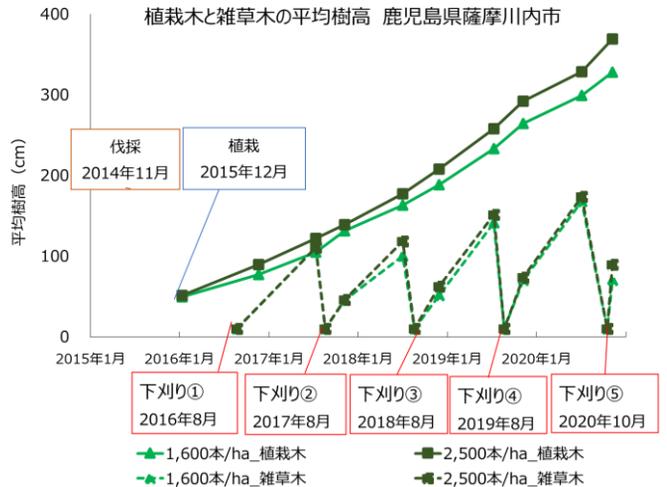
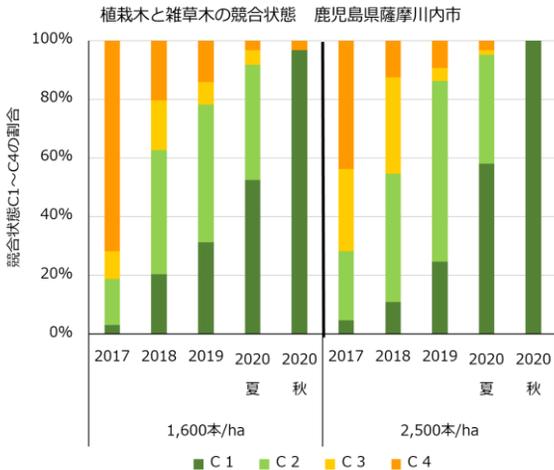
② 植栽密度と下刈り作業時間



- 下刈り作業時間は植栽密度にほとんど影響されなかった。
- 現場作業員からのヒアリングでは、植栽密度によって作業の難易の差は無かったとの回答があった。

③ 植栽木と雑草木の競合関係

※2021年は調査を実施していない



競合状態 (C1 ~ C4) の経年変化

植栽木と雑草木の平均樹高の比較



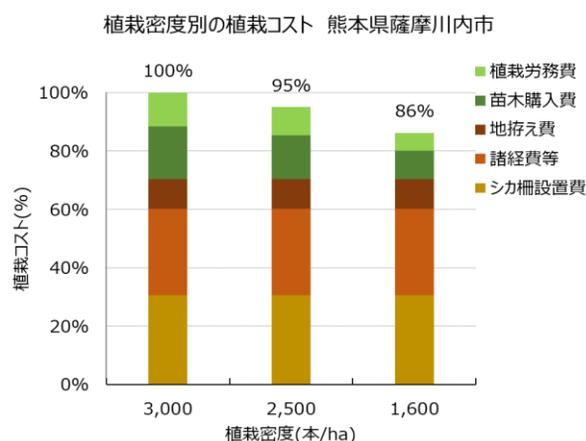
2020年7月撮影

- 本試験地は、植栽当初は落葉広葉樹が優占していたが、下刈りが毎年実施される中で変化し、2020年にはスギが優占する環境となっていた。
- 競合状態については、2020年夏の時点でどの植栽密度もC1 + C2の割合が9割を超えていた。
- 平均樹高の比較では、どの植栽密度も2020年夏の時点で植栽木と雑草木の樹高差が1m以上開いており、また優占しているスギの最大の高さ(2m程度)を超えているため、今後追いつかれることは無い。
- どの植栽密度も、2020年夏には優占するスギの最大の高さを植栽木が大きく超えている。2020年の5回目の下刈りは必ずしも必要ではなく、2019年の下刈り(4回目)で下刈りを終了できたと判断できる。
- なお、2021年の下刈りは実施されていない。

④低密度植栽によるコスト削減効果

【植栽時のコスト削減効果】

※苗木：一本 153円



3,000本/haと比較して・・・

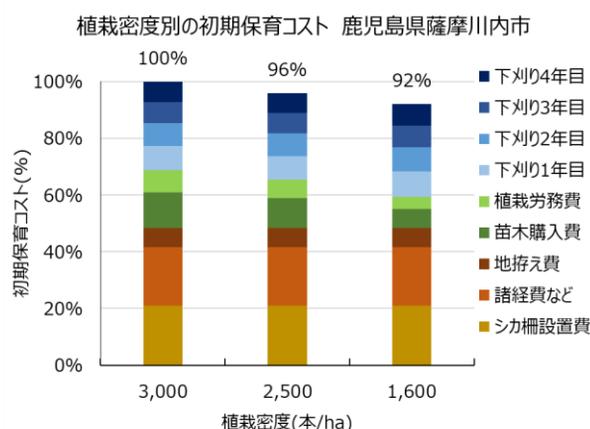
・2,500本/ha → 95%

・1,600本/ha → 86%

にコスト削減が可能

【地ごしらえから植栽後4年目までの初期保育コスト削減効果】

※下刈りのコストは②の結果を踏まえて算出した。



3,000本/haと比較して・・・

・2,500本/ha → 96%

・1,600本/ha → 92%

にコスト削減が可能

鹿児島県薩摩川内市まとめ（令和3（2021）年度時点）

試験地	<ul style="list-style-type: none"> 2015年12月に、1,600本/ha、2,500本/haの密度でスギを植栽した。 カラスザンショウなどの落葉広葉樹が優占していたが、下刈りが毎年実施される中で変化し、2020年にはススキが優占する環境となっていた。
調査結果	<ul style="list-style-type: none"> 植栽密度による初期の生育状況への差はほとんど見られなかった。 どの植栽密度もスギの成長が良好であり、2020年夏の時点で優占しているススキの最大の高さ（2m程度）を超えている。そのため、（2020年にも5回目の下刈りは実施されているものの）2019年の下刈り（4回目）で終了と判断できる。 2021年の下刈りは実施されていない。
課題など	<ul style="list-style-type: none"> 雑草木の種組成や遷移の状況によっては、通常の下刈り回数よりも削減が検討でき、低コスト化が見込める可能性がある。

<低密度植栽技術導入のための事例集>

林 野 庁

(初版 発行) 令和2 (2020) 年3月

(改訂版発行) 令和4 (2022) 年3月

(作成) 一般社団法人 日本森林技術協会

TEL (03) 3261-5281 (代表)

FAX (03) 3261-5393

<http://www.jafta.or.jp>