

「低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明」



写真13 ヒノキ2,500本区(全刈区)



写真14 ヒノキ3,000本区(全刈区)

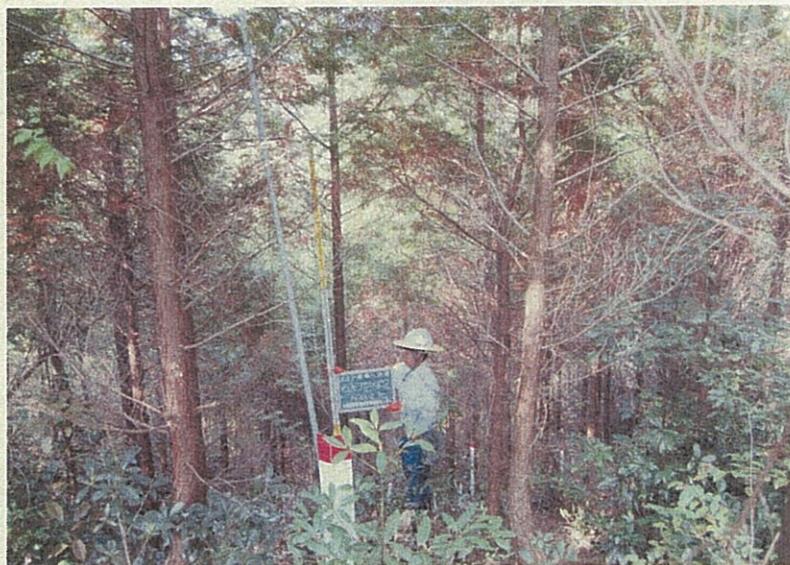


写真15 ヒノキ3,500本区(全刈区)

技術開発実施報告・計画

様式 2

森林技術センター

課 題	2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明			開 発 期 間	平成6年度～平成35年度		
開 発 箇 所	梶見園有林 237ヘクタール林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機	技 術 開 発 標 目	3	特 定 区 域 内 外 ○
開 発 目 的 (数 値 目 的)	植付密度及び保育方法の違いによる利用材積・樹幹形及び低コスト造林の解明						
年 度 別 実 施 報 告	20年度 実 施 報 告				21年度 実 施 計 画 書		
	実 施 内 容		普 及 指 導		1 試験地管理		
平成6年度 ①試験地設定②植付③設定時調査 ④試験地標示⑤植付功程調査 平成7年度～平成11年度 ①成長量調査②功程調査(下刈) ③植 成長調査 平成12年度 ①下刈(生育状況によりスギのみ実 行) 平成13年度 ①試験地7'ロットまでの歩道整備・7'ロット 周囲草払い 平成15年度 ①歩道修理 平成16年度 ①除伐②功程調査(除伐) ③成長量調査④試験地管理 平成17年度 ①除伐②試験地管理 平成18年度 ①除伐②功程調査(除伐) 平成19年度 ①成長量調査②試験地管理	1 試験地管理 5,10月 人工数：10,625人		これまでの調査結果から、1,500本植栽でも 十分な施業体系が確立出来ると考えられることか ら、今後も、成長量調査、形質調査及び功程調査 (間伐)等を行い、成果について宣伝・普及活動を 実施していきたい。				
技術開発委員会における意見							

技術開発実施報告・計画

様式 2

森林技術センター

課 題	2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明				開 発 期 間	平成6年度 ～ 平成35年度		
開 発 箇 所	楠見国有林 237へ ₂ 林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機 関	技 術 開 発 標 目	3	特 定 区 域 内	○
開 発 目 的 (数 値 目 的)	植付密度及び保育方法の違いによる利用材積・樹幹形及び低コスト造林の解明							
年 度 別 実 施 報 告	21年度 実 施 報 告				22年度 実 施 計 画 書			
	実 施 内 容				普 及 指 導			
平成6年度 ①試験地設定②植付③設定時調査 ④試験地標示⑤植付功程調査 平成7年度～平成11年度 ①成長量調査②功程調査(下刈) ③植 成長調査 平成12年度 ①下刈(生育状況によりスギのみ実 行) 平成13年度 ①試験地7 ₁ ロットまでの歩道整備・7 ₁ ロット 周囲草払い 平成15年度 ①歩道修理 平成16年度 ①除伐②功程調査(除伐) ③成長量調査④試験地管理 平成17年度 ①除伐②試験地管理 平成18年度 ①除伐②功程調査(除伐) 平成19年度 ①成長量調査②試験地管理 平成20年度 ①試験地管理	1 試験地管理 9月 人工数：2,000人				これまでの調査結果から、1500本植栽でも十分 な施業体系が確立出来るのではないかと考えられ ることから、今後も、成長量、形質調査及び功程調 査(間伐)等を行うとともに取り組み状況について 宣伝・普及活動を実施することとする。			
技術開発委員会における意見								

調査事項

- ①成長量調査 (根元径・胸高径mm単位・樹高cm単位・枝長cm単位)
- ②功程 調査 下刈作業では全刈区・筋刈区(対照区)のプロットを設定し時間観測。
(ヒノキプロットは全刈のみ)
- ③形質 調査 除伐作業は全刈のみ実施し時間観測
(根曲、幹曲、について5段階評価し、3以上を正常木としました。)

(1) 成長量調査結果について

- ① スギ調査区(表1)における胸高径については、3,500本区・3,000本区・1,500本区の順で良好な数値を示しています。樹高についても同様の結果となっており、3,000・3,500本区は、肥沃度等、地位の影響を受けたものではないかと考えられます。
- ② ヒノキ調査区(表2)における胸高径については、3,000本区・1,500本区・3,500本区の順となっています。1,500本区の胸高径・樹高が良い数値を示しています。

表 1
【スギ成長量グラフ】

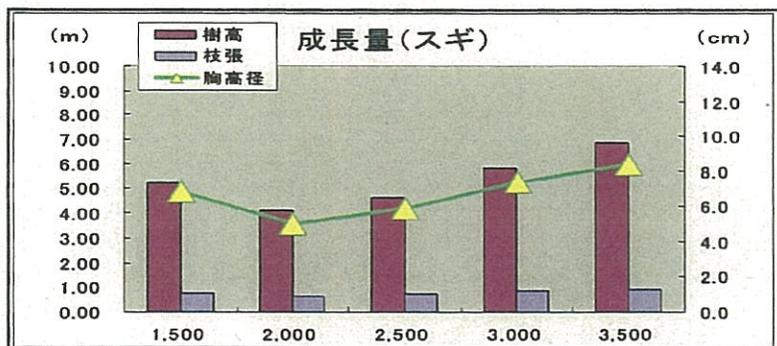
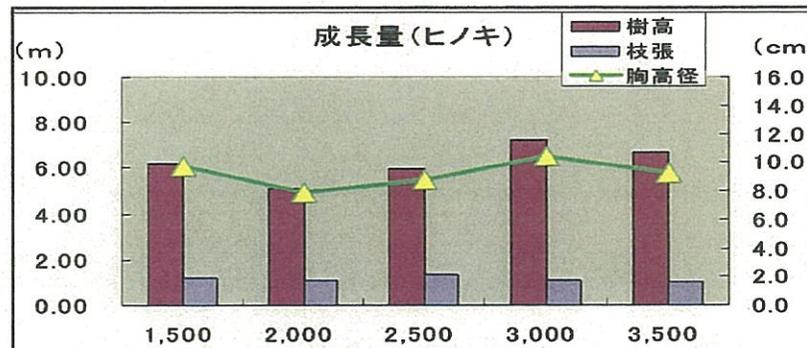
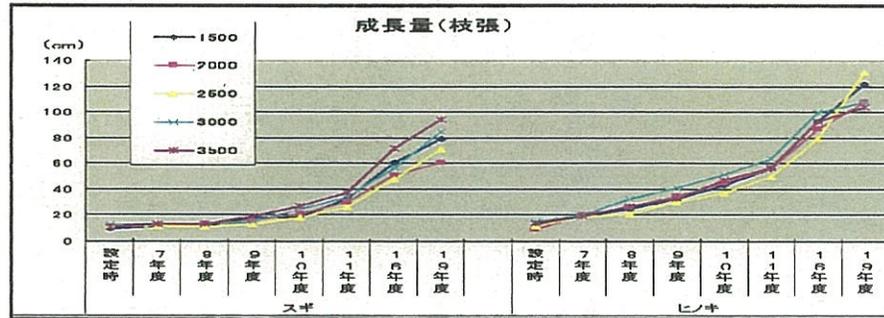


表 2
【ヒノキ成長量グラフ】



② 枝張 (表3) は、ヒノキが旺盛に成長しており、高密度植栽区は樹間鬱閉による数値の減少が見られました。

表 3 枝張量



(2) 功程調査結果について

- ① 下刈作業における作業方法別功程 (表4) は対照区 (筋刈) が能率が良く、植栽本数別では功程値にバラツキがあります。
 - ② 除伐作業においては、全刈を実施しました。植栽本数別で比較すると、スギ・ヒノキ調査区では共に2,500本区において作業効率が良い結果となっています。(表4・表5)
- 対照区において下刈作業を筋刈にしたことによる除伐作業への功程の影響は見られませんでした。(表4)
- ③ 下刈・除伐の功程をトータルで比較すれば、スギ調査区 (全刈) では2,500本区 (26.7人/ha)、ヒノキ調査区では2,000本区 (24.6人/ha)、において優位な結果となりました。(表4・表5)

表 4 功程量比較 (スギ)

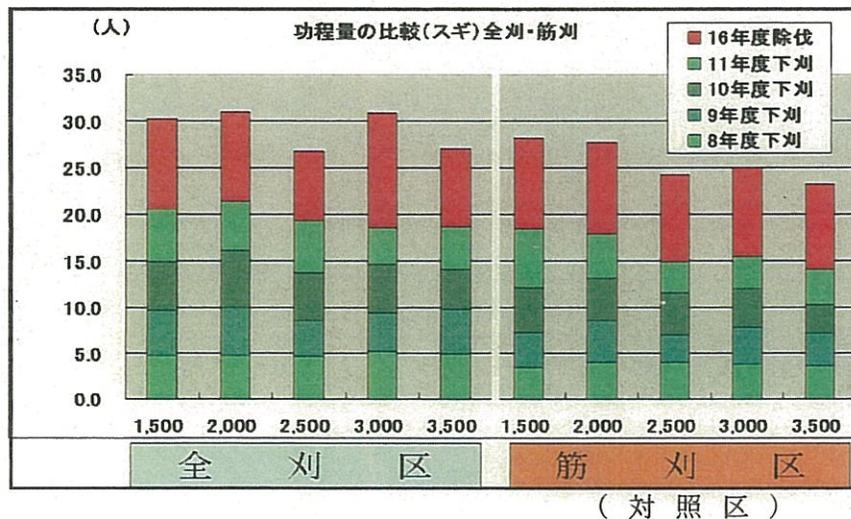
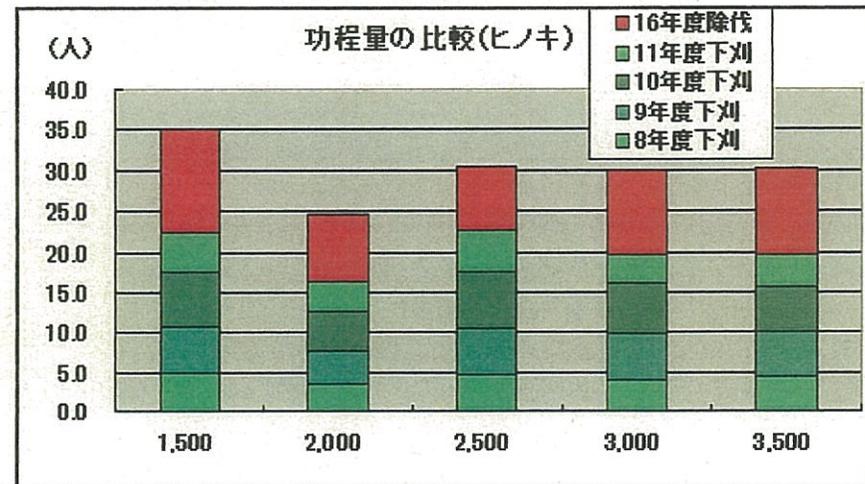


表 5 功程量比較 (ヒノキ)



(3) 形質調査について

- ① 形質調査については、スギ、ヒノキ、スギ 対照区ともに植栽本数にかかわらず一部曲りが見られましたが、正常木が占める割合が高く。低密度植栽による形質への影響は見られませんでした。(表6・表7)

表 6 形質比較 (スギ)

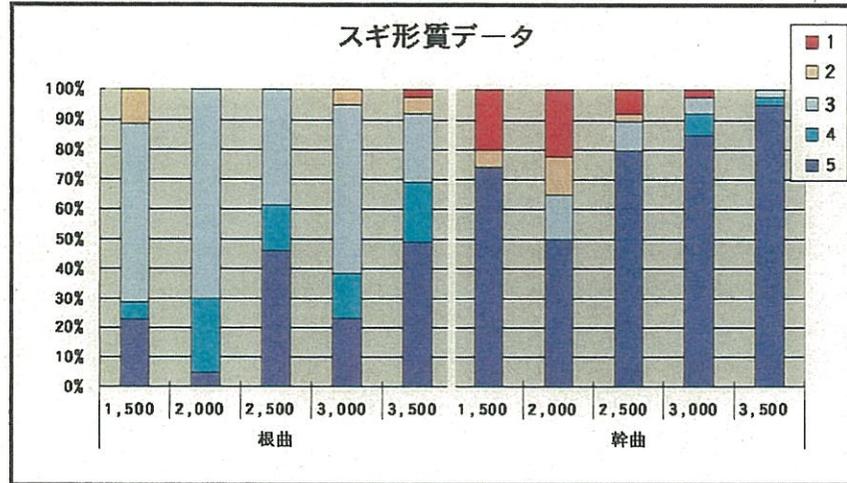
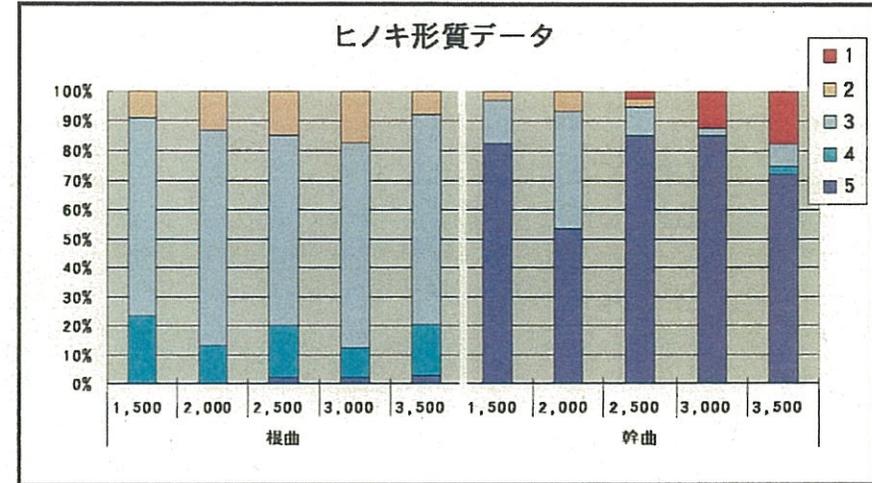


表 7 形質比較 (ヒノキ)



(4) まとめ

- (1) 成長量は低密度植栽区が多少劣りますが、形質的な差異は少ないことが分かりました。
- (2) 植栽本数を減らすことにより、苗木代の縮減も含め更新コスト削減が可能です。
- (3) 下刈は筋刈の作業効率がよく、植栽本数に限定することなくコストの削減ができます。
- (4) 除伐の作業工程は、本数密度の違いにより若干ばらつきがみられましたが、保育間伐では 低密度植栽による保育間伐の省力化が期待されコストの削減が可能です。
- (5) さらに、耐陰性スギ等の低密度植栽と筋刈を組み合わせることにより、更新から保育までのトータルでのコスト削減が可能です。

技術開発実施報告・計画

様式 2

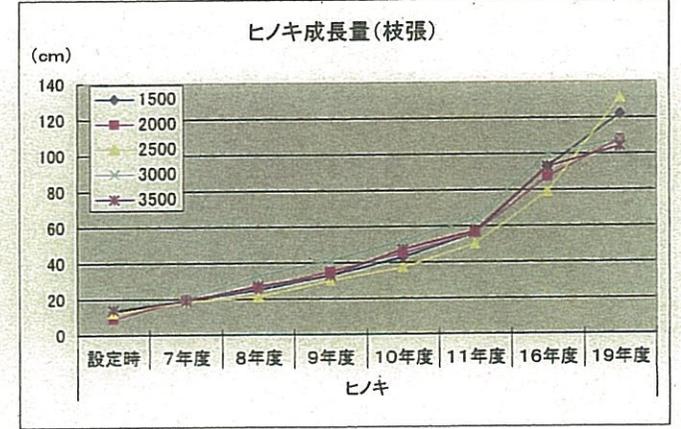
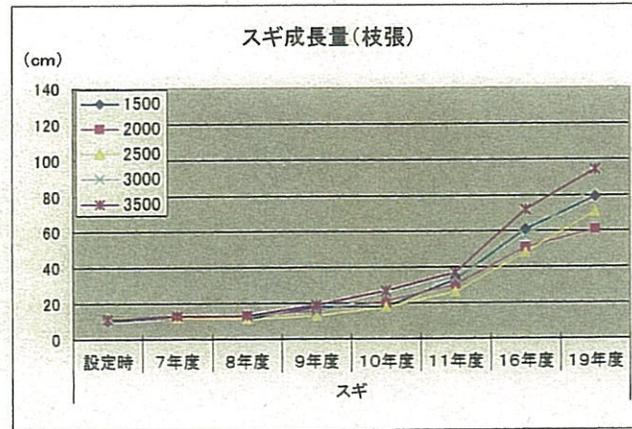
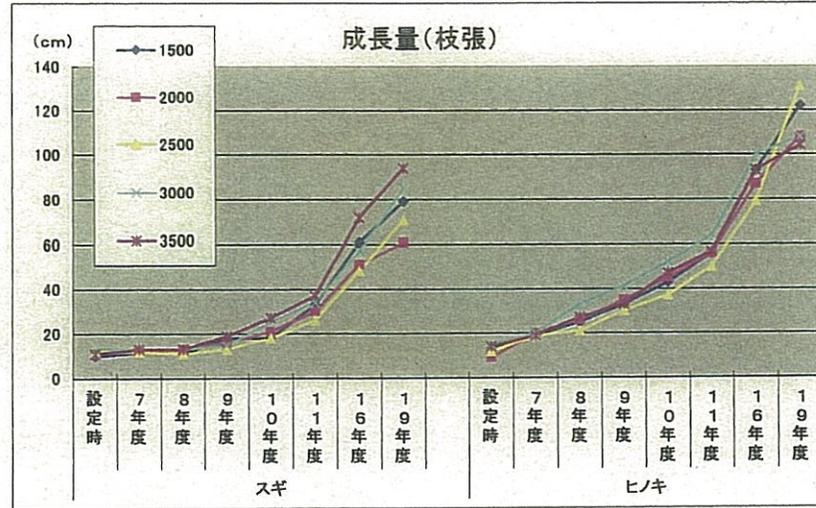
森林技術センター

課 題	2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明				開 発 期 間	平成6年度 ～ 平成35年度			
開 発 箇 所	楠見園有林 237ヘクタール林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機	技 術 開 発 目 標	3	特 定 区 域 内	○	
開 発 目 的 (数 値 目 的)	植付密度及び保育方法の違いによる利用材積・樹幹形及び低コスト造林の解明								
年 度 別 実 施 報 告	22年度 実・施 報 告				23年度 実施計画書				
	実 施 内 容				普 及 指 導				
平成6年度 ①試験地設定②植付③設定時調査 ④試験地標示⑤植付功程調査 平成7年度～平成11年度 ①成長量調査②功程調査(下刈) ③植 成長調査 平成12年度 ①下刈(生育状況によりスギのみ実 行) 平成13年度 ①試験地7'ロットまでの歩道整備・7'ロット 周囲草払い 平成15年度 ①歩道修理 平成16年度 ①除伐②功程調査(除伐) ③成長量調査④試験地管理 平成17年度 ①除伐②試験地管理 平成18年度 ①除伐②功程調査(除伐) 平成19年度 ①成長量調査②試験地管理 平成20年度 ①試験地管理 平成21年度 ①試験地管理	1 実施事項なし				1 これまでの調査結果から、1500本植栽でも 十分な施業体系が確立出来るのではないかと考え られるが、今後も、成長量、形質調査及び功程調 査(間伐)を継続し、データの蓄積に努めること とする。				
技術開発委員会における意見									

		1500	2000	2500	3000	3500
スギ	設定時	10	11	12	13	11
	7年度	12	12	12	13	13
	8年度	11	13	11	13	13
	9年度	18	16	13	15	19
	10年度	18	21	18	25	27
	11年度	33	30	26	34	37
	16年度	61	51	48	57	72
19年度	79	61	71	85	94	

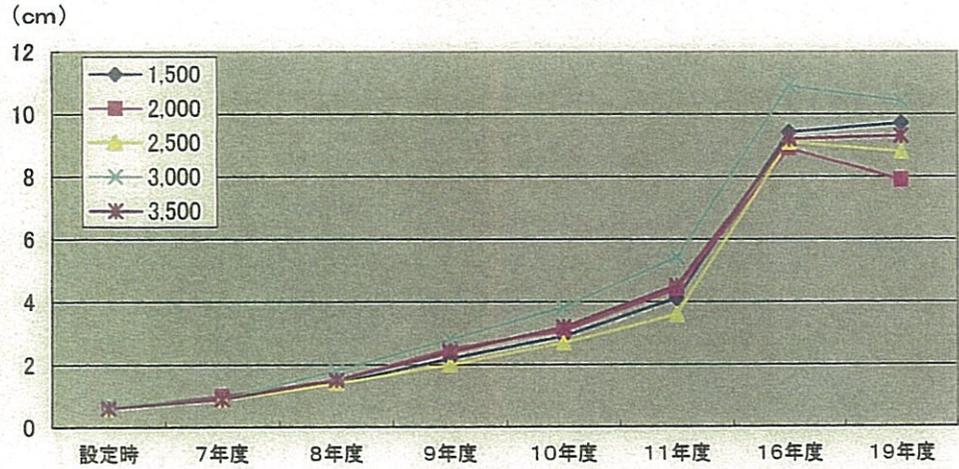
ヒノキ	設定時	13	9	12	15	14
	7年度	19	20	19	20	19
	8年度	25	26	21	33	27
	9年度	33	35	30	41	33
	10年度	43	45	37	52	47
	11年度	56	56	50	64	57
	16年度	93	87	79	100	93
19年度	122	108	131	108	104	

ヒノキ	設定時	13	9	12	15	14
	7年度	19	20	19	20	19
	8年度	25	26	21	33	27
	9年度	33	35	30	41	33
	10年度	43	45	37	52	47
	11年度	56	56	50	64	57
	16年度	93	87	79	100	93
19年度	122	108	131	108	104	

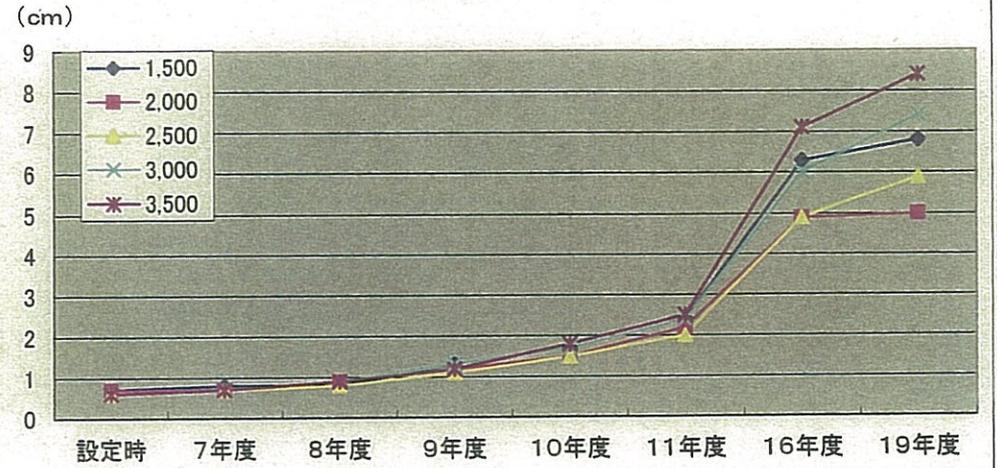


課題2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明

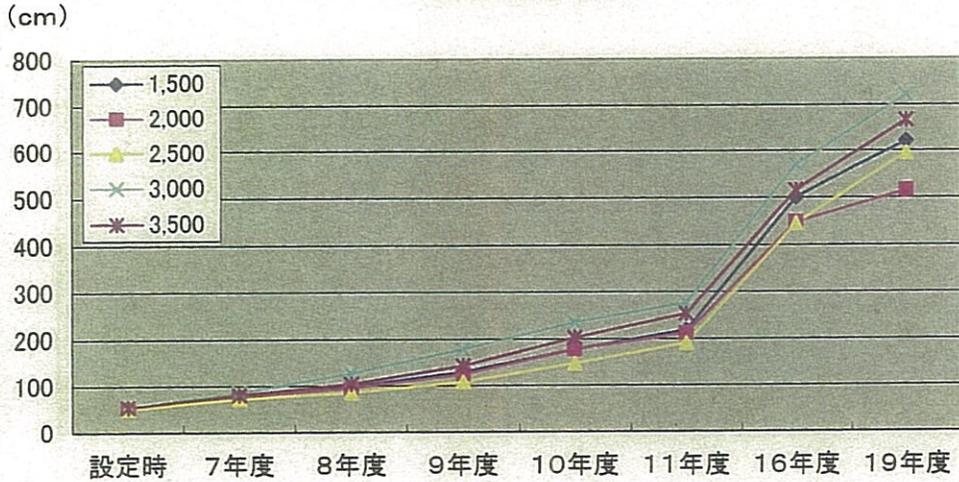
ヒノキ成長量(根元径)



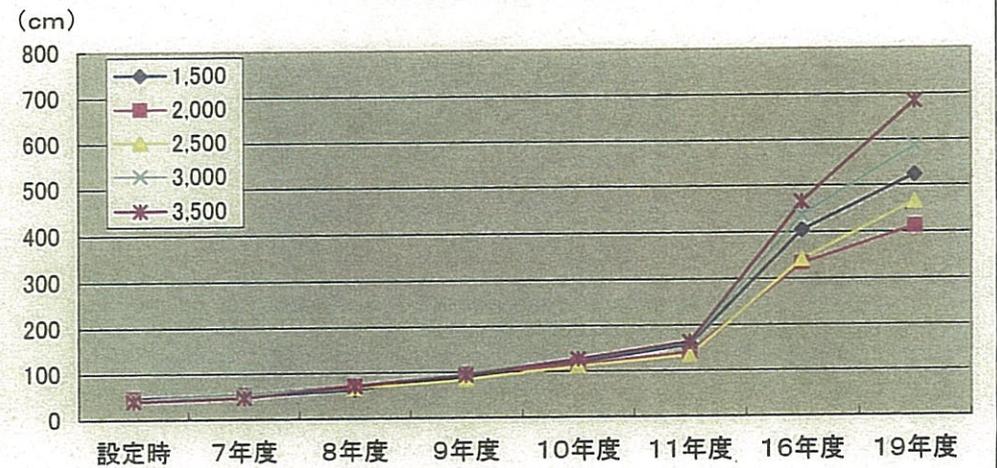
スギ成長量(根元径)



ヒノキ成長量(樹高)



スギ成長量(樹高)



技術開発(237へ2林小班)成長量表

補植を除いた分

調・対別	樹種	本数区	7年度(設定時)2月			7年度(12月)			8年度(12月)			9年度(12月)			10年度(12月)			11年度(12月)			16年度(12月)				19年度(1月)			
			根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	胸高径	樹高	枝張	根元径	胸高径	樹高	枝張
調査	ヒノキ	1,500	0.6	53	13	1.0	77	19	1.4	99	25	2.2	129	33	2.9	177	43	4.1	217	56	9.4	6.9	5.00	93		9.7	6.21	122
		2,000	0.6	53	9	1.0	78	20	1.5	97	26	2.5	125	35	3.1	177	45	4.4	212	56	8.9	5.8	4.47	87		7.9	5.15	108
		2,500	0.6	53	12	0.9	73	19	1.4	86	21	2.0	109	30	2.7	147	37	3.6	190	50	9.1	6.1	4.45	79		8.8	5.95	131
		3,000	0.7	55	15	0.9	85	20	1.8	126	33	2.8	178	41	3.8	234	52	5.4	276	64	10.9	7.5	5.68	100		10.4	7.20	108
		3,500	0.6	55	14	0.9	81	19	1.5	105	27	2.4	143	33	3.2	202	47	4.5	254	57	9.2	6.5	5.15	93		9.3	6.66	104
調査	スギ	1,500	0.7	45	10	0.8	50	12	0.8	64	11	1.3	91	18	1.7	120	18	2.4	158	33	6.3	4.9	4.04	61		6.8	5.22	79
		2,000	0.7	48	11	0.7	55	12	0.9	72	13	1.2	96	16	1.5	115	21	2.2	141	30	4.9	3.4	3.33	51		5.0	4.12	61
		2,500	0.6	43	12	0.7	52	12	0.8	67	11	1.1	83	13	1.5	111	18	2.0	134	26	4.9	3.5	3.42	48		5.9	4.65	71
		3,000	0.6	45	13	0.7	54	13	0.9	70	13	1.3	97	15	1.7	125	25	2.4	160	34	6.0	4.7	4.36	57		7.4	5.85	85
		3,500	0.6	40	11	0.7	47	13	0.9	71	13	1.2	94	19	1.8	127	27	2.5	163	37	7.1	5.5	4.65	72		8.4	6.85	94
対象	スギ	1,500	0.6	46	11	0.8	55	15	0.9	67	12	1.2	94	17	1.5	113	17	2.1	145	31	5.5	4.3	3.88	58		5.1	5.13	76
		2,000	0.6	49	13	0.8	57	15	0.9	68	13	1.2	91	18	1.4	116	22	2.1	146	29	5.1	3.6	3.34	49		5.7	4.39	62
		2,500	0.6	47	14	0.7	53	12	0.8	60	11	1.1	75	11	1.2	92	14	1.5	105	20	3.5	2.4	2.70	36		4.0	3.72	54
		3,000	0.7	47	12	0.8	57	16	0.9	68	12	1.2	89	14	1.4	111	16	1.8	134	24	4.6	3.4	3.51	45		5.5	4.56	71
		3,500	0.6	46	11	0.8	55	14	1.0	76	13	1.2	102	18	1.7	130	23	2.2	160	29	5.4	4.2	3.98	58		6.5	5.38	79

プロット 平均	7年度(設定時)2月			7年度(12月)			8年度(12月)			9年度(12月)			10年度(12月)			11年度(12月)			16年度(12月)				19年度(1月)			
	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	樹高	枝張	根元径	胸高径	樹高	枝張	根元径	胸高径	樹高	枝張
ヒノキ 調査 平均	0.6	54	13	0.9	79	19	1.5	103	26	2.4	137	34	3.1	187	45	4.4	230	57	9.5	6.6	4.95	90		9.2	6.23	115
スギ 調査 平均	0.6	44	11	0.7	52	12	0.9	69	12	1.2	92	16	1.6	120	22	2.3	151	32	5.8	4.4	3.96	58		6.7	5.34	78
スギ 対象 平均	0.6	47	12	0.8	55	14	0.9	68	12	1.2	90	16	1.4	112	18	1.9	138	27	4.8	3.6	3.48	49		5.4	4.64	68

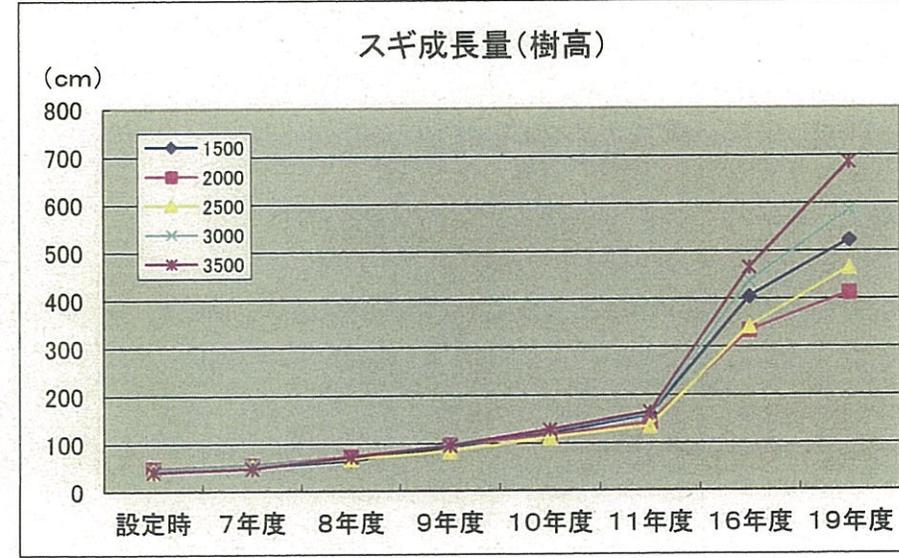
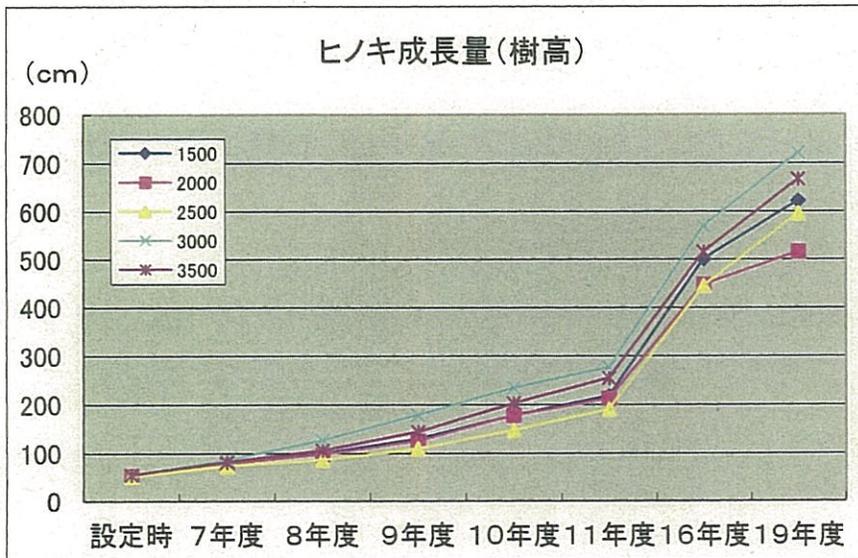
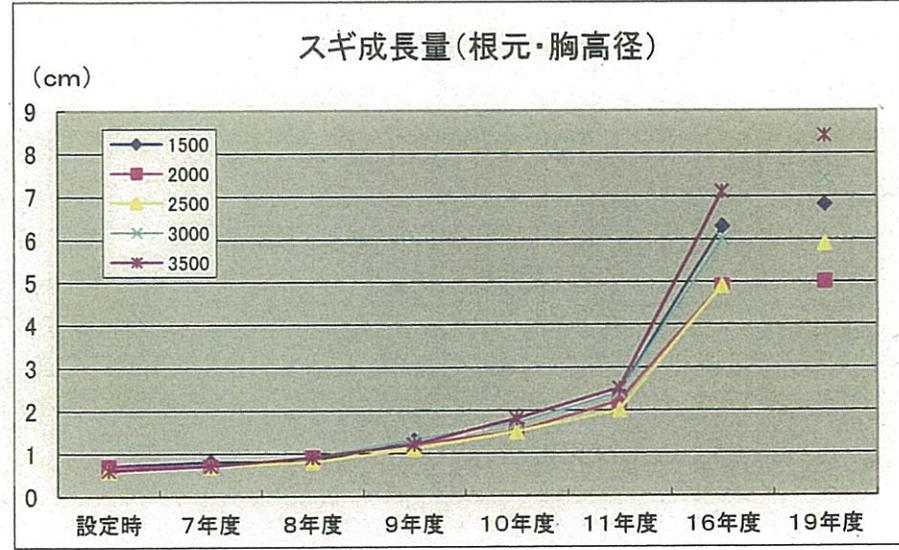
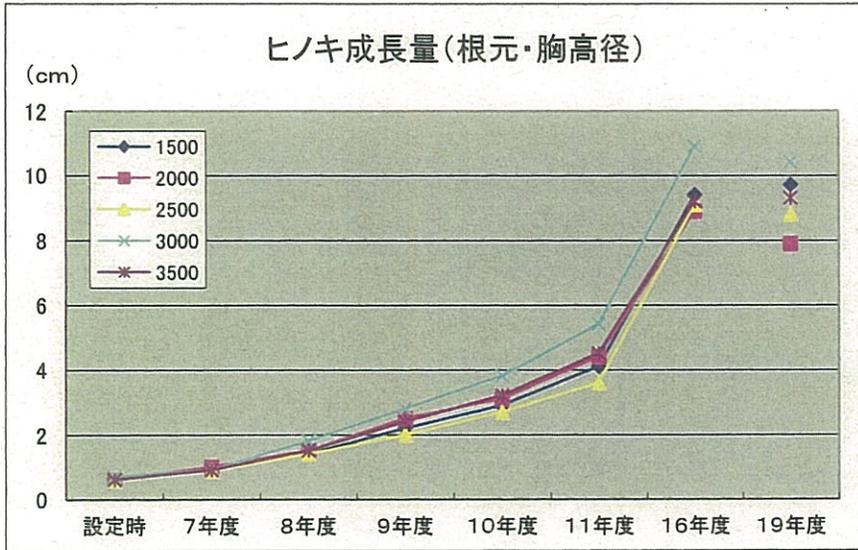
技術開発実施報告・計画

様式 2

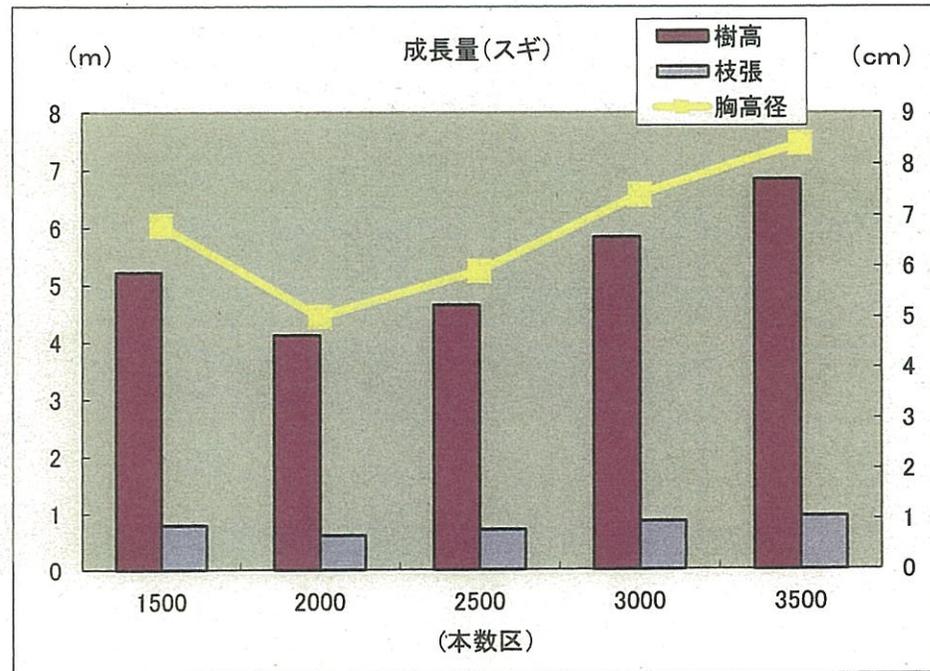
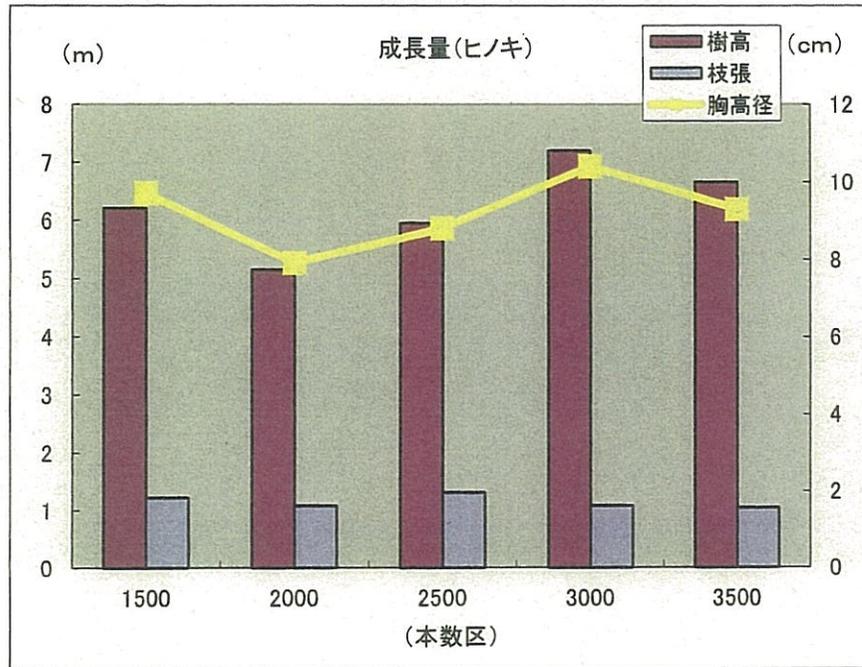
森林技術センター

課 題	2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明				開 究 期 間	平成6年度 ~ 平成35年度						
開 発 箇 所	梶見国有林 237ヘz林小班	担 当 部 署	森林技術センター	共 同 研 究 機	技 術 開 発 目 標	3	特 定 区 域 内 外	○				
開 発 目 的 (数 値 目 的)	植付密度及び保育方法の違いによる利用材積・樹幹形及び低コスト造林の解明											
年 度 別 実 施 報 告	23年度 実 施 報 告				24年度 実 施 計 画 書							
	実 施 内 容				普 及 指 導							
平成6年度 ①試験地設定②植付③設定時調査 ④試験地標示⑤植付功程調査 H7年度～H11年度 ①成長量調査②功程調査(下 列) ③植成長調査 H12年度 ①下列(生育状況によりスギのみ実 行) H13年度 ①試験地プロットまでの歩道整備・プロット 周囲草払い H15年度 ①歩道修理 H16年度 ①除伐②功程調査(除伐) ③成長量 調査④試験地管理 H17年度 ①除伐②試験地管理 H18年度 ①除伐②除伐功程調査 H19年度 ①成長量調査②試験地管理 H20年度 ①試験地管理 H21年度 ①試験地管理 H22年度 実施事項なし	1 除伐 1. 11HA (4月)人工数:18人 2 中間報告 3 試験地管理				試験地の現況等 1 これまでの調査結果から、1500本植栽でも十分な施業体系が確立出来るのではないかと考えられるが、九州においてはぼう芽等の生育が旺盛なことから生育状況及び保育作業への影響が考えられる。 今後も、成長量、形質調査及び功程調査(間伐)等を継続し、検証を含めデータの蓄積に努める。 2 本試験地については、低密度植栽における成長量についての視察・問い合わせがあるなど、低コスト育林へ向けて植栽本数の削減に注目が集まっている。 現在の成長量はプロットの地形(地位)や台風被害等が影響していることが考えられることから、調査精度向上に向けたプロットを追加設定することに等よって、低コスト育林に向けた適切な植栽密度の実証試験地として役立つものにした。				1 今後の取り組み 本試験地は植栽密度別に広大な(9ha)設定が行われていることから、現プロットに加えて各植栽本数区の平均的な生育状況の箇所にプロットを追加設定するなどによって、データの精度を向上させ、低コスト育林に向けた適切な植栽密度の実証試験地として役立つものにした。 2 試験地管理 試験地のプロットや調査木の適切な管理や、歩道等の整備を行う。			
技術開発委員会における意見	・低コストを目指す他地域の同様の取り組み、取り組み内容・成果等を収集し、解決すべき課題を見だし、特色ある調査研究とすることが必要。 ・保育コストや形質等を含め、総合的なコスト比較、分析を望む ・完了年度は35年度となっているが、予測を含めたコスト比較を中間報告として、早期に行うことを望む。											

課題2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明



課題2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明





スギ3,000本区



スギ1,500本区



スギ2,000本区

技術開発実施報告・計画

森林技術・支援センター

課 題	2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明			開発期間	平成6年度～平成35年度		
開発箇所	楠見国有林 237へ2林小班	担当部署	森林技術・支援 センター	共同研究 機 関	技術開発 目 標	3	
開発目的 (数値目標)	植付密度及び保育方法の違いによる利用材積・樹幹形及び低コスト造林の解明。						
年度別実施報告	平成24年度 実施報告			平成25年度 実施計画書			
	実施内容			普及指導			
<p>平成6年度 ①試験地設定②植付③設定時調査④試験地標示⑤植付工期調査</p> <p>平成7年度～11年度 ①成長量調査②工期調査(下刈) ③植生調査</p> <p>平成12年度 ①下刈(生育状況からスギのみ)</p> <p>平成13～15年度 ①試験地管理</p> <p>平成16年度 ①除伐②工期調査(除伐) ③成長量調査④試験地管理</p> <p>平成17年度 ①除伐②試験地管理</p> <p>平成18年度 ①除伐②除伐工期調査③試験地管理</p> <p>平成19年度 ①成長量調査②試験地管理</p> <p>平成20～23年度 ①試験地管理</p>	<p>1 試験地管理 試験地のプロットや調査木の適切な管理、管理歩道等の整備。</p> <p>2 試験地の現況等 これまでの調査結果から、1500本植栽でも十分な施業体系が確立出来るのではないかと考えられるが、九州においては広葉樹等のぼう芽が旺盛なことから生育状況及び保育作業への影響も考えられる。 今後も、成長量、形質調査及び工期調査(間伐)等を継続し、検証を含めデータの蓄積に努める。</p>			<p>1 本試験地で取り組んでいる低密度植栽について、視察や問い合わせがあり、低コスト育林に向けた貴重な資料になるものと期待される。</p>			<p>1 成長量調査 H25年度の完了に向けて、各植栽木の成長量を計測するとともに、各プロットの植栽木及び天然発生木の材積を求めて立木価格の比較等を行う。 また、天然更新区との比較に向けた調査も同時に実施する。 各樹種、植栽密度プロット別に成長量、形質等を調査することによって、植栽密度の違いによる材積、形質等の傾向を把握する。</p> <p>2 除伐</p>
技術開発委員会における意見	<ul style="list-style-type: none"> ・低コストを目指す他地域の同様の取り組み、取り組み内容・成果等を収集し、解決すべき課題を見だし、特色ある調査研究とすることが必要。 ・保育コストや形質等を含め、総合的なコスト比較、分析を望む ・完了年度は35年度となっているが、予測を含めたコスト比較を中間報告として、早期に行うことを望む。 						

- (注) 1 「課題」欄には、技術開発課題名の他に番号を付して記入すること。
 2 「技術開発目標」欄には、「九州森林管理局における技術開発目標(九州森林管理局長通達)」の3(1)～(3)のうち、該当する目標の番号を記入すること。
 3 「技術開発委員会における意見」欄には、技術開発委員会における意見を記入すること。

技術開発実施報告・計画

森林技術・支援センター

課 題	2 低コスト化を目指した適正本数・施業体系の解明			開発期間	平成 6 ～ 35 年度			
開発箇所	楠見国有林 237 へ 2 林小班	担当部署	森林技術・支援 センター	共同研究 機 関	技術開発 目 標	(1)		
開発目的 (数値目標)	植付密度及び保育方法の違いによる利用材積・樹幹形及び低コスト造林の解明。							
年度別実施報告	平成 25 年度 実施報告				平成 26 年度 実施計画書			
	実施内容			普及指導				
H6 年度 ①試験地設定②植付③設定 時調査④試験地標示⑤植付功程調査 H7 年度～ 11 年度 ①成長量調査② 功程調査(下刈) ③植生調査 H12 年度 ①下刈(生育状況からス ギのみ) H13～ 15 年度 ①試験地管理 H16 年度 ①除伐②功程調査(除伐) ③成長量調査④試験地管理 H17 年度 ①除伐②試験地管理 H18 年度 ①除伐②除伐功程調査③ 試験地管理 H19 年度 ①成長量調査②試験地管 理 H20～ 24 年度 ①試験地管理	1) 成長量調査：5 月(9.5 人) 成長量補完調査：11 月(6 人) 2) 除伐(請負)：11 月実施(全刈) 面積 9.00 h a 3) 実行結果 ・成長量調査結果は、植栽密度 1,500 本、 3,000 本、3,500 本のプロットの成長量が 良好で 2,000 本、2,500 本が不良という 結果となったことから、プロットの局所条 件等について現地検討を行った。 現地検討の結果、H25 年度に調査プ ロット外で補完調査(11 月、6 人)を 実施した。この結果も踏まえて成長量 をとりまとめた。			1) 今年度、これまでの試験結果等を参 考にとりまとめ発表した「今後の低コ スト再造林への提案」において、低コ スト化につながる植栽本数として当試 験結果を反映し発表した。			1) 試験地管理 試験地の定期的な状況把握。	
技術開発委員会に おける意見	(平成 25 年度技術開発委員会) 報告事項及び意見等なし。							

(注) 1 「課題」欄には、技術開発課題名の他に番号を付して記入すること。

2 「技術開発目標」欄には、「九州森林管理局における技術開発目標(九州森林管理局長通達)」の 3 (1)～(3)のうち、該当する目標の番号を記入すること。

3 「技術開発委員会における意見」欄には、技術開発委員会における意見を記入すること。

課題2 低コストを目指した適正本数・施業体系の解明

(平成27年度 繰上完了報告)

九州森林管理局 森林技術・支援センター

1 目的

スギ・ヒノキの植栽本数は、これまで概ねhaあたり3,000本程度植栽されているが、木材価格の低迷や近年の主伐・再造林の拡大等に伴い、一層の更新コスト削減が必要となっている。

この試験地は低コスト化を目的として、植栽密度の違いによる造林木の成長量の変化や、植栽密度に対しての適正な保育方法について解明するため取り組んだものである。

2 試験地概要

(1) 場所

宮崎森林管理署 高岡森林事務所部内 楠見国有林237へ2林小班 (図-1)

(2) 概況

① 面積及び植栽本数

スギ 6.00ha 16,200本

ヒノキ 3.00ha 8,100本 合計9.00ha 24,300本

② 樹種別・植栽密度別面積

植栽密度	スギ	ヒノキ	計
1,500本/ha	0.90	0.50	1.40
2,000本/ha	0.65	0.55	1.20
2,500本/ha	0.75	0.25	1.00
3,000本/ha	2.10	1.00	3.10
3,500本/ha	1.60	0.70	2.30
計	6.00	3.00	9.00

(3) 開発期間 平成6～35年度 (平成27年度繰上完了)

(4) プロット設定

スギ：調査プロット (30m × 30m × 5箇所)

対照プロット (30m × 30m × 5箇所)

ヒノキ：調査プロット (20m × 20m × 5箇所)

(5) 調査事項

① 植栽密度別の成長量調査

根元直径・胸高直径、樹高を成長休止期に調査した。スギ・ヒノキとも各プロット40本を選木し調査したが、平成18年度に台風被害を受けたため成長量等データの正確性を期すため、H25年度に調査本数を追加し補完調査を実施した。

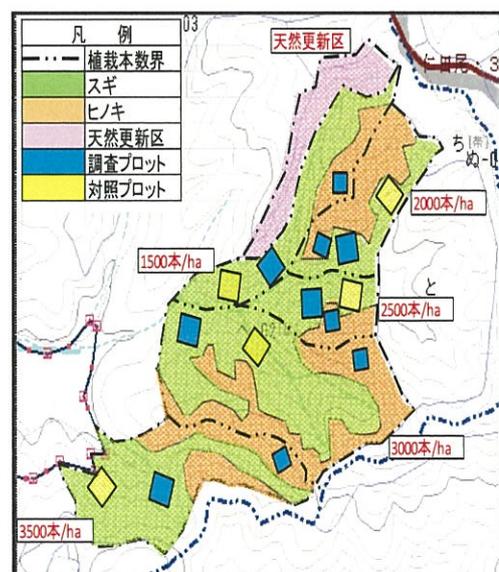


図-1 試験地設定概要図

② 植栽密度別の形質調査

根曲がりと幹曲がりについて5段階評価（図-14参照）し、評価値3以上を正常木と判定した。

③ 保育作業に係る工期調査

1) 下刈作業

スギ植栽箇所は、調査プロットを全刈、対照プロットを筋刈で実施し、ヒノキ植栽箇所は、全プロット全刈で実施した。工期の算出にあたっては、所要時間をプロット毎に計測し、一日あたりの労働時間を6時間として、haあたりの人工数に換算し算出した。

プロット数及び調査面積

樹種	作業方法	面積	調査プロット数	備考
スギ	全刈	0.09	5	各植栽密度1箇所
スギ	筋刈	0.09	5	各植栽密度1箇所
ヒノキ	全刈	0.04	5	各植栽密度1箇所

2) 除伐作業

除伐作業は全刈のみで実施し、工期は下刈作業と同様に算出した。

④ 統計処理

スギ、ヒノキ別の植栽密度別成長量の分布については、一元配置分散分析（Tukey）で実施し、解析には統計解析アドインソフトの Excel 統計2012を使用した。

(6) 年度別施業履歴

実施年度	H7.2月	H7～H12	H16～H18	H23～H25	H7～H27
作業種	地拵え	下刈	除伐	除伐	成長量調査 (9回)
	植付				

3 結果と考察

(1) 植栽樹種・植栽密度別の成長量について

本試験地では、樹種別密度別に10箇所の区域を設定し、スギは調査プロットと対照プロット内の調査木40本について、ヒノキは調査プロット内の調査木40本について、根元直径・胸高直径、樹高を計測した。

分析にあたっては、各調査地が広範囲にわたるため立地確認として上層樹高（上位5本平均）を使い地位を検討した結果、スギでは1,500本(13.88m)、2,000本(13.23m)、2,500本(12.01m)、3,000本(12.18m)、3,500本(15.38m)、ヒノキでは、1,500本(10.74m)、2,000本(10.44m)、2,500本(11.14m)、3,000本(12.37m)、3,500本(11.93m)となり、スギ3,500本、ヒノキ3,000本で地位が高いと考えられた。

① スギ肥大成長

植栽密度別に根元直径（H7～ H16）及び胸高直径（H16～ H27）を計測した結果、初期成長の段階では顕著な差は見られなかったが、平成16年以降（植栽後10年経過時）から成長差が見られた。H27調査時点では1,500本/ha 箇所が高い値（植栽密度と比例傾向）となり、他の植栽密度箇所と比較して有意差が見られた。しかし、個体差においては、1,500本/ha 箇所が最も大きくなった。（図-2, 3、表-1）

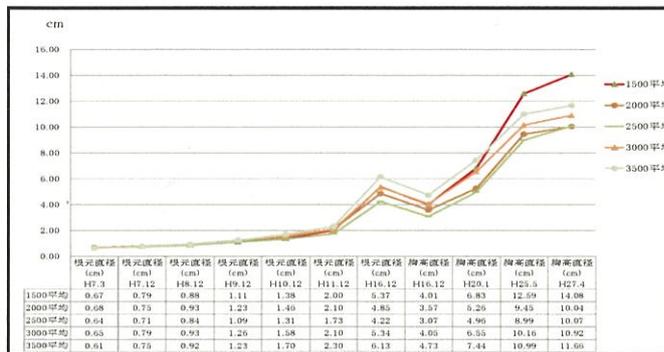


図-2 スギ植栽密度別 根元直径・胸高直径の推移

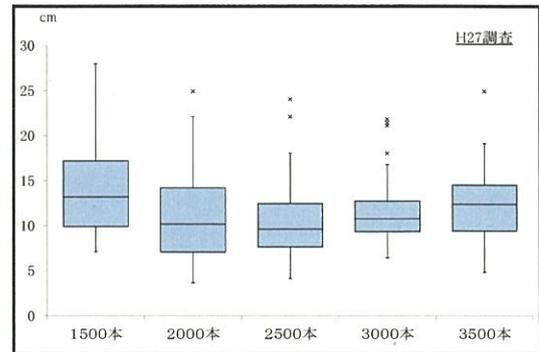


図-3 スギ植栽密度別 胸高直径の比較 [中央値+標準偏差]

表-1 有意差判定

密度別の対比	胸高直径	樹高	平均材積
1500本 - 2000本	**	**	**
1500本 - 2500本	**	*	**
1500本 - 3000本	**		*
1500本 - 3500本			
2000本 - 2500本			
2000本 - 3000本			
2000本 - 3500本		**	
2500本 - 3000本			
2500本 - 3500本		**	*
3000本 - 3500本		**	

**:1%有意 * :5%有意

② スギ上長成長

肥大成長と同様に初期成長の段階では差は見られなかったが、平成16年以降（植栽後10年経過時）から成長差が見られ、H27年調査時点では、3,500本/ha、1,500本/haの順で高い上長成長を示し、他の植栽密度箇所と比較して有意差が見られた。個体差では2,500本、3,000本/ha 箇所小さくなり、2,000本/ha、3,500本/ha 箇所では大きくなった。（図-4, 5、表-1）

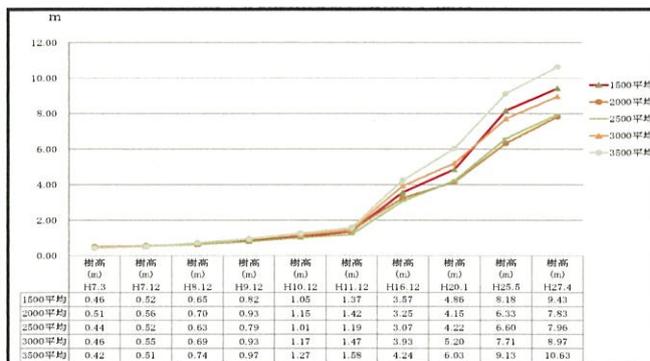


図-4 スギ植栽密度別 樹高の推移

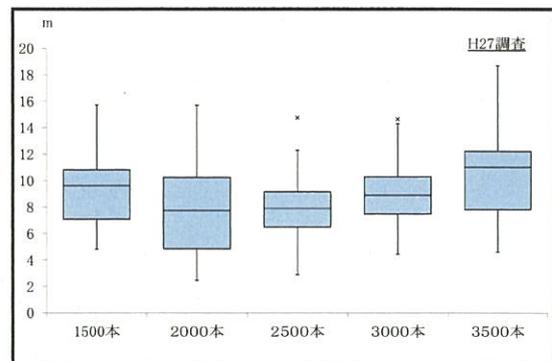


図-5 スギ植栽密度別 樹高の比較 [中央値+標準偏差]

③ スギ平均単木材積及び生存率

各植栽密度別の平均単木材積は、1,500本/haと3,500本/ha箇所で高い値となったが、個体差の幅も大きい結果となった。生存率では、全ての箇所で8割以上となり3,500本/ha箇所が最も高い値となった。一方、1,500本/ha箇所が最も低い値となり枯死の割合が多く見られたが、その原因として、幼齢期の被圧や下刈による誤伐、また、台風被害等が考えられた。(図-6, 7)

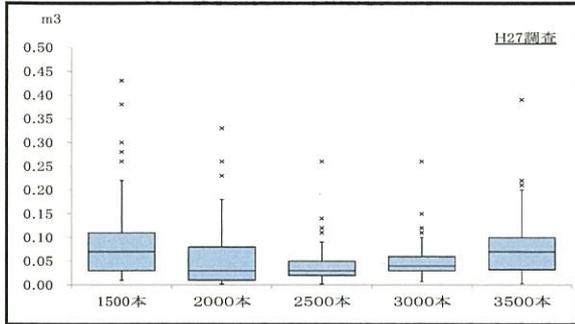


図-6 スギ植栽密度別 平均単木材積の比較
[中央値+標準偏差]

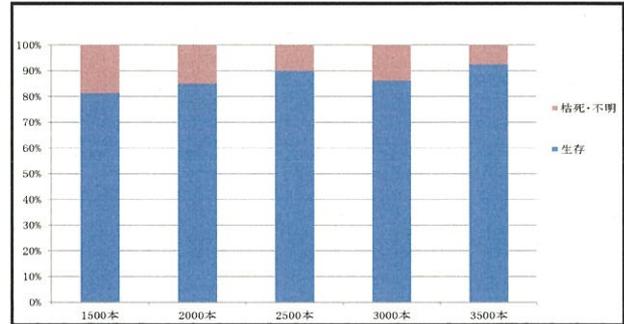


図-7 スギ 生存率 [H27年度調査]

スギ試験地では、低密度植栽の1,500本/ha箇所において、肥大成長・上長成長ともに高い値となり有意差も見られた。原因として、生立本数が少ないため個々の成長が促進されたものと考えられた。また、3,500本/ha箇所においても、上長成長が高い値となり有意差が見られる結果となったが、他の植栽箇所と比較し緩傾斜であったことに加え、方位や土壌等々の地況的要因(地位)が成長に影響したものと考えられた。

なお、2,000本/haの箇所においては、肥大成長・上長成長・平均材積が他密度と比較し低い位となったが、H18年度に襲来した台風による局所的被害が成長に影響を与えたものと推察された。

④ ヒノキ肥大成長

初期成長段階より3,000本/ha箇所が他の植栽密度箇所と比較し高い値を示したが、H20年以降より1,500本/ha箇所で大きな肥大成長が見られた。

H27年4月の調査結果においては、1,500本/ha箇所が高い値となり個体差も小さくなり、殆どの植栽密度別箇所と比較しても有意差が見られ、植栽密度と比例する傾向が見られた。(図-8, 9, 表-2)

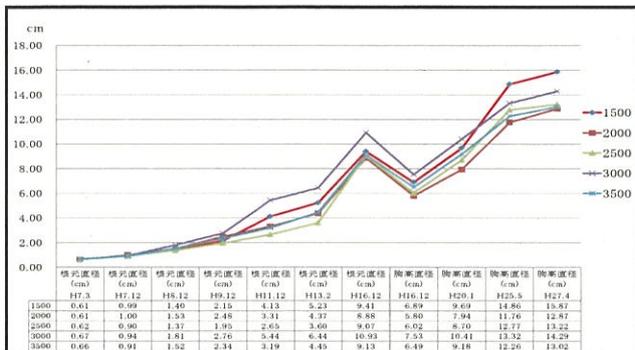


図-8 ヒノキ植栽密度別 根元直径・胸高直径の推移

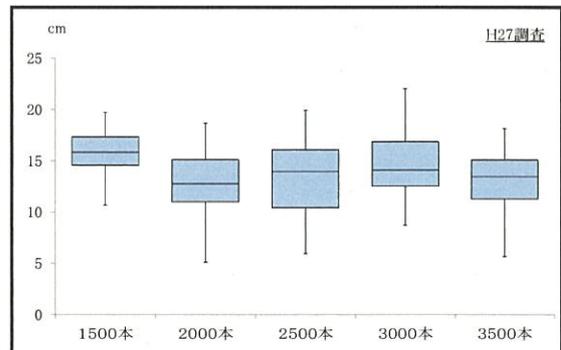


図-9 ヒノキ植栽密度別 胸高直径の比較
[中央値+標準偏差]

表-2 有意差判定

密度別の対比	胸高直径	樹高	平均材積
1500本 - 2000本	**	**	**
1500本 - 2500本	*		
1500本 - 3000本			
1500本 - 3500本	**		
2000本 - 2500本		**	
2000本 - 3000本		**	**
2000本 - 3500本		**	
2500本 - 3000本		*	
2500本 - 3500本			
3000本 - 3500本			

** - 1%有意 * - 5%有意

⑤ ヒノキ上長成長

ヒノキの上長成長については、植栽密度別での顕著な差は見られなかったが、2,000本/ha 箇所が最も低い値となった。2,000本/ha 箇所については個体差が大きく、また、他の植栽密度箇所との有意差もあり、スギ同様に台風による局所的被害が成長に影響し、低位になったものと考えられた。(図-10, 11、表-2)

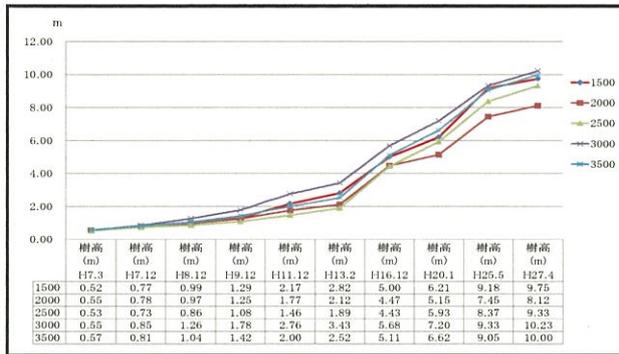


図-10 ヒノキ植栽密度別 樹高の推移

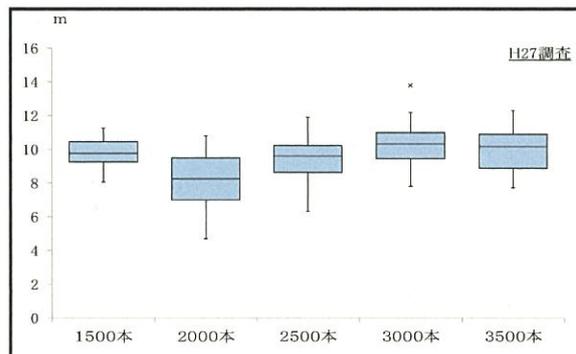


図-11 ヒノキ植栽密度別 樹高の比較 [中央値+標準偏差]

⑥ ヒノキ平均単木材積及び生存率

植栽密度別の平均単木材積では、1,500本/ha 箇所が高い値となり、個体差では2,500本及び3,000本/ha 箇所で大い結果となった。生存率では、低密度箇所ほど低い値となったが、植栽間隔が広がったことで雑灌木等の生育が旺盛になったことが影響したものと考えられた。(図-12, 13)

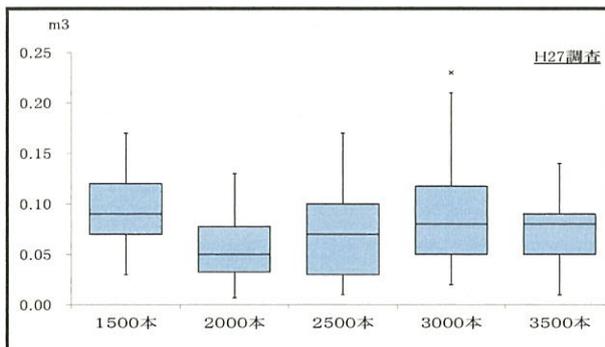


図-12 ヒノキ植栽密度別 平均単木材積の比較 [中央値+標準偏差]

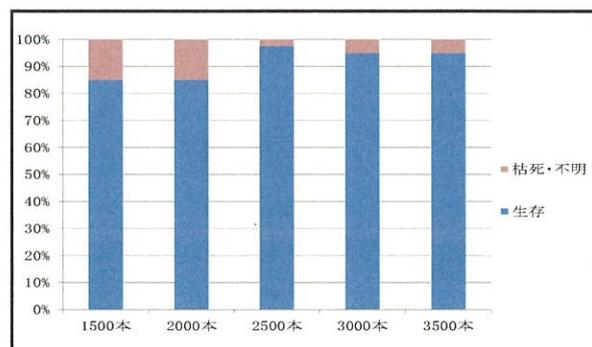


図-13 ヒノキ 生存率 [H27年度調査]

ヒノキ試験地では、低密度植栽箇所で大成長が促進され、上長成長では植栽密度別の成長差は見られないことがわかった。

(2) 植栽密度別の形質について

形質については、幹曲がり (A) と根曲がり (B) について調査し、併せて形状比を算出した。

幹曲がりについては、(図-14) に示すように4 mにおける矢高 [A] を計測し、その程度によって5段階で評価し、根曲がりについては、根元をどの程度切り捨て [B] なければならないかによって5段階評価とした。

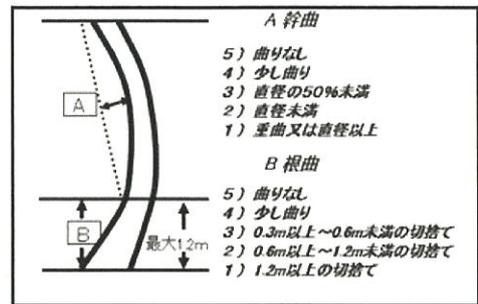


図-14 形質調査の方法

① スギ形質

根曲がり は低密度箇所が多く見られ、幹曲がり は1,500本/ha 箇所が多く見られた。下刈時のつる類の割合では、3,500本・1,500本/ha で大きく、幼齢期のつる類の影響と、台風被害等が形質に影響したのではないかと推察された。(図-15, 16)

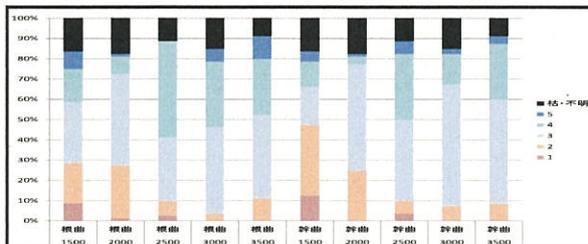


図-15 スギ 形質

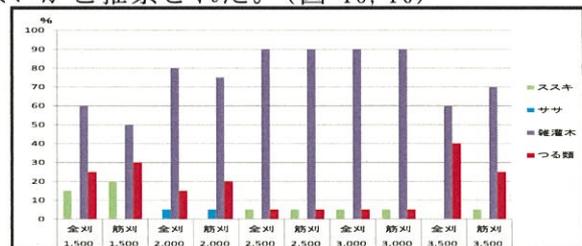


図-16 地床植生割合 (H9下刈時)

② スギ形状比

形状比については、高密度箇所ほど比率が大きくなる傾向となり、個体差については顕著な差は見られなかった。(図-17)

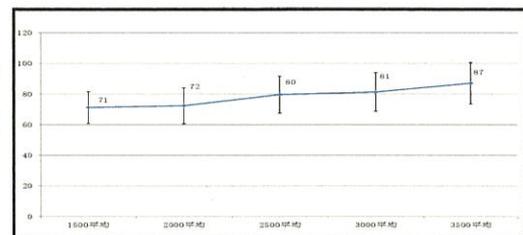


図-17 スギ形状比 [中央値+標準偏差]

③ ヒノキ形質

根曲がり では2,000本/ha 箇所が多く見られ、幹曲がり では2,500本/ha 箇所では形質の値が高い個体が多い結果となったが、明確な傾向までは見られなかった。地床植生割合においても殆ど差はなかった。(図-18, 19)

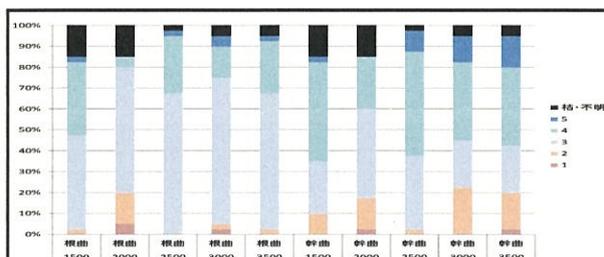


図-18 ヒノキ 形質

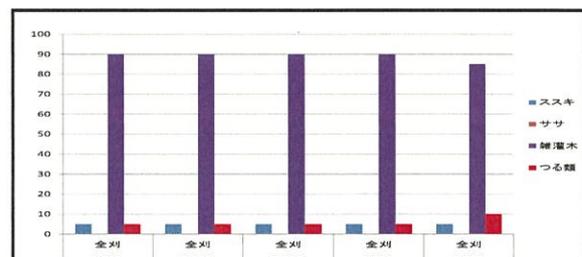


図-19 地床植生割合 (H9下刈時)

④ ヒノキ形状比

ヒノキについても、スギと同様に高密度箇所ほど比率が大きくなる傾向となり、個体差については、高密度箇所ほどバラツキが大きくなる傾向となった。(図-20)

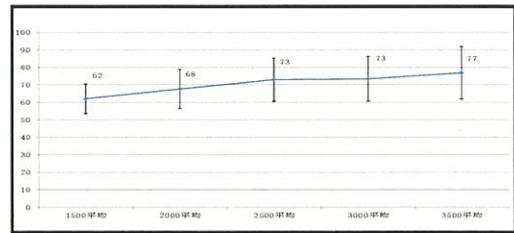


図-20 ヒノキ形状比 [中央値+標準偏差]

(3) 施業方法別の工期比較

下刈については、H8年度～ H11年度に4回実施し、スギは各密度別に全刈と筋刈プロットを設定、ヒノキは全刈で実施した。

除伐については、H16年度に1回実施し、それぞれの人工数を算出しとりまとめた。

なお、下刈・除伐ともにプロット内を(スギ0.09ha、ヒノキ0.04ha)を1名で作業を行い、所要時間を計測した。(図-21)

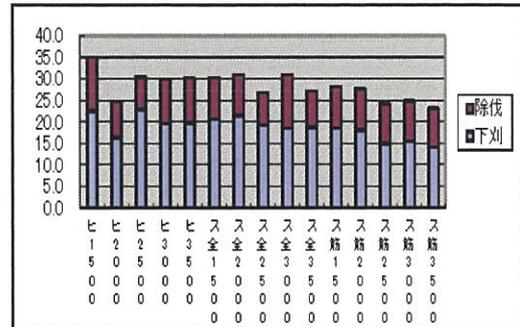


図-21 樹種・植栽本数別人工数

① スギのプロット内作業工期

下刈では、各プロットとも筋刈箇所が効率的な結果となったが、植栽密度別では高密度箇所ほど効率が良い傾向となった。下刈後に実施した植生量調査(刈払面積5m×5m)では、箇所毎に違いが見られた。〔図-21, 22〕

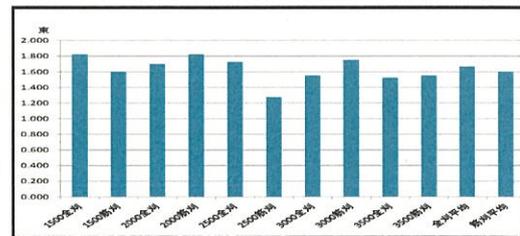


図-22 スギ下刈作業 植生量調査

除伐では、下刈を全刈で実施した2,500本/ha 箇所では効率良かったが、密度別による影響は見られず、下刈作業の違い(全刈・筋刈)による除伐作業への影響は出ていないが、トータルで作業工期を比較した場合、全刈では2,500本/ha 箇所、筋刈では3,500本/ha 箇所では作業効率が良い結果となったが、作業工期の影響として、作業条件(林地傾斜)や作業者の人為的なものが考えられた。

② ヒノキのプロット内作業工期

下刈・除伐ともに作業工期にバラツキが見られ、密度別による傾向は見られなかったが、作業工期をトータルで比較した場合、2,000本/ha 箇所では効率が良い結果となったが、原因として、下刈後に調査した植生量の影響も考えられた。〔図-21, 23〕

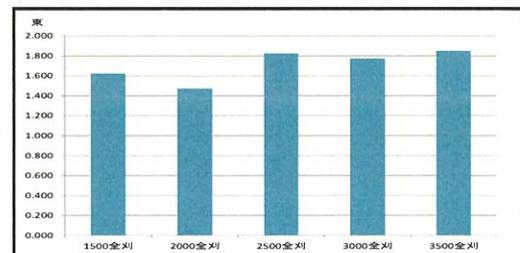


図-23 ヒノキ下刈作業 植生量調査

③ コスト比較（試算）

スギ造林作業に要した功程量を植栽密度別に比較した結果、植付では植栽本数の違いによる差が大きくなり、下刈では低密度箇所ではかかり増しとなり、除伐では顕著な差は見られなかった。（表-3）

平成27年4月（植栽後20年）時の森林現況を植栽密度別に見てみると、林分密度管理図の収量比数曲線（Ry）の数値に差が生じる結果となり、1,500本/ha 箇所ではスギ伐期40年時の数量比数の ha 当たり本数に近く、他の植栽密度箇所については、今後10年以内には間伐等が必要と考えられた。（表-4）

植付から除伐までの造林コストと併せ、今後の保育作業をトータルで試算すると、植栽密度が高い箇所ほど初期に係る植付本数及び植付作業の経費がかかり増しとなり、更に保育間伐を実施することでコストの差が大きくなる傾向となった。（表-5）

表-3 プロット別 造林作業功程量

プロット 調査対象区別	植栽 樹種	植栽 本数	植栽 面積	地拵	植付	下刈	除伐	計
				功程量	功程量	平均功程量	平均功程量	功程量
調査プロット (通常作業)	スギ	1,500	0.55	8.6	9.5	8.8	17.4	44.4
		2,000	0.35	8.6	12.9	9.1	15.7	46.3
		2,500	0.47	8.2	15.2	7.4	14.6	45.4
		3,000	1.10	8.6	18.4	7.6	20.7	55.3
		3,500	1.15	8.7	21.0	7.7	15.6	52.9
		平均			8.6	15.4	8.1	16.8
対象プロット (省力作業)	スギ	1,500	0.35	8.6	8.6	8.4	17.1	42.7
		2,000	0.30	8.8	14.2	6.7	17.9	47.6
		2,500	0.28	8.9	14.3	6.0	17.0	46.2
		3,000	1.00	8.8	19.0	6.5	16.9	51.1
		3,500	0.45	8.9	21.1	6.9	16.8	53.7
		平均			8.8	15.4	6.9	17.2

表-4 森林現況【H27.4月現在】及び今後の施業予想

プロット 調査対象区別	植栽 樹種	植栽 本数	生存率	H27年4月現在						今後の施業 間伐(予想)		
				生存本数	径級	樹高	単木材積	蓄積/ha	Ry	年度	間伐率	間伐後本数
調査プロット (通常作業)	スギ	1,500	81%	1,219	14.08	9.43	0.093	113	0.59		▲	1,219
		2,000	85%	1,700	10.04	7.83	0.054	92	0.61	H36	29%	1,200
		2,500	90%	2,250	10.07	7.96	0.044	99	0.70	H30	29%	1,600
		3,000	86%	2,588	10.92	8.97	0.056	145	0.79	H27	30%	1,800
		3,500	93%	3,238	11.66	10.63	0.077	249	0.91	H27	29%	2,300

※今後の施業については、間伐要領（6熊計第259号）より試算

表-5 植栽密度別 造林コストの比較

植栽 樹種	植栽 本数	地拵		植付		苗木代(採苗)		下刈(5回)		除伐(1回)		計	保育間伐		造林経費
		単価	必要経費	単価	必要経費	単価(円)	必要経費	単価	必要経費	単価	必要経費		単価	必要経費	
		単位:千円													
スギ	1,500				198		96					1,444			1,444
	2,000				264		128					1,542			1,722
	2,500	240	240	330	330	64	160	150	750	160	160	1,640	180	180	1,820
	3,000				396		192					1,738			1,918
	3,500				462		224					1,836			2,016

4 まとめ

① 成長量と形質等について

肥大成長及び形状比については、スギ・ヒノキとも1,500本/ha 箇所では優位な傾向(植栽密度に比例)が見られ、上長成長では植栽密度の違いによる差は見られなかった。

形質については、スギでは高密度箇所では評価値が高くなり、ヒノキでは顕著な差は見られなかった。

② 施業方法について

植付では植栽本数が造林コストに大きく影響し、下刈から除伐までは、埋土種子やぼう芽等による下層植生の繁茂による影響を受けやすいことから、植生に応じ全刈や筋刈等を組み合わせることで低コストにつながるものと考えられた。

また、保育間伐の実施については、コスト削減に大きく影響するため成長状況等を勘案した施業計画が重要であるとともに、除伐実施時に造林木の不形成木等を含めて除去することにより作業の省略が期待できる。

③ 今回の試験結果から

低密度植栽は、成長状況において大きな影響は見られず、苗木代等の縮減と植付けなど保育経費の削減が見込まれる。また、主伐・再造林により植付面積の拡大により苗木不足が懸念される状況下においては、低コスト造林を実施するうえで有効な手法と考えられる。ただし、形質では、評価値が低い個体が多い傾向となったことから継続した調査が必要と思われた。また、保育作業(下刈)では、作業工期が掛かり増しになる傾向が見られたことから、現地に応じた作業時期・方法などの確立が必要である。

今後は、エリートツリー等の初期成長の優れた苗や苗高が高い大苗などを活用し、併せて低密度植栽を組み合わせることで、下刈回数の削減など初期にかかる造林コストの低減が期待できることから、植栽する地域の気候や林況に応じた適正本数を確立するとともに、形質や保育作業の改善を念頭におき、木材需要等を考慮した施業体系の確立に努めていきたい。