

令和5年度

再造林の省略化に向けた低密度植栽
試験地の検証報告に係る現地検討会

○日時：令和5年6月8日（木）

13：00～15：30

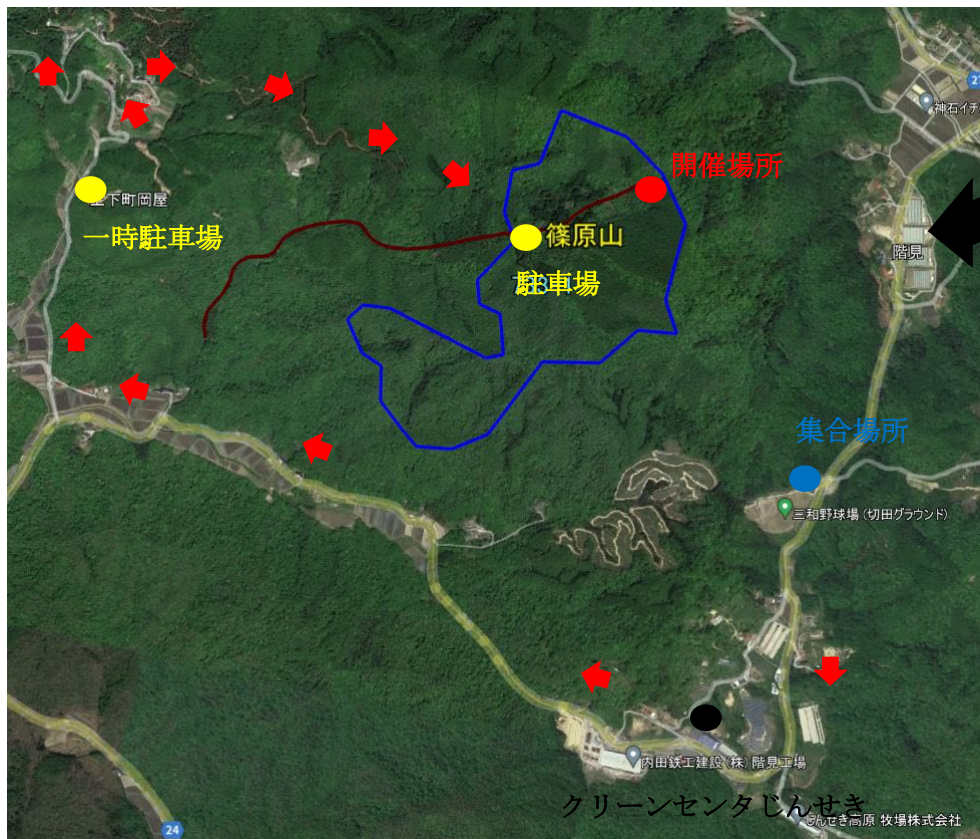
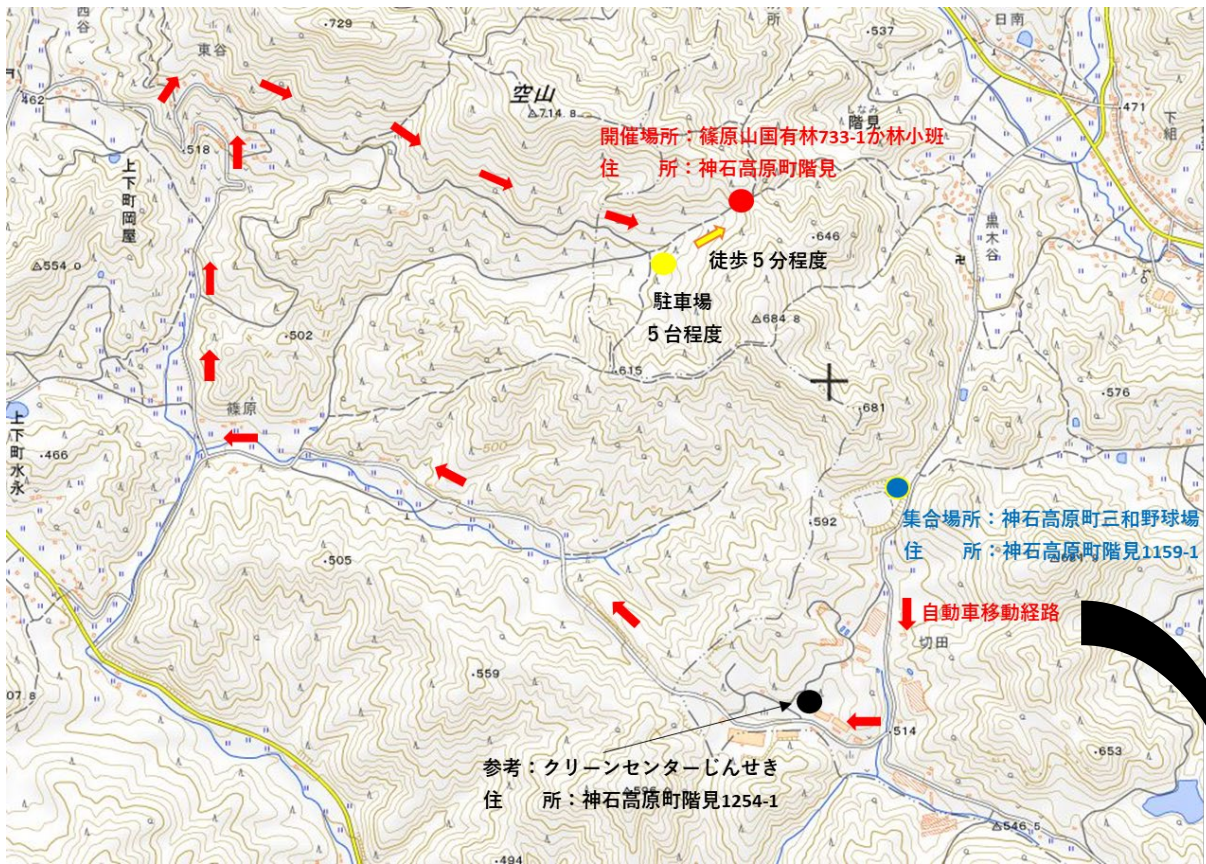
○場所：広島県神石郡神石高原町階見

篠原山国有林733-I林班

広島森林管理署

広島北部森林管理署

現地検討会位置図



再造林の省略化に向けた低密度植栽試験地の検証報告に係る現地検討会

次第

1 開 会

2 挨 拶

3 現地検討会

(1) 低密度植栽地（ヒノキ）の現況と再造林の省力化に向けた取組
（広島北部森林管理署） P1～P11

(2) 低密度植栽を行った樹齢32年のヒノキの成長量と非破壊試験による強度性能
（広島県立総合技術研究所林業技術センター） P12～P19

(3) スギ・ヒノキ低密度植栽試験の取組（広島森林管理署） P20～P31

4 意見交換・質疑応答

5 近畿中国森林管理局コメント

6 閉 会

○参考日程

- | | |
|---------------|-----------------|
| 12時40分～13時00分 | 集合場所で参加受付 |
| 13時00分～13時30分 | 集合場所から開催場所へ移動 |
| 13時30分～13時40分 | 開会・挨拶 |
| 13時40分～14時30分 | 現地検討会 |
| 14時30分～14時50分 | 全体を通じた意見交換、質疑応答 |
| 14時50分～15時00分 | 閉会 |
| 15時00分～15時30分 | 開催場所から集合場所へ移動 |

再造林の省略化に向けた低密度植栽試験地の検証報告に係る現地検討会

(低密度植栽地（ヒノキ）の現況と
再造林の省力化に向けた取組)

広島北部森林管理署

植栽から30年が経過した篠原山国有林1,500本/ha植栽地

1

背景

○「森林・林業基本計画」において、従来の森林施業を見直し技術開発が進みつつある新技術を活用して、伐採から再造林・保育に至る収支プラス転換を可能とする「新しい林業」が展開

○平成4年度に超低コストな施業を目指した「合自然的森林施業方法の確立」に向けた低密度植栽試験地を篠原山国有林に設定し10年間の成長量調査を実施

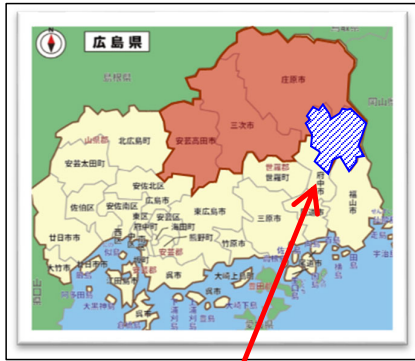
○植栽から30年が経過した試験地を改めて調査・分析

○今後の森林施業に反映

2

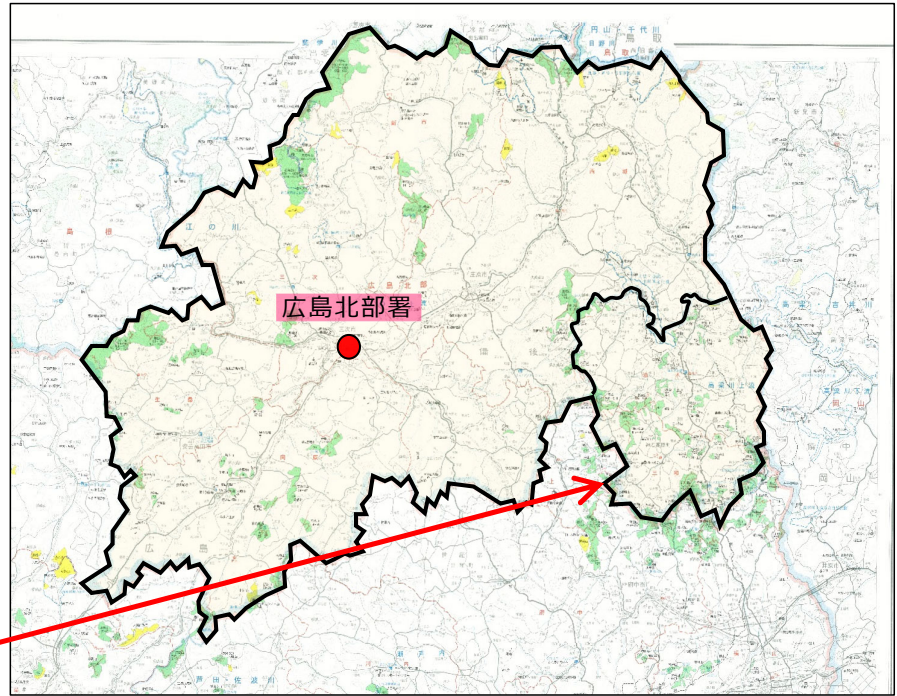
1

篠原山国有林低密度植栽地



神石高原町

篠原山国有林



3

「合自然的造林方法の確立」試験地の設定

平成5年1月29日設定



試験地の概要

場所	篠原山国有林 733- I か林小班
標高	600~680m
傾斜	中 (15~30度)
方位	西
地質	中生層
土壌型	BB
年間降水量	1,366mm (油木)

	面積	植栽本数	列間	苗間
自然的区①	0.12ha	1,500本/ha	3.0m	2.2m
自然的区②	0.12ha	1,000本/ha	4.0m	2.5m
対照区	5.70ha	3,000本/ha	1.8m	1.8m

施業履歴

前生樹の林況： 林齢60年生のヒノキ、アカマツ、その他L

下層植生 ヒサカキ、マツ、ソヨゴ、カヤ、サルトリイバラ、ヤマグミ、ヤマハギ、ヌルデ、クロモジ、オオカワイチゴ、ツゲ、アカメガシ、タラノキ、ネムノキ、サンショウ

保育作業等

区分	平成4年度		平成6年年度 下刈り	平成7年度 下刈り	平成8年度 下刈り	平成9年度 下刈り	平成10年度	備考
	平成4年11月 地ごしらえ	平成5年3月 植栽						
自然的区① 1,500本 0.12ha	○	○	×	×	×	×	×	自然的区の地ごしらえは、数年後植栽木の支障になる灌木のみ刈払い
自然的区② 1,000本 0.12ha	○	○	×	×	×	×	×	
対照区 3,000本 5.70ha	○	○	○ 4,90ha実施	○ 4,90ha実施	○ 5,70ha実施	○ 5,70ha実施	×	地ごしらえは、5.70haの内3.00haを実施

5

生育状況(平成6年度)

自然的区①
1,500本



自然的区②
1,000本



対照区
3,000本

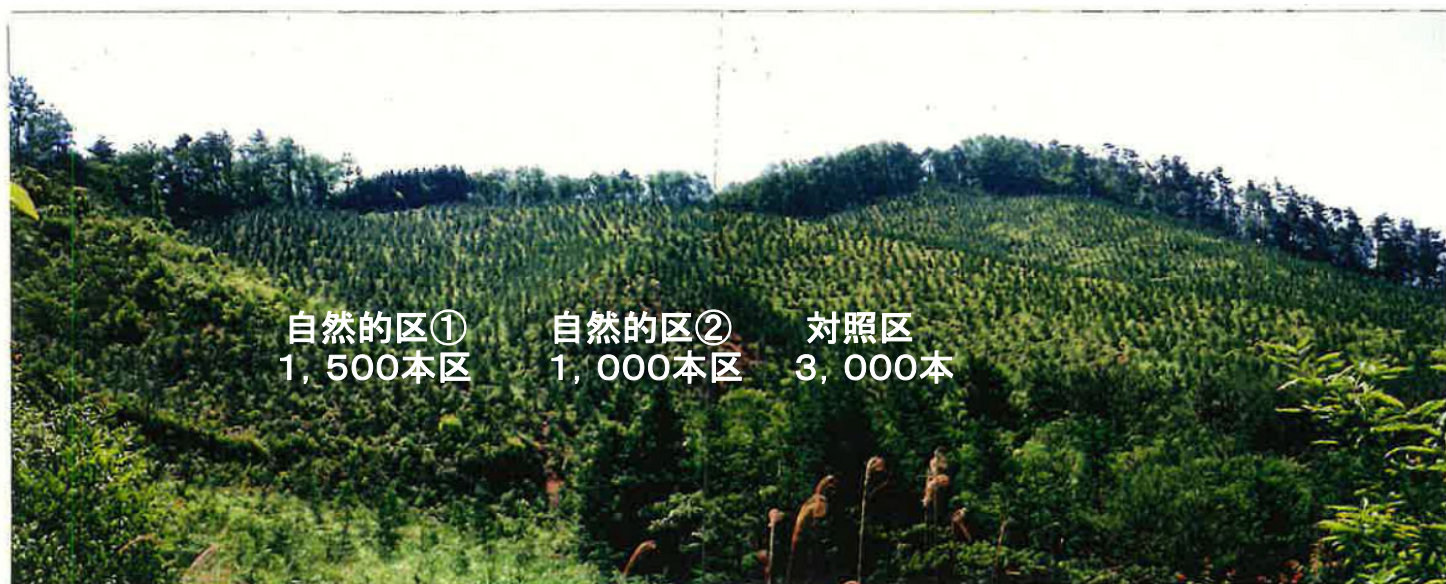


平成6年9月13日撮影

6

3

植栽から5年経過後の全景



平成10年5月21日撮影

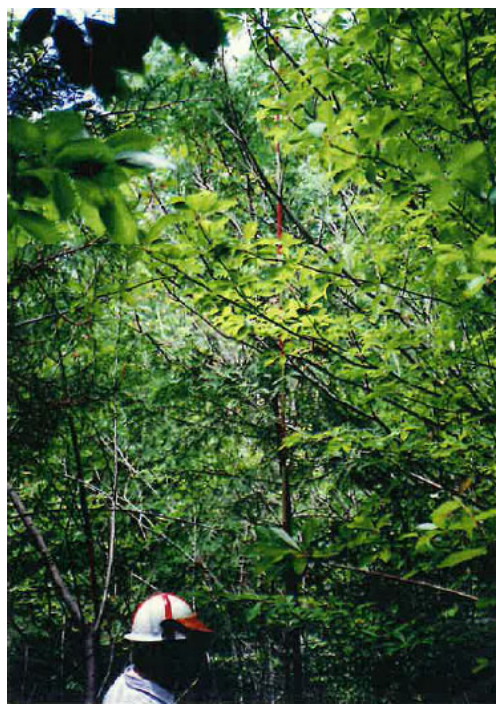
7

生育状況(平成15年度)

自然的区①
1,500本

自然的区②
1,000本

対照区
3,000本

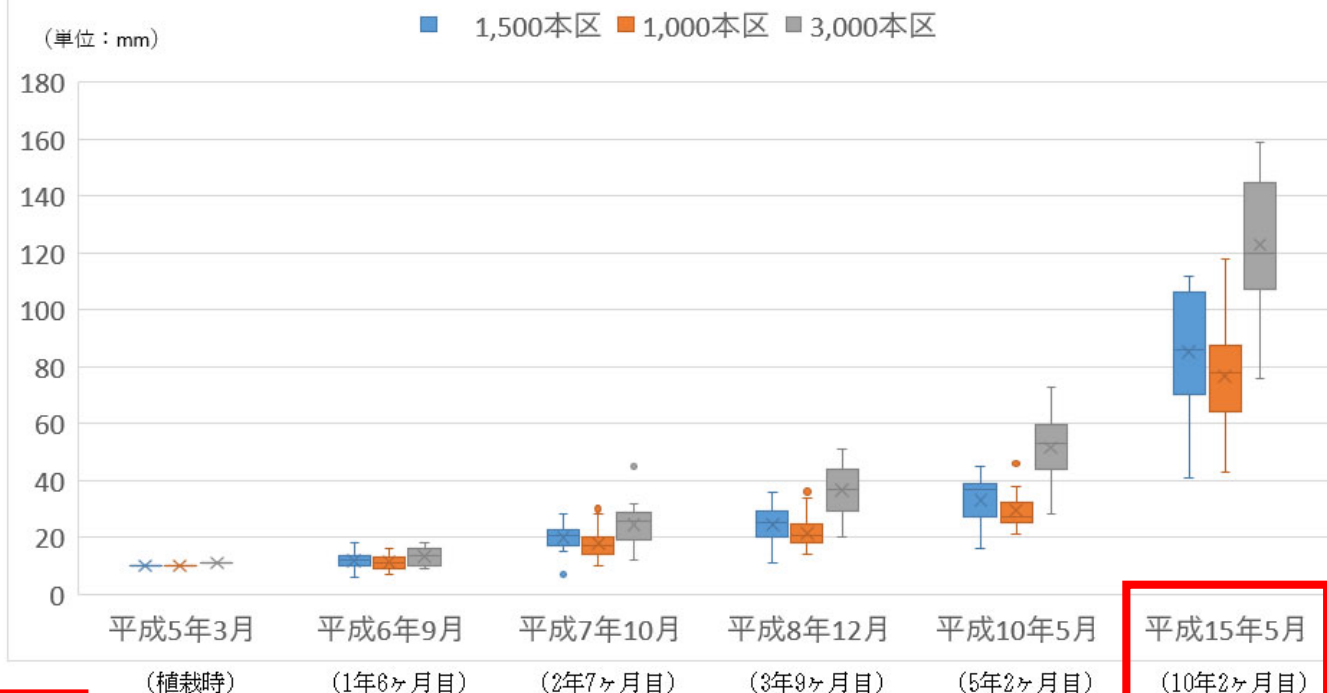


平成15年5月19日撮影

8

4

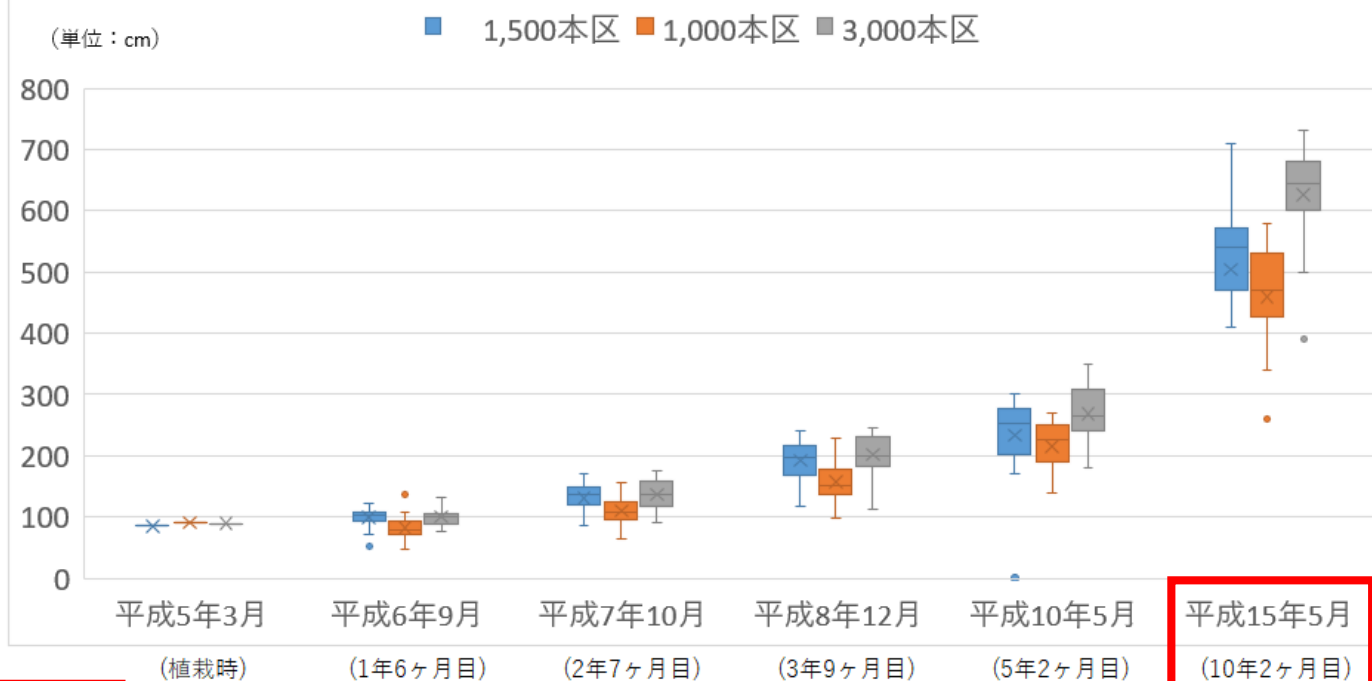
篠原山自然的造林方法試験地の成長量（根元径）



	平成5年3月 (植栽時)	平成6年9月 (1年6ヶ月目)	平成7年10月 (2年7ヶ月目)	平成8年12月 (3年9ヶ月目)	平成10年5月 (5年2ヶ月目)	平成15年5月 (10年2ヶ月目)
1,500本区	10	12	20	24	33	85
1,000本区	10	11	18	22	29	76
3,000本区	11	13	24	36	52	123

9

篠原山自然的造林方法試験地の成長量（樹高）



	平成5年3月 (植栽時)	平成6年9月 (1年6ヶ月目)	平成7年10月 (2年7ヶ月目)	平成8年12月 (3年9ヶ月目)	平成10年5月 (5年2ヶ月目)	平成15年5月 (10年2ヶ月目)
1,500本区	85	99	131	192	233	504
1,000本区	91	82	110	156	216	459
3,000本区	89	100	137	202	268	626

10

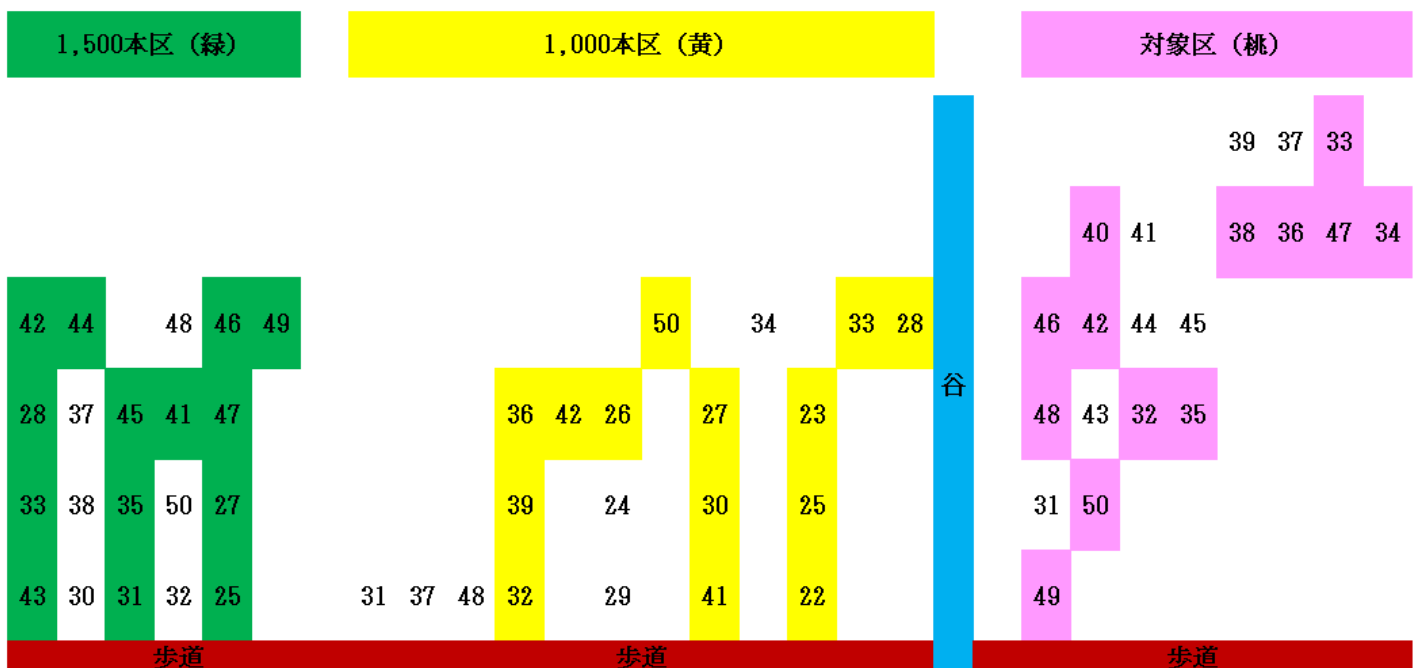
森林施業に係った経費等の比較 (平成4～24年度)

(単位：人/ha)

年度	作業種	自然的区	対照区	備考
4	地ごしらえ	8.3	12.2	平成4年11月
	植付	7.8	9.4	平成5年3月
6	下刈	—	4.5	
	つる切	—	3.8	
7	下刈	—	4.6	
8	下刈	—	4.6	
9	下刈	—	5.3	
24	間伐	0.3	6.3	間伐率19% 灌木の伐採を含む
計		16.4	50.7	

11

試験地設定当時の調査プロットの再現(令和4年9月)



注) 網掛け数字は調査木、平成24年度の間伐木は網かけなし。

調査項目

胸高直径、樹高、材質 (応力波伝播法)、細り

12

令和4年9月の生育状況(植栽から30年)

自然的区① 1,500本



対照区 3,000本



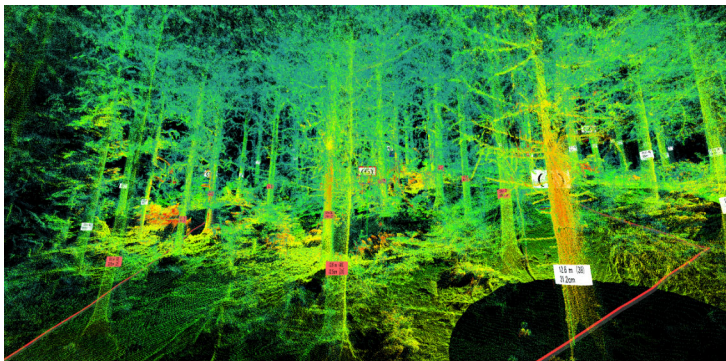
自然的区② 1,000本



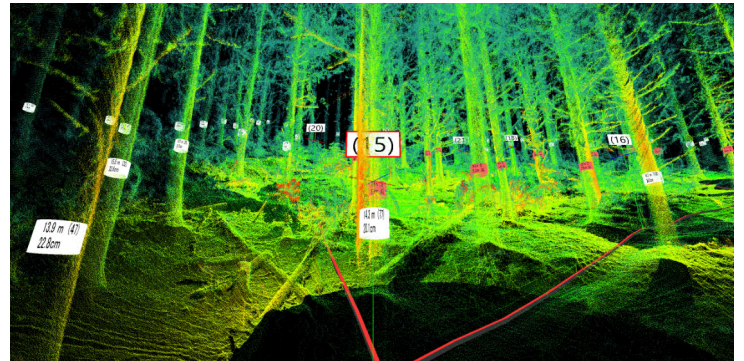
13

令和4年9月の生育状況(OWL画像)

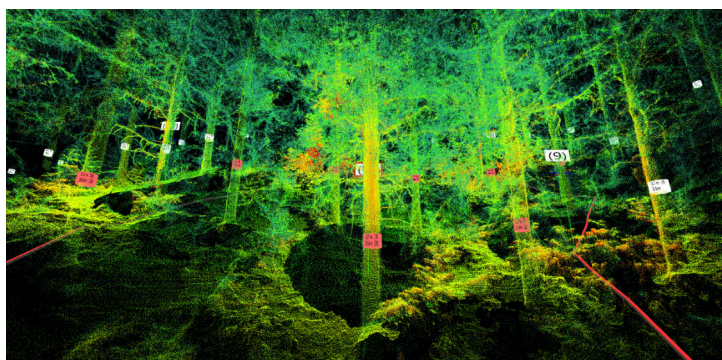
自然的区① 1,500本



対照区 3,000本

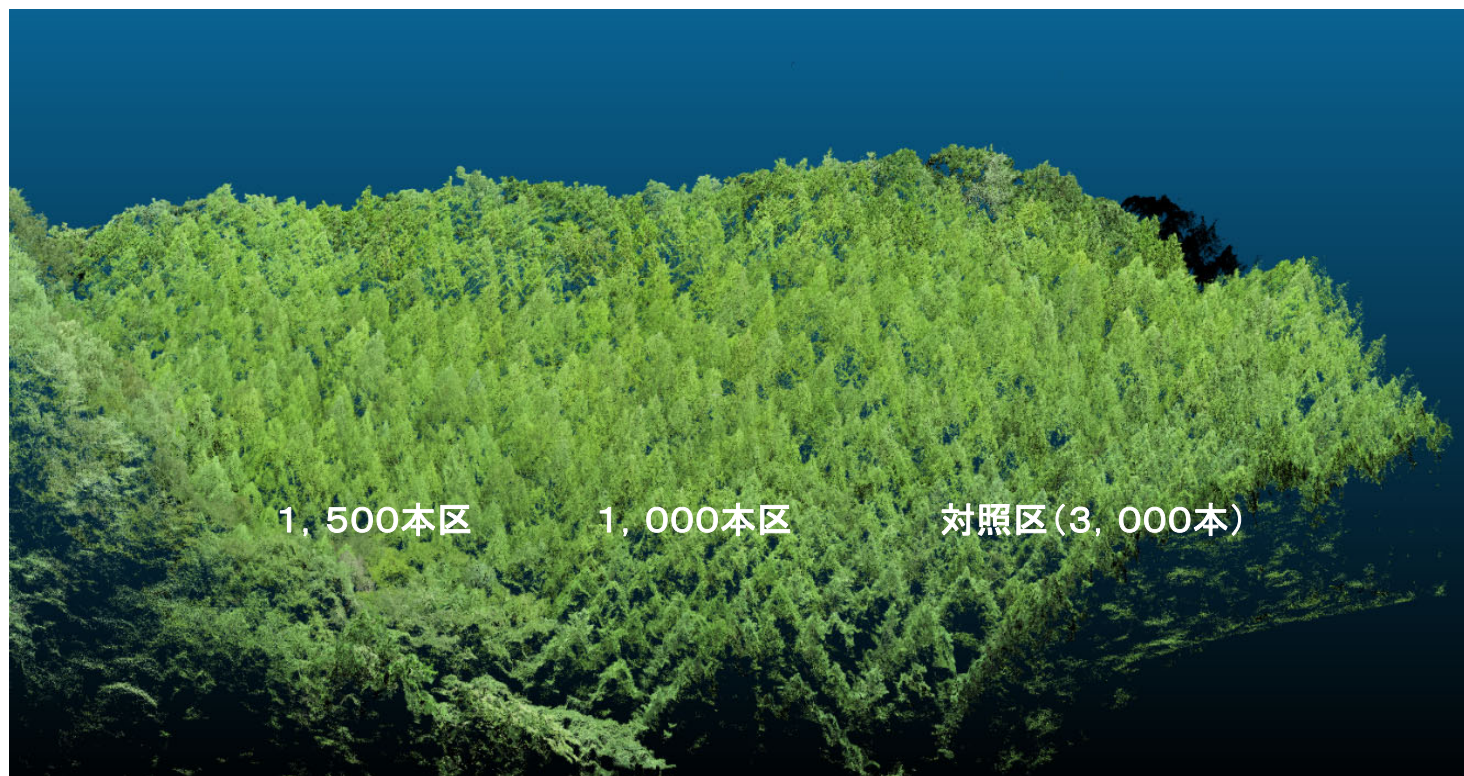


自然的区② 1,000本



14

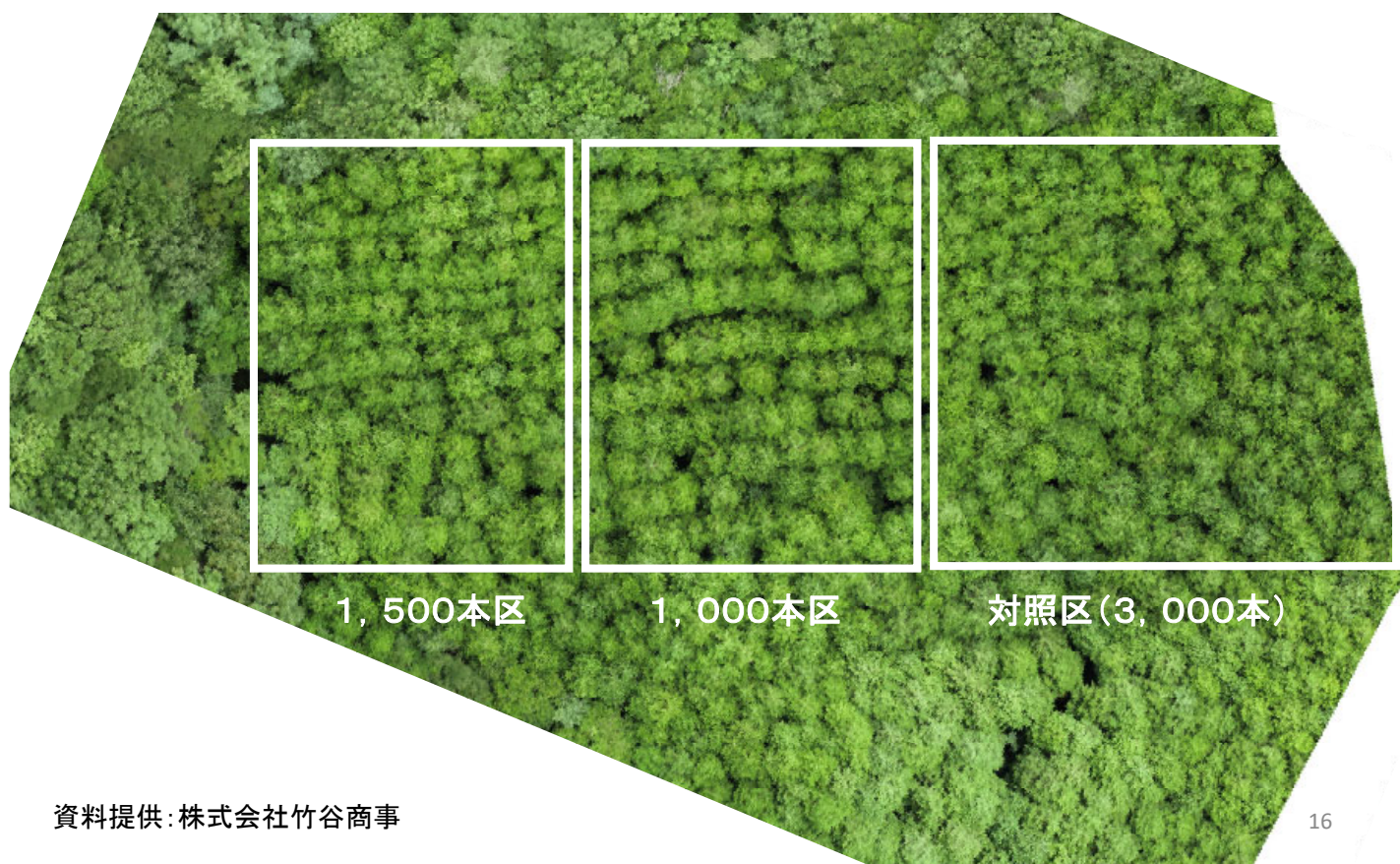
令和4年9月の生育状況全景(点群データ)



資料提供: 株式会社竹谷商事

15

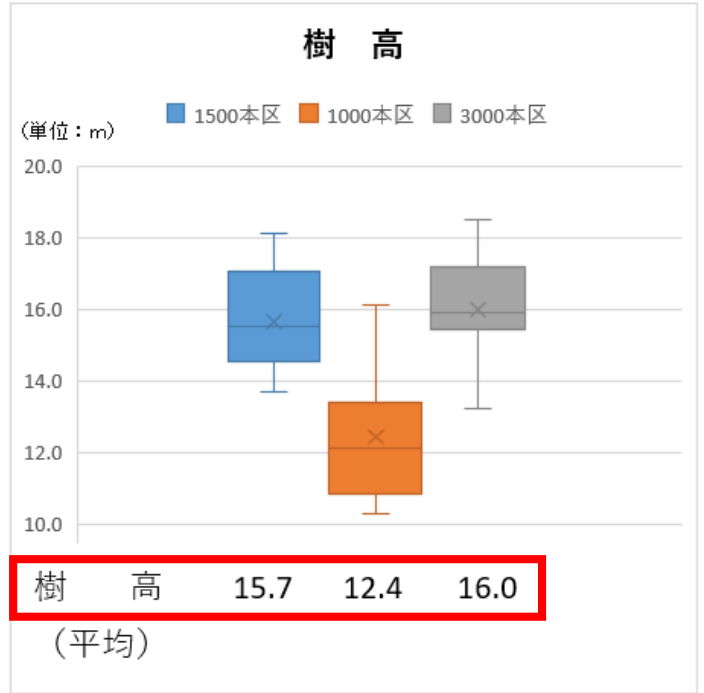
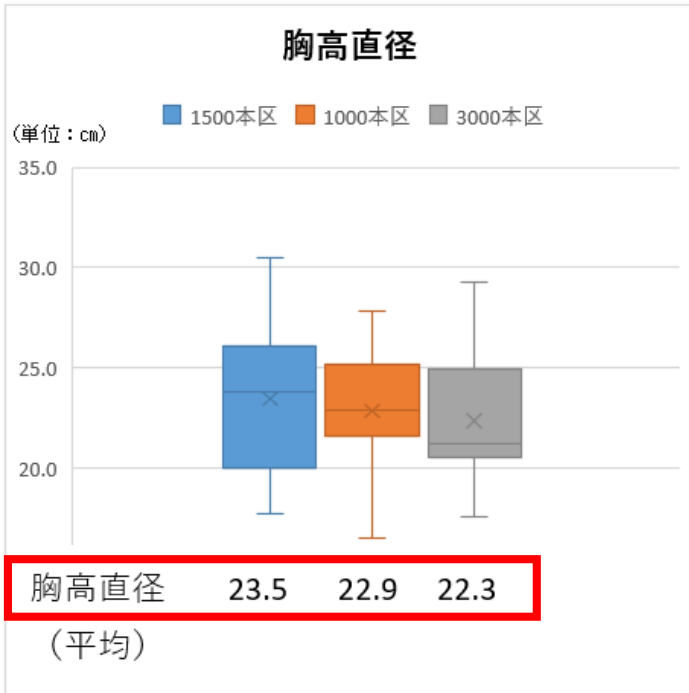
令和4年9月の生育状況全景(オルソ画像)



資料提供: 株式会社竹谷商事

16

令和4年9月の調査結果



17

材質調査 (FAKOPP)

通常の方法と幹の両側を挟み込んで計測するMM法
打撃については、FAKOPP付属の金槌と改造ボールペン打撃

通常方式



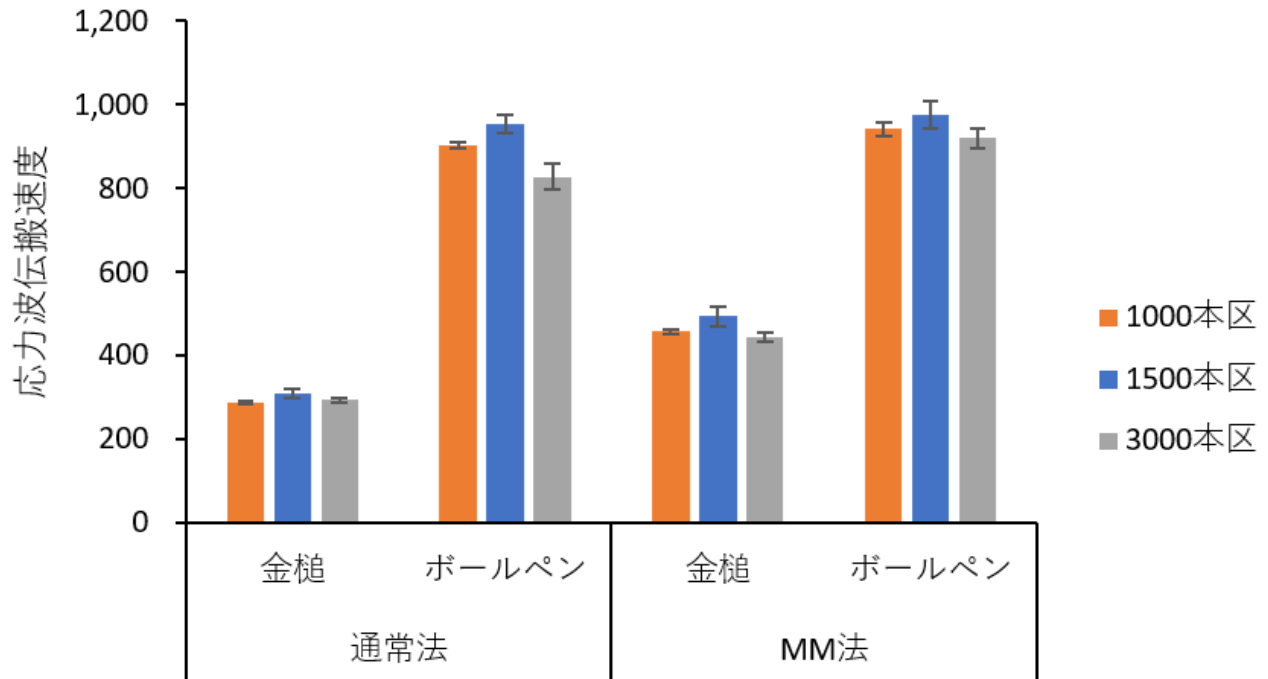
MM方式



広島県立総合技術研究所林業技術センターの協力を得て実施

18

応力波伝搬時間測定装置（FAKOPP） 調査結果



※誤差棒は標準誤差を表す。

広島県立総合技術研究所林業技術センターの調査結果

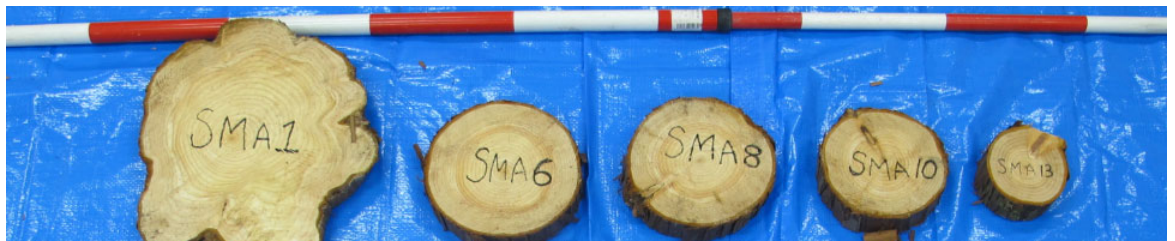
「今回の結果からは、密度別の植栽方法の違いは強度に与える影響はほとんどない。」

19

標準木の細り調査

根元 3m 4m 6m 9m

自然的区①
1,500本



細り率 52% 19.3cm 17.6cm 15.2cm 10.1cm

自然的区②
1,000本



細り率 49% 18.7cm 16.6cm 14.7cm 9.1cm

対照区
3,000本



細り率 67% 18.0cm 16.8cm 15.5cm 12.1cm

※細り率：3mと9mの直径の比率

20

10

ご清聴ありがとうございました。



新たな低密度植栽試験地（時鳥山国有林）

再造林の省力化に向けた低密度植栽 試験地の検証報告に係る現地検討会

(スギ・ヒノキ低密度植栽試験の取組)

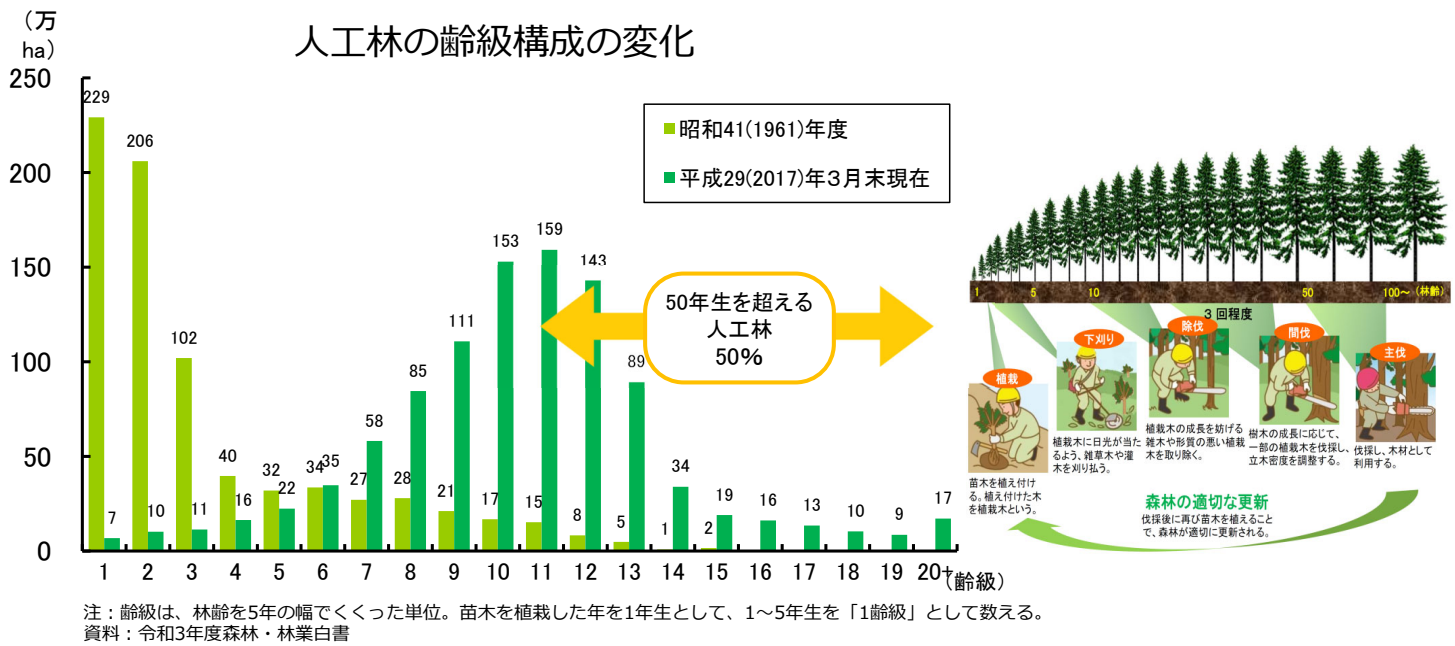
令和5年6月8日

広島森林管理署

1 日本の林業・木材産業をとりまく状況

(1) 本格的な利用期を迎えた人工林

➤ 人工林の5割が一般的な主伐期である50年生を超え、本格的な利用期を迎えている。



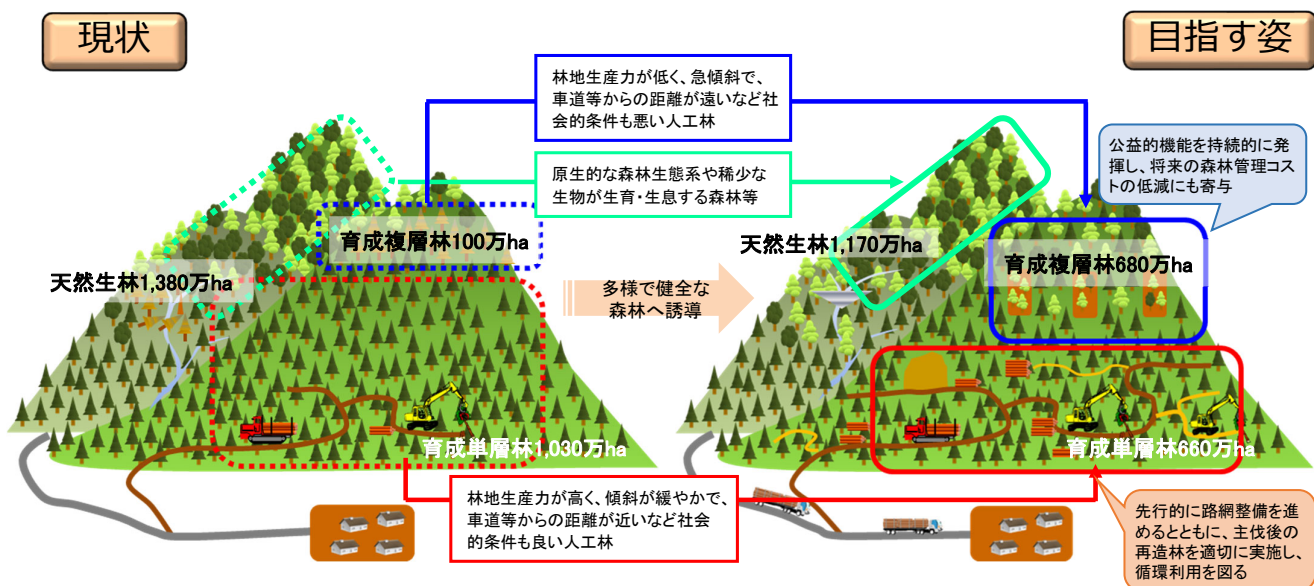
➡ 再生可能な森林資源を『伐って、使って、植えて、育てる』循環利用の時代に！

1

(2) 森林の誘導の考え方

令和3年6月策定 森林・林業基本計画

■森林の誘導の考え方



○ 育成単層林を維持する森林

- 多様な伐期と植栽での確実な更新を図り、資源を循環利用していく森林として位置づけ。
- 公益的機能の発揮を同時に図る森林では、皆伐面積の縮小・分散や、伐期の長期化、植栽による確実な更新で、伐採に伴う裸地化の影響を軽減。

○ 育成複層林に誘導する森林

- 自然条件等に応じて択伐や帯状又は群状の伐採と広葉樹の導入等により複層林化を図り、公益的機能の発揮を図る森林として位置づけ。
- 天然生林のうち里山など継続的な利用や管理が必要な森林では、更新補助作業等により、育成複層林に誘導。

○ 天然生林を維持する森林

- 主に天然力により健全性が確保される森林として位置づけ。
- 自然の推移に委ねることを基本として、必要に応じて植生の復元を図る。

2

21

(3) 林業の低コスト化 (参考) 施業地レベル1haの試算

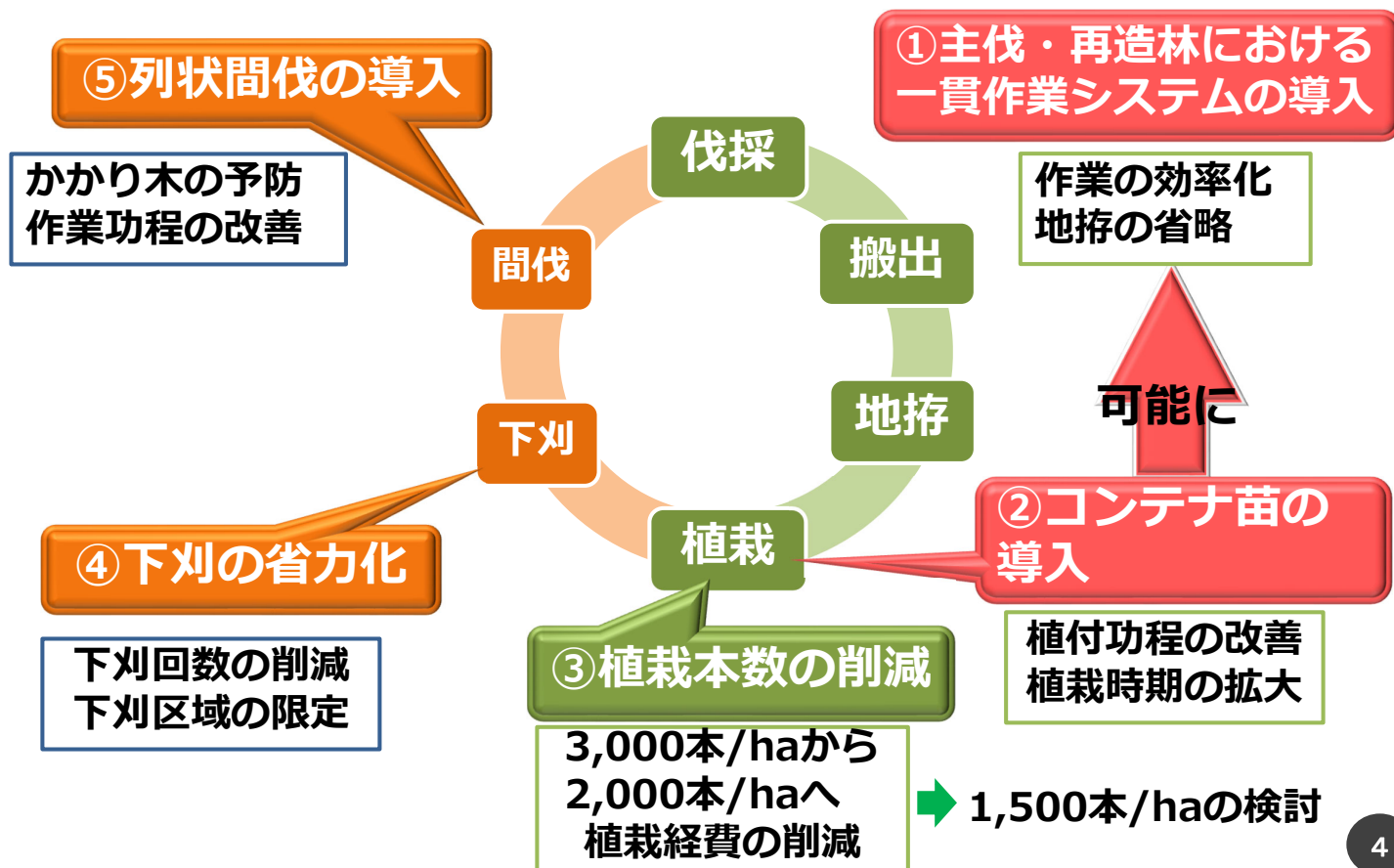
令和3年6月策定 森林・林業基本計画

	基本情報	主伐	地拵え・植栽	下刈り	除伐	保育間伐	搬出間伐	計
<p>現状</p> <p>↓</p> <p>近い将来</p> <p>↓</p> <p>新しい林業</p>	<p>○伐期:50年</p> <p>○作業員:4名</p> <p>○事務員:1名</p> <p>○作業員の賃金:16,000円/人日</p> <p><small>・林業の年間平均給与343万円を210日で除した数字 ・社会保険料等を含む</small></p>	 <p>✓ 生産量: 315m³ ✓ 生産性: 7.14m³/人日</p> <p>■ 収支 90万円</p> <p>経費 307万円 丸太収入 396万円</p>	 <p>✓ 3,000本植え/ha ✓ 裸苗、人力 ✓ 獣害防護柵設置</p> <p>■ 収支 -66万円</p> <p>経費 180万円 補助金 114万円</p>	 <p>✓ 5回実施 ✓ 刈り払い機</p> <p>■ 収支 -40万円</p> <p>経費 101万円 補助金 61万円</p>	 <p>✓ 2回実施 ✓ 刈り払い機</p> <p>■ 収支 -15万円</p> <p>経費 37万円 補助金 22万円</p>	 <p>✓ 1回実施 ✓ フェンソー使用</p> <p>■ 収支 -6万円</p> <p>経費 15万円 補助金 9万円</p>	 <p>✓ 生産量: 60m³ ✓ 生産性: 4.17m³/人日</p> <p>■ 収支 3万円</p> <p>経費 91万円 補助金 45万円 丸太収入 49万円</p>	<p>■ 収支 -34万円</p> <p>経費 730万円 補助金 251万円 丸太収入 445万円</p> <p>・造林経費を捻出できない。 ・今後、植栽を実施しない恐れ。</p>
	<p>○伐期:50年</p> <p>○作業員:4名</p> <p>○事務員:1名</p> <p>○作業員の賃金:18,000円/人日</p> <p><small>・公共工事設計労務単価の普通作業員の賃金 ・社会保険料等を含む</small></p>	 <p>✓ 生産量: 315m³ ✓ 生産性: 11m³/人日</p> <p>■ 収支 148万円</p> <p>経費 248万円 丸太収入 396万円</p>	 <p>✓ 伐採・造林一貫作業システム ✓ 2,000本植え/ha ✓ コンテナ苗 ✓ 獣害防護柵設置</p> <p>■ 収支 -50万円</p> <p>経費 142万円 補助金 92万円</p>	 <p>✓ 4回実施 ✓ 刈り払い機</p> <p>■ 収支 -35万円</p> <p>経費 90万円 補助金 55万円</p>	 <p>✓ 1回実施 ✓ 刈り払い機</p> <p>■ 収支 -8万円</p> <p>経費 21万円 補助金 13万円</p>	 <p>✓ 1回実施 ✓ フェンソー使用</p> <p>■ 収支 -6万円</p> <p>経費 17万円 補助金 10万円</p>	 <p>✓ 生産性向上の取組により生産性UP ✓ 生産量: 60m³ ✓ 生産性: 8m³/人日</p> <p>■ 収支 22万円</p> <p>経費 56万円 補助金 23万円 丸太収入 55万円</p>	<p>■ 収支 71万円</p> <p>経費 573万円 補助金 192万円 丸太収入 452万円</p> <p>・生産性向上の取組 ・伐採造林一貫作業などにより【黒字に転換】</p> <p>・公共労務単価並みの賃金を達成した上で、造林経費への経費を捻出。</p>
	<p>○伐期:30年</p> <p>○作業員:2名</p> <p>○事務員:1名</p> <p>○作業員の賃金:24,000円/人日</p> <p><small>・東京国税局管内の全作業平均492万円を210日で除した数字 ・社会保険料等を含む</small></p>	 <p>自動化機械の導入により生産性UP</p> <p>✓ 生産量: 315m³ ✓ 生産性: 22m³/人日</p> <p>■ 収支 152万円</p> <p>経費 245万円 丸太収入 396万円</p>	 <p>✓ 伐採・造林一貫作業システム ✓ 1,500本植え/ha ✓ エリートツリー・コンテナ苗 ✓ 獣害防護柵設置</p> <p>■ 収支 -37万円</p> <p>経費 100万円 補助金 64万円</p>	 <p>✓ 1回実施 ✓ 自動化機械</p> <p>■ 収支 -9万円</p> <p>経費 22万円 補助金 13万円</p>	 <p>✓ 1回実施 ✓ 刈り払い機 ✓ 作業の効率化</p> <p>■ 収支 -6万円</p> <p>経費 14万円 補助金 8万円</p>	<p>保育間伐は実施せず</p>	 <p>自動化機械の導入により生産性UP</p> <p>✓ 生産量: 60m³ ✓ 生産性: 12m³/人日</p> <p>■ 収支 13万円</p> <p>経費 66万円 補助金 30万円 丸太収入 50万円</p>	<p>■ 収支 113万円</p> <p>経費 448万円 補助金 114万円 丸太収入 446万円</p> <p>・自動化機械の導入等による生産性の向上などにより【更なる黒字】</p> <p>・他産業並みの賃金を達成した上で造林経費を捻出。 ・回収期間が50年から30年と短くなる。</p>

※ 四捨五入により計は必ずしも一致しない

3

(4) 近畿中国森林管理局の造林・育林の低コスト化に向けた取組



4

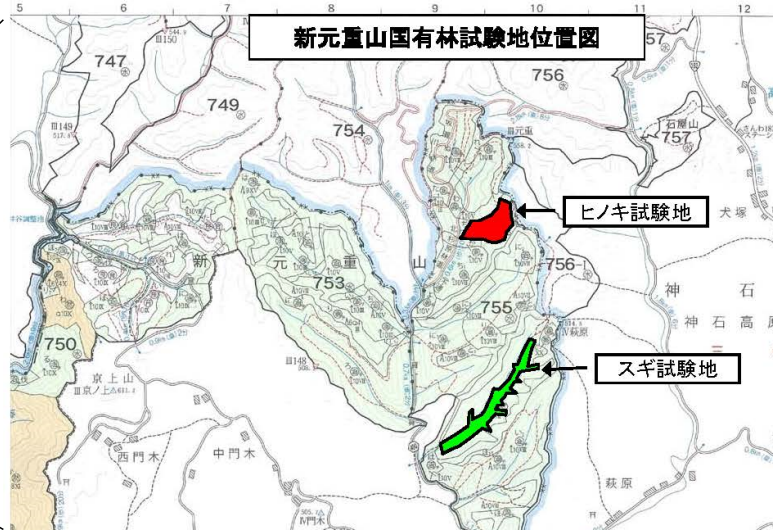
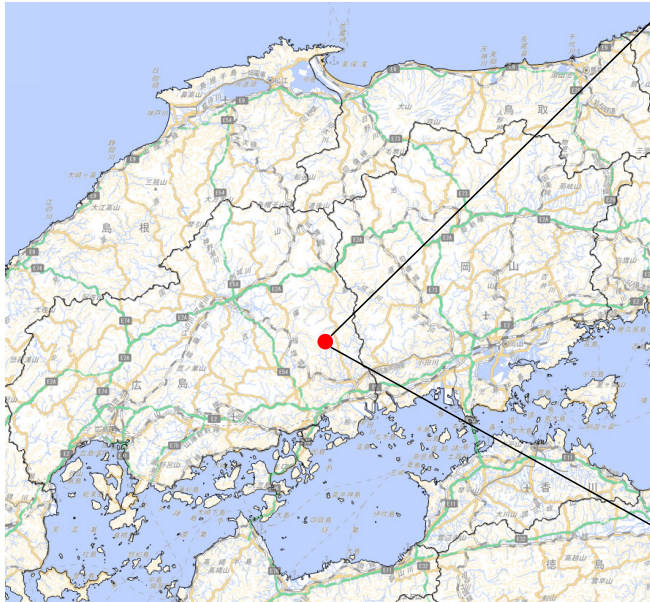
2 スギ・ヒノキ低密度植栽試験地

(新元重山国有林 (広島森林管理署))

(1) 試験地概要

ア 場所

広島県福山市 新元重山国有林 755林班ち2、ろ小班



5

(1) 試験地概要

イ 地形、林況

項目	スギ試験地 755ろ林小班	ヒノキ試験地 755ち2林小班
面積	3.25ha	2.38ha
標高	400~470m	470~500m
方位	SE NW	NS
地質	古生層粗粒砂岩	古生層粗粒砂岩
土壌型	BD (d)	BD (d)
傾斜	中	中
前生樹	明治42年スギ、ヒノキ新植	明治42年スギ、ヒノキ新植
伐採	昭和46年皆伐	昭和48年皆伐
新植	昭和48年3月	昭和49年3月
現林齢	52年生	51年生

昭和47年度、大苗の疎植による「地拵、植付、下刈工程の省力化の検討」のために設置された試験地（昭和56年度に試験終了）。

6

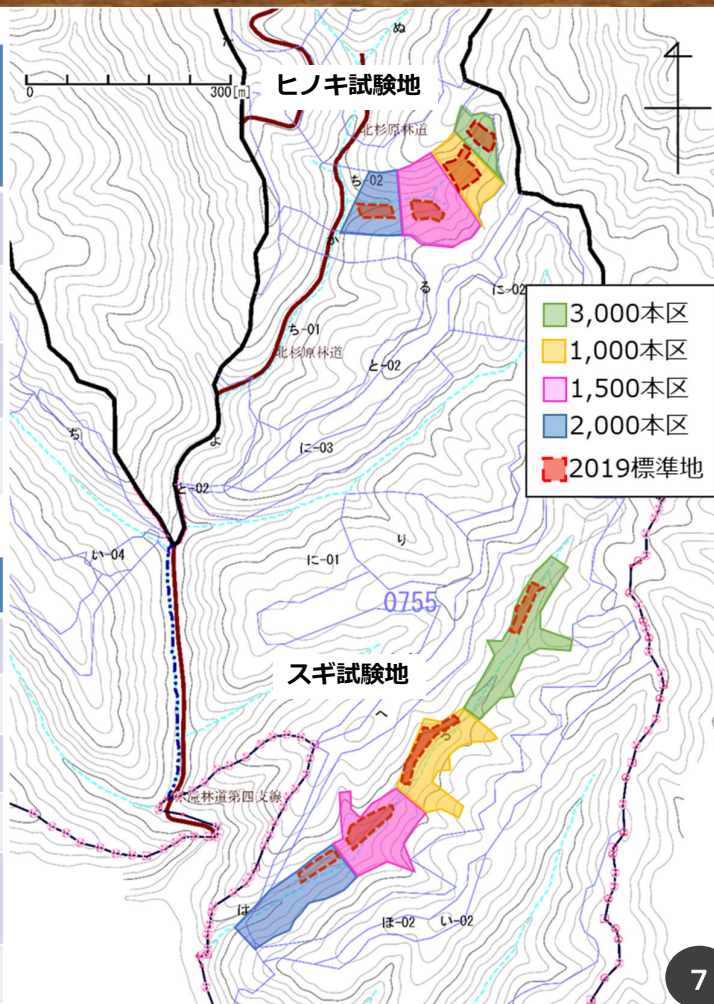
(1) 試験地概要

ウ 試験区

植栽本数密度 (本/ha)	植栽間隔 (m)	スギ試験区 (ha)	ヒノキ試験区 (ha)
1,000	3.3	0.80	0.58
1,500	2.5	0.83	0.90
2,000	2.2	0.85	0.62
3,000	1.8	0.77	0.28

エ 施業履歴

	スギ	ヒノキ
下刈	4回	5回
つる切	12回	3回
枝打	—	1回
除伐	2回	3回
保育間伐	H10(千本区除く) 材積率20%	H11(千本区除く) 材積率20%
列状間伐	H26、1伐3残	H26、1伐3残

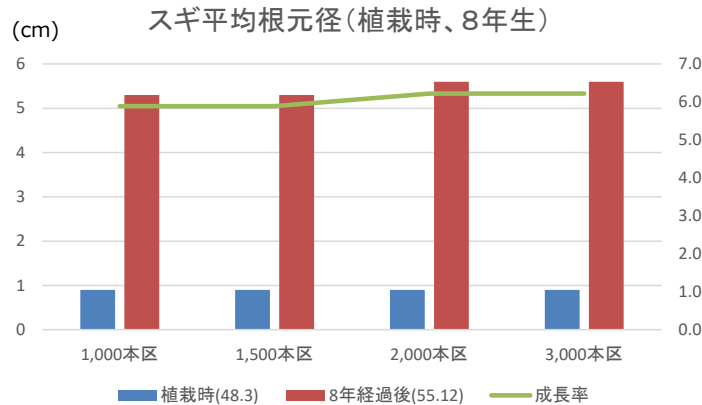
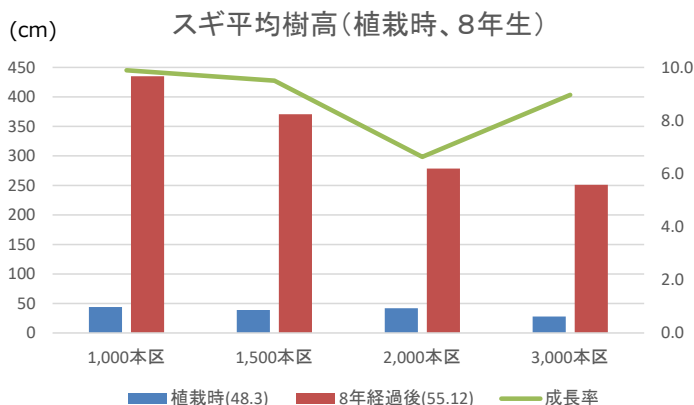


7

(2) 初期成長

ア スギ

- 樹高は、2,000本区の成長が低位、1,000本区が良い傾向。
- 根元径は、2,000本区と3,000本区の成長が少し良いが、ほとんど変わらない傾向。



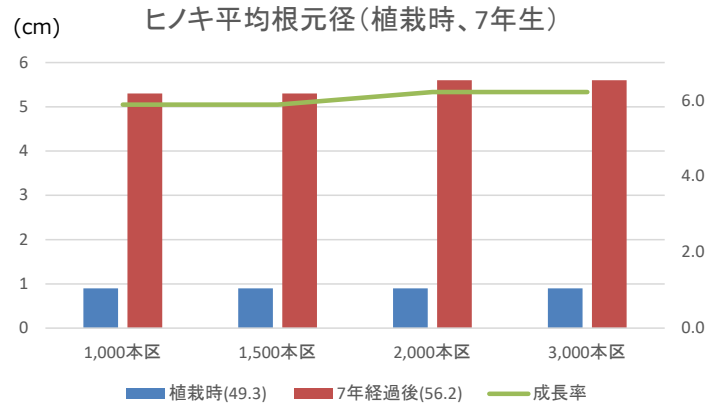
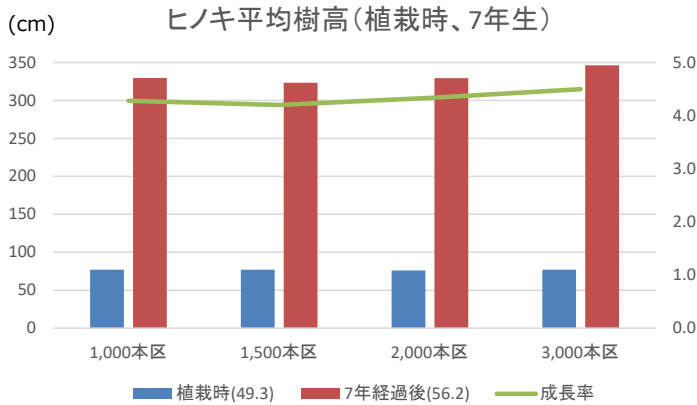
※ 3,000本区は28cmの普通苗、それ以外は39~44cmの苗を植栽

8

(2) 初期成長

イ ヒノキ

- ▶ 樹高は、3,000本区の成長が少し良いが、ほとんど変わらない傾向。
- ▶ 根元径は、2,000本区と3,000本区の成長が少し良いが、ほとんど変わらない傾向。



※ 全ての植栽区で76~77cmの苗を植栽

9

(3) 直近(令和元年度時点)の林分状況

スギ: 48年生時
ヒノキ: 47年生時

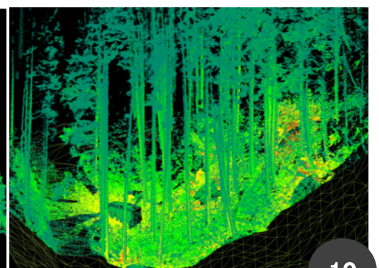
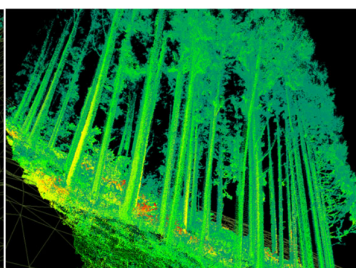
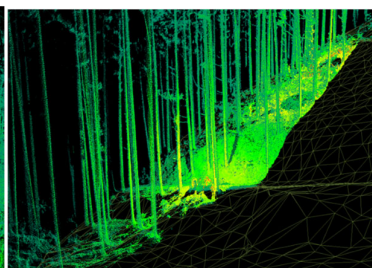
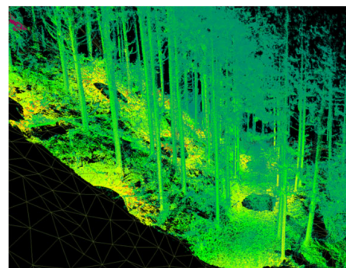
<スギ>

1,000本区

1,500本区

2,000本区

3,000本区



(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

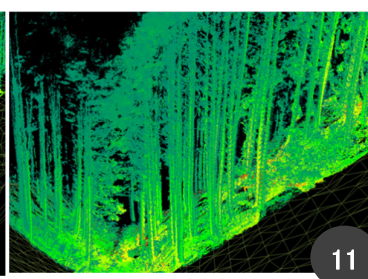
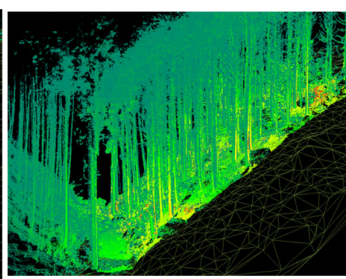
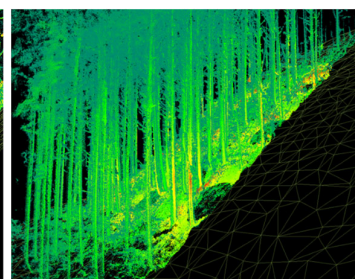
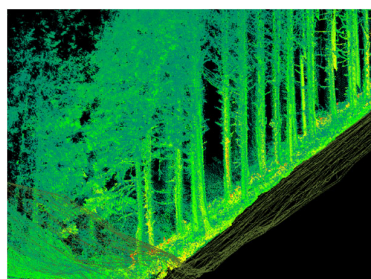
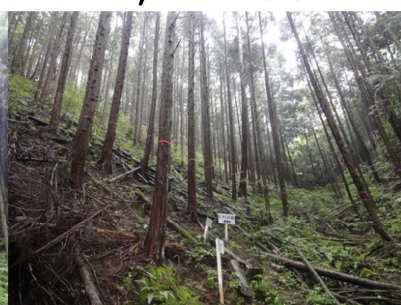
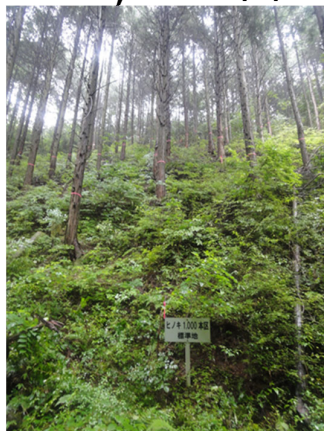
<ヒノキ>

1,000本区

1,500本区

2,000本区

3,000本区

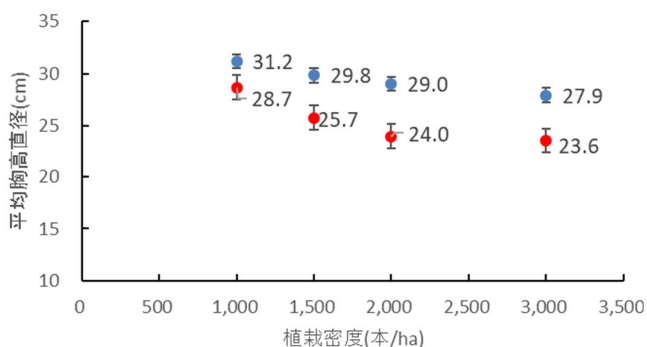


11

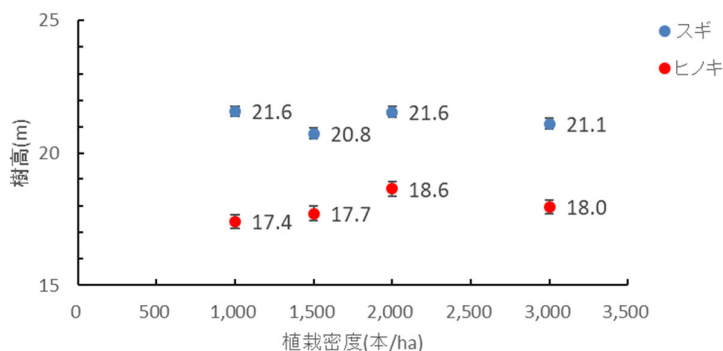
(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

- ①平均胸高直径：植栽密度が大きくなるにつれて、小さくなる傾向。
- ②平均樹高：いずれの試験区でも、1等地(スギ19.7m以上、ヒノキ16.3m以上)に該当。ヒノキで試験区間に差あり。

平均胸高直径



平均樹高



	Tukey-Kramer法による多重比較			
	平均胸高直径		平均樹高	
	スギ	ヒノキ	スギ	ヒノキ
1,000本区	a	a	a	b
1,500本区	a	b	a	ab
2,000本区	a	b	a	a
3,000本区	a	b	a	ab

- ①平均胸高直径
スギ：有意差なし
ヒノキ：1,000本区とそれ以外の試験区間との間で有意差あり
- ②平均樹高
スギ：有意差なし
ヒノキ：1,000本区と2,000本区との間で有意差あり

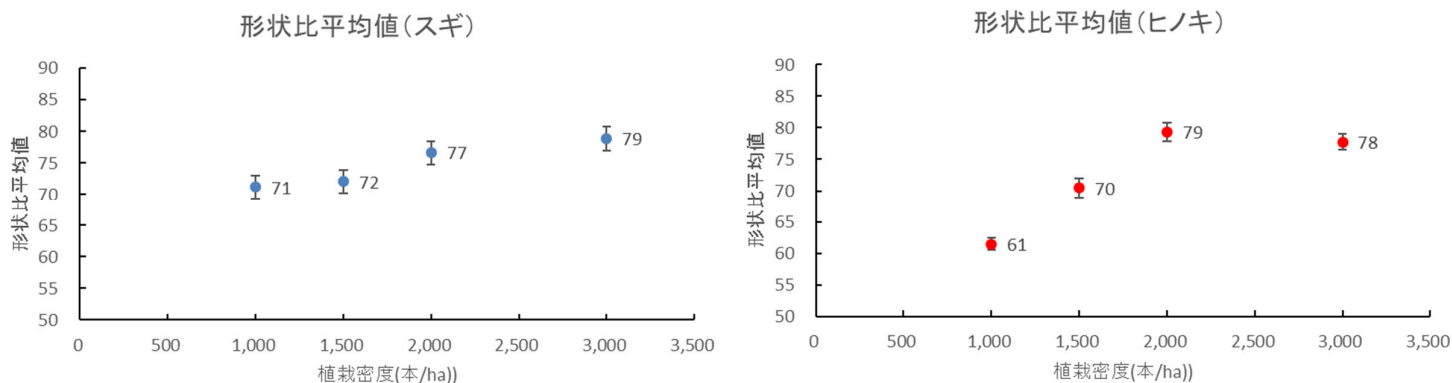
※異なる樹種での異なるアルファベットは、試験区間の平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

12

26

(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

③形状比の平均値：スギ、ヒノキいずれの試験区でも植栽密度が大きくなるにつれて、大きくなる傾向。
2,000本区及び3,000本区では、80近い値。



Tukey-Kramer法による多重比較		
	形状比平均	
	スギ	ヒノキ
1,000本区	b	c
1,500本区	b	b
2,000本区	ab	a
3,000本区	a	a

③形状比の平均値

スギ：3,000本区と1,000本区及び1,500本区との間で、有意差あり

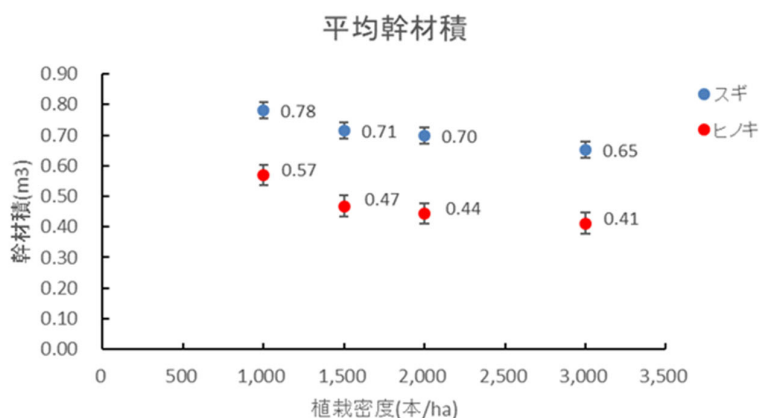
ヒノキ：2,000本区と3,000本区との間以外で有意差あり

※異なる樹種での異なるアルファベットは、試験区間の平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

13

(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

④平均幹材積：スギ、ヒノキいずれの試験区でも植栽密度が大きくなるにつれて、小さくなる傾向。



Tukey-Kramer法による多重比較		
	平均幹材積	
	スギ	ヒノキ
1,000本区	a	a
1,500本区	a	b
2,000本区	a	b
3,000本区	a	b

④平均幹材積

スギ：有意差なし

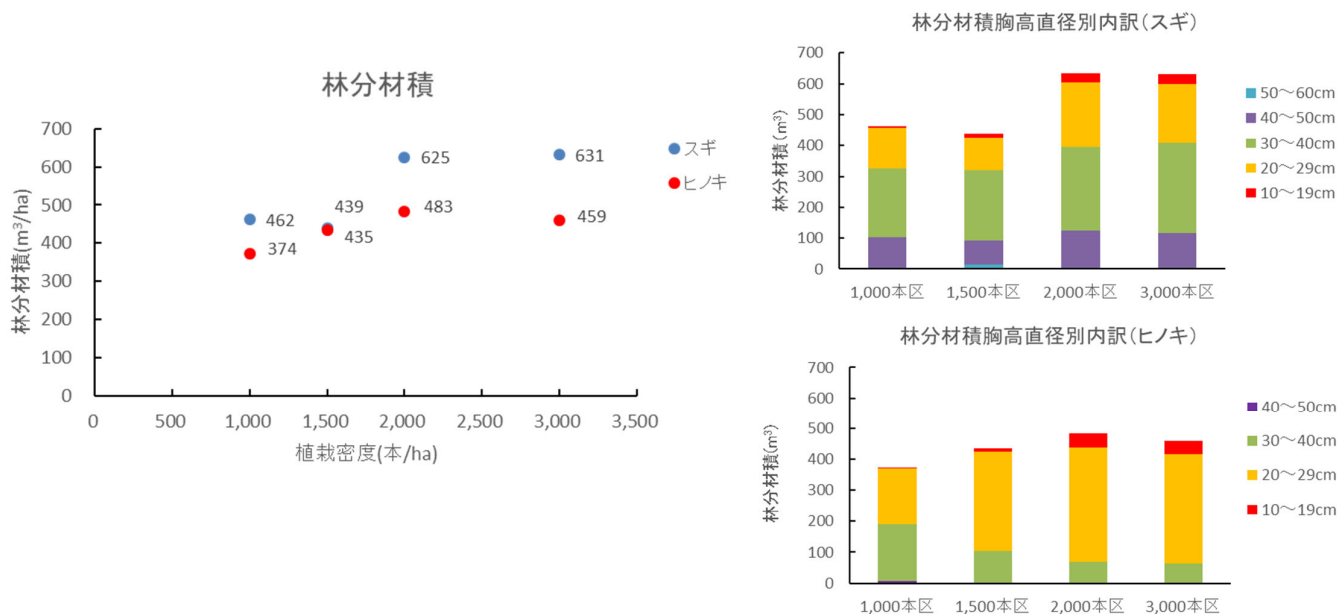
ヒノキ：1,000本区とそれ以外の区との間で有意差あり

※異なる樹種での異なるアルファベットは、試験区間の平均値に有意差（5%水準）があることを示す。

14 27

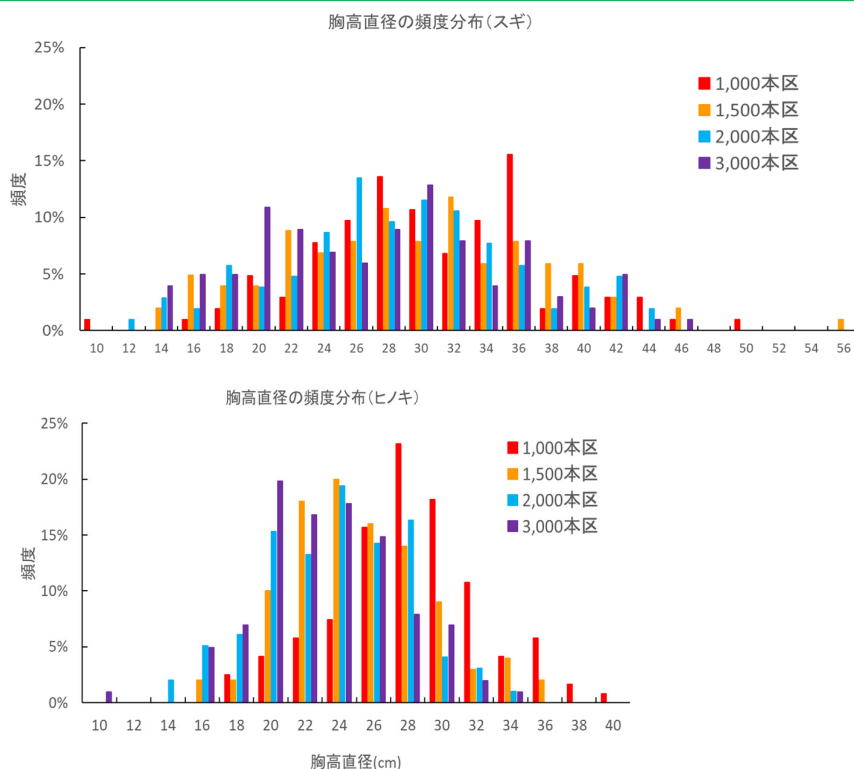
(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

⑤ 林分材積：スギでは、3,000本区及び2,000本区が、1,500本区及び1,000本区に比べて大きい。ヒノキでも同様の傾向だが差は小。胸高直径別の内訳について、スギでは、30cm上の材積は試験区間の差が小。ヒノキでは、1,000本区で30cm上の材積が大きい、20cm上での差は小さい。



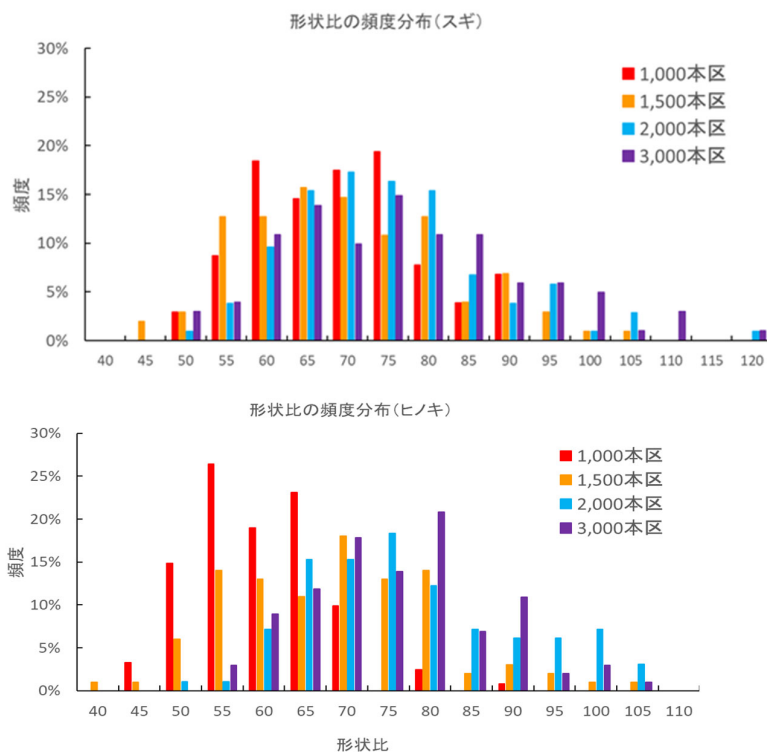
(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

⑥ 胸高直径の分布：1,000本区が、他の試験区に比べて頻度のピークとなる直径が大きい。特にヒノキでその傾向が大きい。



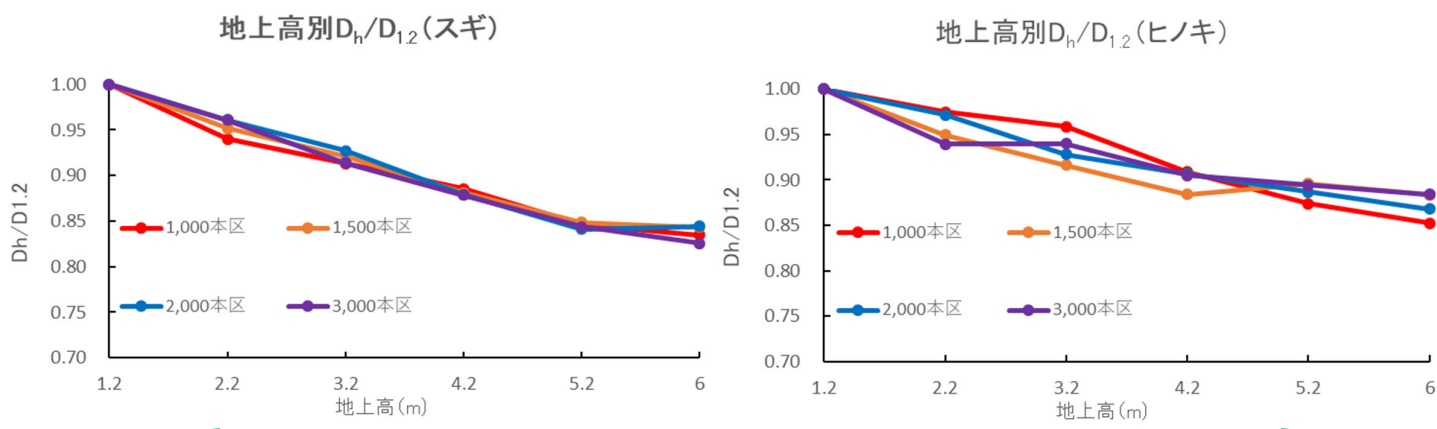
(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

⑦形状比の分布：1,000本区及び1,500本区では70以下の個体が多いのに対し、2,000本区及び3,000本区では70以上の個体が多い。特に3,000本区では80以上の個体が多い。



(3) 直近（令和元年度時点）の林分状況

⑧幹の細り：地上高6.0mまでの解析では、有意な差は認められない。
 ※過去に行った樹幹解析では、ヒノキにおいて、6.2mより上部で、1,000本区とそれ以外の試験区で有意差あり



(参考)
 平成26年度樹幹解析
 (ヒノキ)
 ※1,500本/haより本数が多い試験区では幹の細りに差はない

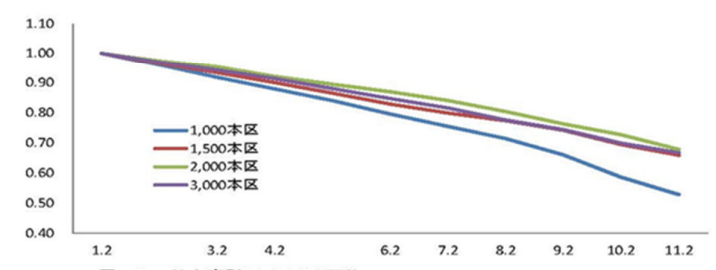


図-5. 地上高別 $D_h/D_{1.2}$ の平均 (1.2m部の直径を1とした相対上部直径)

(4) 立木評定結果

スギの試算

区部 (本区)	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	本数/ha	材積/ha	品質割合(%)			評定 価格 (千円)
					正常	曲材	低質材	
1,000	30	22	587	464	88	6	6	2,150
1,500	30	21	612	458	81	6	13	2,033
2,000	30	22	900	635	94	1	5	2,963
3,000	28	21	971	635	77	15	8	2,335

ヒノキの試算

区部 (本区)	胸高 直径 (cm)	樹高 (m)	本数/ha	材積/ha	品質割合(%)			評定 価格 (千円)
					正常	曲材	低質材	
1,000	28	17	655	377	77	15	8	4,242
1,500	26	18	933	440	71	23	6	3,936
2,000	24	19	1,086	491	69	30	1	4,120
3,000	24	18	1,114	468	94	3	3	4,239

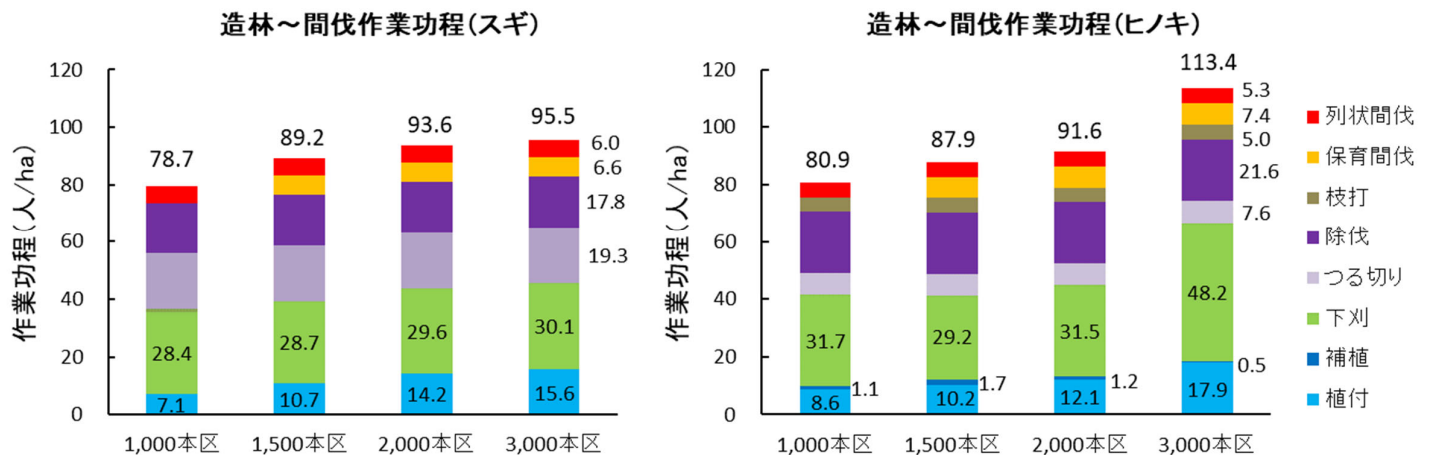
※令和元年度の標準地調査結果をもとに3haで試算。令和4年11月1日時点の市況率を適用。両林分とも新元重山国有林の同じ場所にあるとの前提で搬出条件（車両系）も同じものとして試算。

19

(5) 作業工期

作業工期の比較

- 下刈までの工期は、植栽本数が少なくなるほど小さくなる傾向。
- これに苗木代を加えると、さらに植栽本数による造林コストの差は大きい。

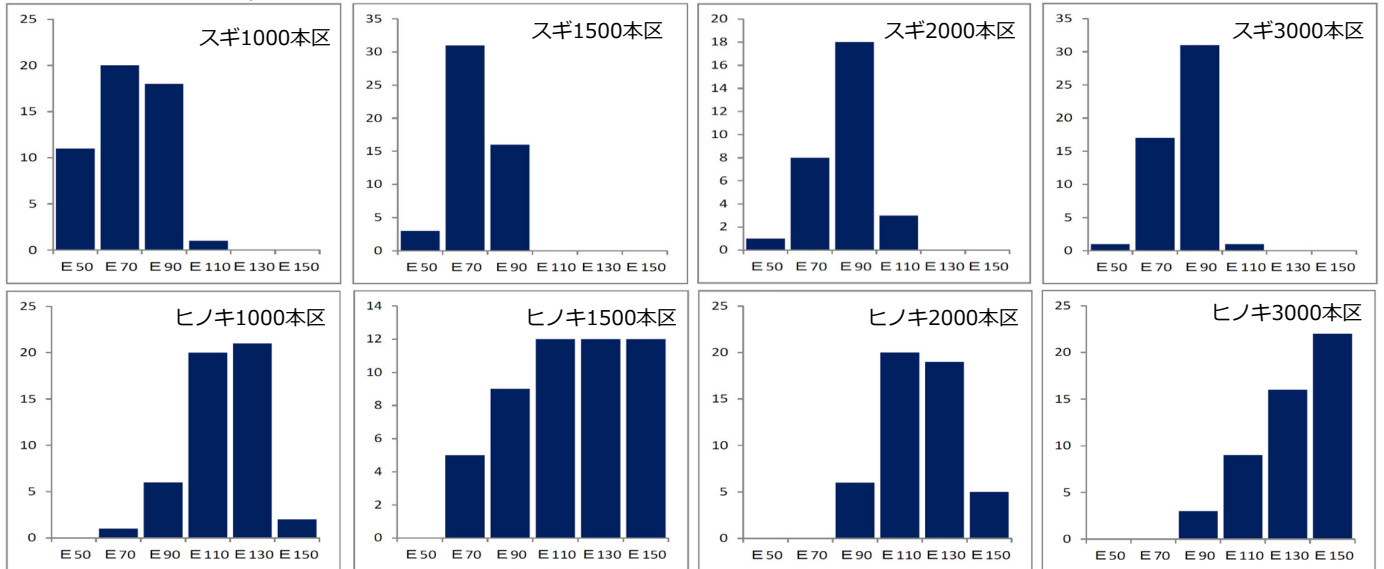


※つる切り以降については、試験区毎の工期調査を行っていないため、小班全体の人工数を面積で割って算出した参考値である。

(6) 材質

応力波伝播速度調査結果（ヤング係数推計）

- スギについては、1,500本区以上では、E70を上回るものがほとんど。1,000本区でもE70以上が78%。
- ヒノキについては、1,500本区では、E90よりも低い値を示すものが10%あったが、1,000本区を含めて、E90を上回るものがほとんど。



（平成27年度森林・林業交流研究発表会発表）

- 令和5年度、広島県立総合技術研究所林業技術センターと連携して、試験伐採を行い、ヤング係数、節の状況、含水率等を測定、結果を公表予定。

21

4 まとめ

本日紹介した試験地においては、

- (1) 初期成長で差がある場合があるが、50年生になれば差は縮小する傾向。
- (2) 植栽本数が少ない方が初期成長が早いということはない。
- (3) 約50年生時点では、植栽本数が少なくなるほど胸高直径は大きくなる傾向。
- (4) スギとヒノキともに、2,000本/ha以下の植栽密度であっても問題なく成林。
- (5) 下刈までの工期は、植栽本数が少なくなるほど小さくなる傾向。
- (6) 立木段階の強度推計では、植栽本数密度により強度的に問題となるような差はない。

低密度植栽は、年輪幅が一定で稠密な無節材の生産を目的にするのではなく、集成材、合板など主に加工向けの並材の生産が目的となり、造林・育林の低コスト化と一体的に取り組むことで優位性が発揮されるものとする。

22

31