

課題46

持続的可能で多様な森林造成技術の開発（小面積帯状伐採と次世代優良苗の植栽）
（平成27年度 完了報告）

九州森林管理局 森林技術・支援センター

1 目的

公益的機能の高度発揮に最大限配慮しつつ、災害に強く、かつ低コストで木材を安定的に供給できる施業体系を確立するため、

- ①「公益的機能の高度発揮」として、小面積帯状伐採及びエリートツリー等優良苗の低密度植栽・坪刈施業等により、早期に森林植生を回復し土壌流失の抑制などに配慮した施業体系を確立する。
- ②「災害に強い森林づくり」として、小面積帯状伐採により強風吹き込み抑制効果を高めるとともに、低密度植栽により樹冠長率が高く、重心が低く、耐風性の高い災害に強い森林造成技術を開発する。
- ③「低コスト育林技術の開発」として、搬出・更新・保育コストの低減により、トータルコストを低減することを目的とする。

〈数値目標：コスト削減〉

伐採・搬出コスト	簡易で崩れにくい作業路と高性能林業機械の活用 10m ³ /人・日以上
更新コスト	1,500本/ha植栽 50%削減
保育コスト	スギエリートツリー等優良苗の植栽による下刈回数の削減 50%削減と坪刈による工期アップ

2 試験地概要

(1) 場所

宮崎森林管理署都城支署 青井岳森林事務所部内
青井岳国有林1099ろ・ろ8林小班内〔図-1〕

(2) 試験期間

平成20年度～平成29年度（平成27年度繰上完了）

(3) 概況

- ①面積 3.86ha（伐採面積1.46ha、植栽面積1.16ha）
- ②伐採 帯状に6伐区設定
- ③更新 地拵：坪地拵
植付：スギ裸苗（エリートツリー・精英樹を、
1,000本・1,500本・2,000本/haで植栽）
- ④地況 標高：300～400m
方位：北東向き斜面
林地傾斜：約30度
土壌型：B_D型

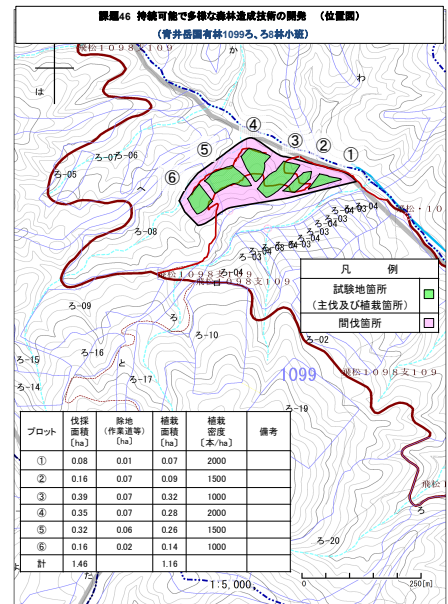


図-1 試験地設定概要図

3 試験方法

(1) 各作業の内容

① 作業路開設

高性能林業機械を使用した集材作業として、等高線沿いに「低コストで壊れにくい作業路」を開設。

② 伐採～搬出

伐採：チェーンソー(G5001P, コマツゼノア)

集材：主にグラップル(MM45B, 三菱)、(PC120, コマツ)

造材：主にプロセッサ(CT500, イワフジ)

搬出：フォワーダ(U3B, イワフジ)

③ 地拵

坪地拵：平成21年1月～2月

④ 植栽方法及び植栽系統〔表-1〕

プロット1～3：精英樹スギ（県八女12号外11種）

プロット4：エリートツリースギ（スギ九育2-161〔旧九熊本9-1号〕外12種）、
精英樹スギ（県八女12号外11種）

プロット5,6：エリートツリースギ（スギ九育2-161〔旧九熊本9-1号〕外4種）、
精英樹スギ（県八女12号外11種）

表-1 プロット別・品種別 植栽本数と植栽方法

プロット 番号	植栽樹種	面積	植栽本数				ha当 植栽 本数	地拵方法	植栽方法	備 考
			エリート ツリー	精英樹	比較苗	計				
1	スギ	0.07		76	78	154	2,000本	坪地拵	方型植	エリートツリー植栽なし
2	スギ	0.09		44	100	144	1,500本	坪地拵	方型植	〃
3	スギ	0.32		132	181	313	1,000本	坪地拵	方型植	〃
4	スギ	0.28	110	88	385	583	2,000本	坪地拵	方型植	比較苗には宮崎県植栽 分136本を含む
5	スギ	0.26	32	144	224	400	1,500本	坪地拵	方型植	
6	スギ	0.14	32	44	66	142	1,000本	坪地拵	方型植	
計		1.16	174	528	898	1736				

※ 植栽本数のエリートツリー内には候補木を含む。

(2) 調査事項

① 低コスト化調査

搬出・作業路開設コスト調査

更新・保育コスト調査

② 風速調査

③ 造林木の成長量調査

根元直径及び樹高の測定

(3) 年度別実施事項

年度	H20	H21	H22	H23～H25	H26	H27
実 施 内 容	<ul style="list-style-type: none"> 試験地設定 伐採～搬出 地拵・植付 シネット設置 試験地表示 	<ul style="list-style-type: none"> 成長量調査 風速計設置 	<ul style="list-style-type: none"> 下刈 つる切 成長量調査 	<ul style="list-style-type: none"> 下刈 成長量調査 (H25未調査) 	<ul style="list-style-type: none"> 成長量調査 	<ul style="list-style-type: none"> 成長量調査

4 試験結果と考察

(1) 伐採～搬出コストの削減

低コスト作業路の開設として、作業記録簿等により工期調査を実施した結果、1日当たりの開設延長は40.93mとなり、試験地内に836.1mを開設した。〔表-2, 3〕

素材生産については、1人1日当たり10m³以上を目標としていたが、高性能林業機械等の活用により、11.33m³となり本試験地の数値目標を達成できた。〔表-4, 5〕

作業路開設では、路盤の丁寧な転圧や水切り等の雨水対策を確実に実施することや、現地資材（根株・岩石等）を活用するなど、耐久性や低コストを考慮した作設が重要であり、路肩への根株活用では、表土と併せて広葉樹を挟み込むことで、ぼう芽の発生が旺盛となり有効であることが観察できた。

素材生産では、ウインチ付きグラブ等の高性能林業機械と簡易で壊れにくい作業路を組み合わせることで、生産性が向上することが確認できた。

表-2 作業路開設の生産性

従事日数 (日)	出役人員 (人)	総作業時間 (h)	開設延長 (m)	生産性 (m ³ /人・日)	備考
9	32	143	836.1	40.93	バックホウ0.2m ³ 使用

※1日の作業時間を7時間で算出

表-3 作業路開設 作業工程内訳

作業工程	使用機械	延べ日数 (日)	作業人員 (人)	使用時間 (h)	備考
伐採	チェーンソー	8	17	44	
集材	グラブ	6	15	28	
造材	プロセッサ	3	3	4	
搬出	フォワード	2	14	13	
開設	バックホウ	7	14	54	
計		26	63	143	

表-4 素材生産の生産性

従事日数 (日)	出役人員 (人)	総作業時間 (h)	生産量 (m ³)	生産性 (m ³ /人・日)	備考
27	95	442	715.269	11.33	

※1日の作業時間を7時間で算出

表-5 素材生産 作業工程内訳

作業工程	使用機械	延べ日数 (日)	作業人員 (人)	使用時間 (h)	備考
伐採	チェーンソー	18	38	76	
集材	グラブ	25	50	197	
造材	プロセッサ	16	17	67	
搬出	フォワード	19	22	91	
土場作設	バックホウ	3	4	11	
計		81	131	442	

(2) 更新コストの削減

地拵えは、作業員1名による時間観測で工期調査を実施した。プロット4, 5, 6において坪地拵えで実施した結果、ha当たり4.37人となり、九州局の請負標準工期(枝条存置地拵え)と比較して約58%のコスト削減となった。〔表-6〕

植付の工期調査については、地拵えと同じプロット・方法により実施し、25本の植付に要した時間を計測した結果、ha当たり8.68人となり、九州局の請負標準工期(1,500本/ha普通植え)と比較して約49%のコスト削減となった。〔表-7〕

更新コストについては、低密度(平均1,500本/ha)により植栽本数を半減したことで、これまでの3,000本/ha植栽と比較し1/2のコスト削減となり、地拵え作業では坪地拵えで実施したことに加え、素材生産が完了し雑灌木等の侵入前に早期に着手できたことが作業工期の向上につながったと考えられた。

表-6 プロット別地拵え人工数

プロット番号	標準人工数(人)	ha換算人工数(人)	割合(%)	植栽密度(本/ha)	備考
4	10.50	6.7	63.8	2,000	坪地拵えで実施
5	10.50	4.2	40.0	1,500	〃
6	10.50	2.2	21.0	1,000	〃
平均	10.50	4.37	41.6	1,500	

※1日の作業時間を6時間で算出

表-7 プロット別植付人工数

プロット番号	標準人工数(人)	ha換算人工数(人)	割合(%)	植栽密度(本/ha)	備考
4	17.10	13.30	77.8	2,000	4本1組で植栽(基本形)
5	17.10	8.33	48.4	1,500	〃
6	17.10	4.40	25.7	1,000	〃
平均	17.10	8.68	50.8	1,500	

※1日の作業時間を6時間で算出

(3) 保育コストの削減

① 工期調査

下刈は、1つのプロットを全刈と坪刈に区分し、2名人力作業により工期調査を実施した。植栽初年度(H21)は、伐採・搬出後すぐに地拵え・植付を実施したことにより下刈が省略できたため、植栽後2,3年目で実施した。

植栽後2年目(H22)の全刈箇所では、ha当たり3.3人となり請負標準工期と比較して約48%のコスト削減となり、坪刈箇所では、ha当たり1.4人で約65%のコスト削減となった。H22年度平均では、約56%のコスト削減となった。

植栽後3年目(H23)の全刈箇所では、ha当たり3.6人で約44%のコスト削減となり、坪刈箇所(プロット4)では、ha当たり1.8人で約54%のコスト削減となったが、プロット5, 6では、雑灌木等の繁茂が旺盛で造林木への影響が懸念されたことから、全刈作業に変更した。〔表-8〕

下刈作業では、全刈・坪刈ともに植栽本数を低密度にしたことが作業工期に影響したと考えられたが、坪刈作業する中で植栽木間の移動に支障があったことや、2年目の作業で坪刈から全刈に変更となったこと等から、低密度植栽では初回は全刈作業で実施し、2回目以降は造林木への影響考慮した筋刈り等の作業種選定が重要である。

表-8 プロット別・下刈方法別 人工数

プロット 番号	全刈	H22		H23		坪刈	H22		H23		備考
	標準 人工数	ha 換算 人工数	割合 (%)	ha 換算 人工数	割合 (%)	標準 人工数	ha 換算 人工数	割合 (%)	ha 換算 人工数	割合 (%)	
4	6.4	4.0	62.5	3.3	51.6	3.9	1.7	43.6	1.8	46.2	2,000*
5	6.4	2.9	45.3	3.9	60.9	3.9	1.3	33.3	4.0	62.5	1,500*
6	6.4	3.1	48.4	3.5	54.7	3.9	1.1	28.2	2.5	39.1	1,000*
平均	6.4	3.3	52.1	3.6	55.7	3.9	1.4	35.0			

※1日の作業時間を6時間で算出

②下刈終了の目安

3成長期（H23.10）を経過したエリートツリー植栽プロットの樹高の成長状況は、当試験地での下刈終了目安150cmと比較すると、プロット4（2,000本/ha 植栽）の全品種で、プロット5（1,500本/ha 植栽）の2品種で超過が見られたことから、エリートツリーや精英樹等の優良品種苗を育成条件のよい環境に植栽することで、下刈回数の削減が可能となることが確認できた。

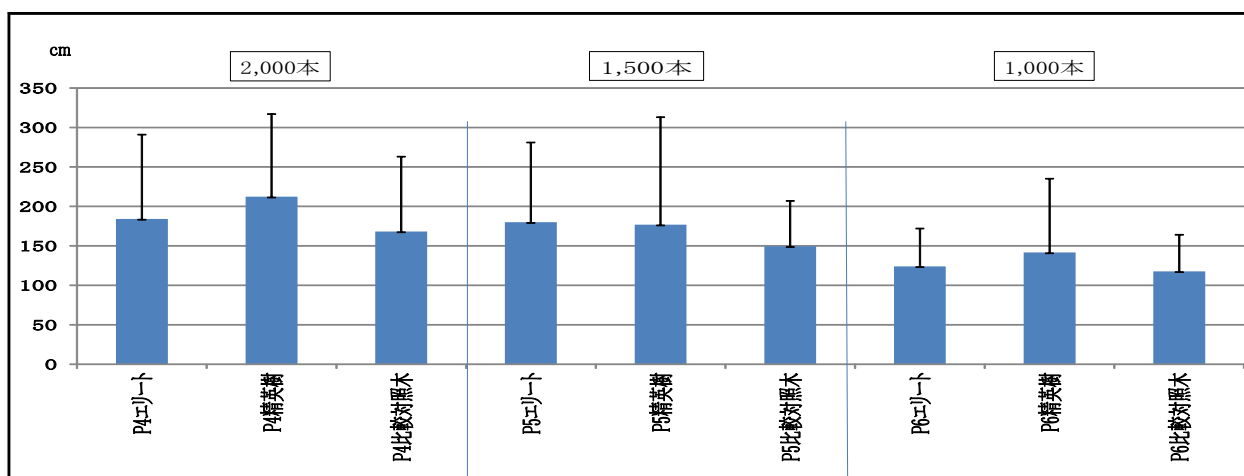


図-2 密度別・品種別 成長量 [3成長期経過時の樹高]

※ 図中のエラーバーは最大値を示す。

(4) 強風吹き込み抑制効果調査

強風の吹き込み抑制効果を検証するため、プロット4と試験地近隣の皆伐造林地の2箇所に、植栽木（年度・樹種）、標高・傾斜を同条件とし風速計を設置し風速を比較した。

月別の最大風速では、平成23年7月に皆伐造林地で17.3mとなり、小面積プロットで14.6mとなった。〔図-3〕

最大風速を観測した、平成23年7月には、九州東方沖を台風6号が通過しており、最接近した3日間の風速では全ての時間帯において皆伐造林地で観測値が大きくなり、風向では、皆伐造林地は南東方向の連続した時間帯が見られたが、小面積では東南東・南南東方向からの吹き込みが多かったが、各方向に分散している傾向が見られた。〔図-4、表-9〕

地況・林況を同条件とした検証結果では、皆伐箇所より帯状小面積伐採箇所では強風の吹き込みが抑制され、造林木に与える影響が抑えられると考えられた。

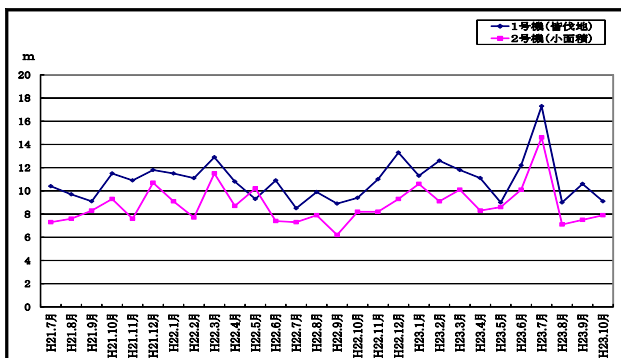


図-3 月別 最大風速

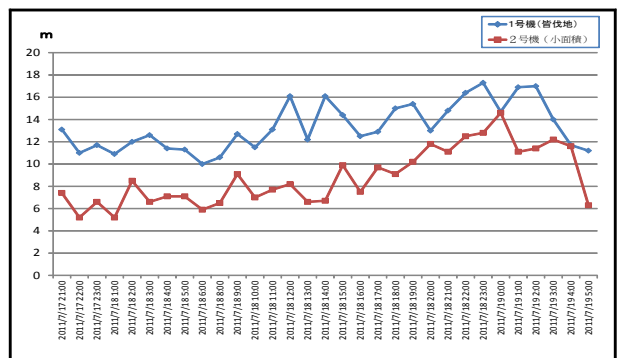


図-4 台風接近時 最大風速

表-9 台風接近時の風向と最大風速

日付・時刻	1号機(皆伐地)							2号機(小面積)							
	東北東	東	東南東	南東	南南東	南南西	西南西	北北東	東	東南東	南東	南南東	南	南南西	南西
2011/7/17 21:00			13.1									7.4			
2011/7/17 22:00				11									5.2		
2011/7/17 23:00				11.7						6.6					
2011/7/18 1:00	10.9									5.2					
2011/7/18 2:00				12							8.5				
2011/7/18 3:00					12.6				6.6						
2011/7/18 4:00			11.4						7.1						
2011/7/18 5:00				11.3						7.1					
2011/7/18 6:00			10								5.9				
2011/7/18 8:00	10.6										6.5				
2011/7/18 9:00	12.7														
2011/7/18 10:00				11.5										7	
2011/7/18 11:00				13.1											7.7
2011/7/18 12:00				16.1							8.2				
2011/7/18 13:00				12.2					6.6						
2011/7/18 14:00				16.1											
2011/7/18 15:00		14.4												9.9	
2011/7/18 16:00		12.5													
2011/7/18 17:00				12.9								9.7			
2011/7/18 18:00				15										9.1	
2011/7/18 19:00				15.4											
2011/7/18 20:00		13													11.8
2011/7/18 21:00				14.8									11.1		
2011/7/18 22:00				16.4								12.5			
2011/7/18 23:00		17.3									12.8				
2011/7/19 0:00			14.7												
2011/7/19 1:00				16.9							11.1				
2011/7/19 2:00		17							11.4						
2011/7/19 3:00					14					12.2					
2011/7/19 4:00						11.7				11.6					
2011/7/19 5:00							11.2							6.3	
回数計	3	5	7	12	2	1	1	3	1	6	3	6	2	4	2

※ 1号地（皆伐造林地）の最大風速10m以上を抽出比較 7/17～7/19

(5) 造林木の成長状況

密度別（1,000本、1,500本、2,000本/ha）にエリートツリー〔13系統〕・精英樹〔11系統〕・比較対照木〔少花粉スギ精英樹「高岡署1号」〕を植栽し、肥大成長（根元直径）及び上長成長（樹高）を調査した。

今回の試験地においてはプロット毎の立地条件が異なるため、まず、成長過程において密度の影響を受けにくい上層樹高（上位5%の平均樹高）を使い、全てのプロットに共通する比較対照木の上層樹高を使用し立地の影響を検討した。

その結果、P1(340.0m)、P2(388.0m)、P3(445.8m)、P4(597.7m)、P5(559.0m)、P6(452.6m)と、各プロットで数値に大きな差が見られ立地の影響が非常に強い結果となったことから、成長状況の分析をプロット毎の品種別により実施した。

なお、下刈作業の違いによる成長への影響については、肥大成長及び上長成長ともに確認できなかった。

品種別の成長状況（H27.8）では、プロット1,2,3では、肥大成長及び上長成長ともに精英樹で値が大きく〔図-5,6〕、更に、プロット4,5,6について詳しく分析すると、プロット4では、肥大成長・上長成長ともに精英樹で有意差が見られ、プロット5では、肥大成長・上長成長ともにエリートツリーで有意差が見られた。プロット6では、品種別の有意差は見られなかった。〔図-7,8〕

今回の試験地においては、立地が成長に大きく影響した結果となったため、密度別の比較は難しかった。

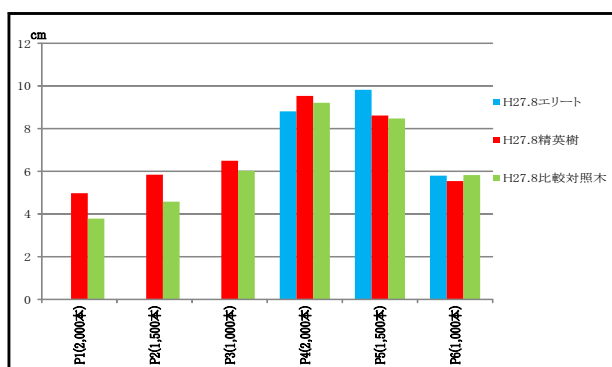


図-5 品種別 成長量の比較〔根元直径〕

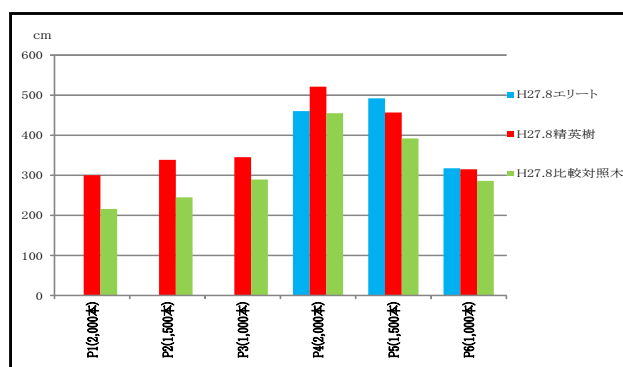


図-6 品種別 成長量の比較〔樹高〕

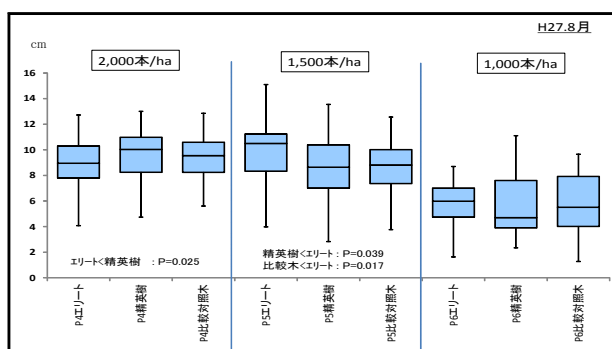


図-7 プロット別・品種別 成長量の比較〔根元直径〕

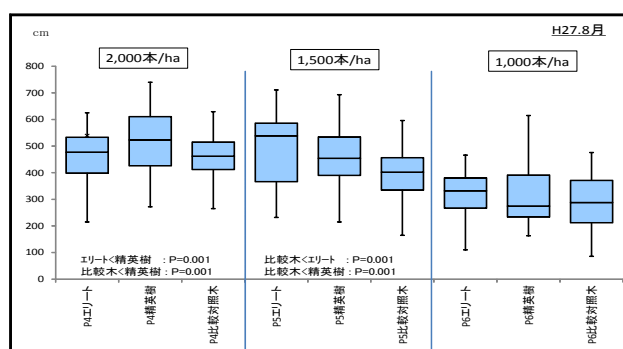


図-8 プロット別・品種別 成長量の比較〔樹高〕

表-10 プロット別・品種別 植栽本数内訳

系統等	ﾌﾟﾛｯﾄ 1	ﾌﾟﾛｯﾄ 2	ﾌﾟﾛｯﾄ 3	ﾌﾟﾛｯﾄ 4	ﾌﾟﾛｯﾄ 5	ﾌﾟﾛｯﾄ 6	計	備 考
県八女12	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
県大分5	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
県佐伯13	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
日向署2	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
県始良4	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
県始良20	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
県児湯2	8	4	12	8	12	4	48	推奨品種
高岡署6	8	4	12	8	12	4	48	20年優良品種
県諫早1	4	4	12	8	16	4	48	高岡無下刈
県肝属1	4	4	12	8	16	4	48	高岡無下刈
県肝属2	4	4	12	8	16	4	48	高岡無下刈
精英樹等計	76	44	132	88	144	44	528	
九熊本9-1				15	8	8	31	スギ九育2-161
九熊本9-6				9	8	8	25	スギ九育2-166
九熊本9-11				9	8	8	25	スギ九育2-171
九熊本9-29				11	4	4	19	スギ九育2-189
九熊本9-32				7			7	スギ九育2-192
九熊本9-33				6			6	エリートツリー候補木
九熊本10-12				5			5	スギ九育2-110
九熊本10-14				9	4	4	17	エリートツリー候補木
九熊本10-31				7			7	エリートツリー候補木
九熊本10-33				9			9	スギ九育2-131
九熊本10-38				8			8	スギ九育2-136
九熊本10-42				10			10	スギ九育2-140
九熊本10-59				5			5	スギ九育2-157
次世代計				110	32	32	174	
高岡署1号	50	25	115	150	165	55	560	対照調査木
〃	28	75	66	99	59	11	338	調査木以外
計	78	100	181	249	224	66	898	
宮崎県試験				136			136	0.06ha
計				136			136	
合 計	154	144	313	583	400	142	1,736	

5 まとめ

(1) 低コスト育林技術

高性能林業機械と低コスト作業路の組み合わせにより、生産性を向上させることができ、素材生産が完了した後、早期に地拵えに着手し低密度の植栽で植付にかかるコストを抑えることができる。また、エリートツリー等優良品種苗を活用することで下刈コストの削減も可能と考えられた。

(2) 森林造成技術

強風の吹き込みによる造林木への影響は、小面積伐採箇所では風向が分散され、最大風速も小さくなり抑制効果が高いことが確認できた。

(3) 施業体系の確立

小面積帯状伐採により植栽木への風の影響を抑制し、成長の優れたエリートツリー等優良品種のコンテナ苗を低密度植栽することで、更新コストの削減を図るとともに、造林木の成長と周囲の植生を観ながら下刈回数を削減するなどして、保育コストの削減も期待できると考えられた。

今後は、コンテナ苗を活用した一貫作業システムの早期確立と優良品種苗を活用した低コスト造林を実証し、地域に適応した品種・系統の普及に取り組む考えである。