

針広混交林等造成技術の開発

黒瀬 勝雄

Development of management technology for mixed forest of needle-leaved and broad-leaved trees.

Katsuo KUROSE

要 旨

黒瀬勝雄：針広混交林等造成技術の開発 岡山県林試研報24：1-26 (2008) 針広混交林等を造成する技術を開発するため、天然更新途上地及び帯状伐採跡地における更新補助試験、針広混交植栽地における植栽方法別及び下刈り方法別の生育試験、人工林列状間伐跡地における広葉樹生育試験を実施した。天然更新途上の林地におけるパイオニア樹種は、林床に存在する高木性樹木の稚樹を保護する働きがあることが示唆された。帯状伐採跡地において実施した地掻き試験では、植生回復の早期化は確認できなかった。また、帯状伐採跡地では、ササ類の繁茂によって広葉樹の侵入が阻害される恐れが示唆された。針広混交植栽地における植栽方法別では、格子植が有利な樹種もあったが、現段階で大きな差はないと考えられた。下刈り方法別では、植栽木の肥大及び伸長成長、作業の省力化、広葉樹の枝張り抑制効果を勘案すると、坪刈りが有効と考えられた。列状間伐をはじめとする強度間伐は、下層広葉樹の成長促進効果が大きい、下層広葉樹や埋土種子が乏しい林地では、短期間での広葉樹導入は困難な場合もあり、若齢林からの広葉樹導入が重要であることが示唆された。

キーワード：針広混交、省力施業、強度間伐、植生回復

I はじめに

近年、木材価格の低迷や林業労働者の減少・高齢化によって間伐をはじめとする森林整備が進んでいない（森林・林業白書 2008）。このことは、針葉樹人工林の荒廃を招き、土砂の流出、水源かん養機能や木材生産機能の低下などの原因となる恐れがある。一方、森林に対する国民の期待は、木材及び林産物の生産機能から、地球温暖化防止、山地災害防止機能、水源かん養機能など公益的な機能へとシフトしてきている（内閣府 2007）。

このような状態の中で、現存している針葉樹人工林の健全化を図りながら国民が期待する森林の公益的機能を高度に発揮させるためには、森林の生産力を維持しながら省力的で低コストな施業によって、将来的に維持管理経費が少なく、多面的な機能を発揮する針広混交林を造成する必要がある。

現在、高密度路網、高性能林業機械及び列状間伐を組み合わせた間伐・択伐の低コスト作業が推奨されているが（林野庁 2006）、今後は長伐期施業を加えた施業体系によって、針葉樹人工林を針広混交林等へ誘導し、森林所有者を含めた国民全体の期待を満足させる森林を造成することが必要とされ、その手法の確立が求められている。

しかし、人工林の針広混交林への誘導技術については研究が始められたばかりであり（森林総合研究所 2006）、その造成に長期間を要することから技術の確立には至っていない。

このため、人工林皆伐跡地における下層木の育成、帯状伐採跡地における広葉樹導入施業、皆伐跡地における針広混交と広葉樹植栽後の省力的施業及び針葉樹下における天然更新技術について検討した。

各試験地の位置及び市町村は、次のとおりである（図-1、表-1）。

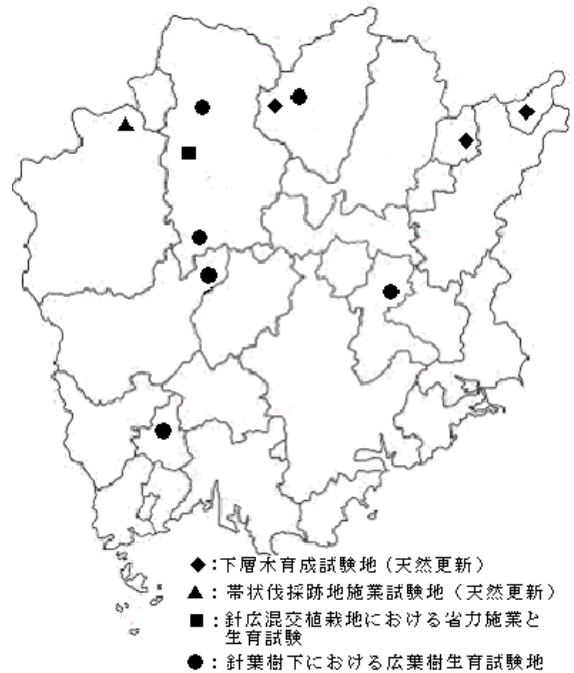


図-1 各試験地の位置

表-1 各試験実施の市町村

試験名	調査地	市町村
1 天然更新地施業試験 (1)下層木育成試験	1	西栗倉村
	2	鏡野町
	3	奈義町
(2)帯状伐採跡地施業試験		新見市
2 針広混交植栽地における省力施業と生育試験		真庭市
3 広葉樹植栽地生育試験		真庭市
	1	真庭市
4 針葉樹下における広葉樹生育試験	2	赤磐市
	3	矢掛町
	4	鏡野町
	5	真庭市
	6	高梁市

II 材料と方法

1 天然更新地施業試験

(1)下層木育成試験

1)調査地の概要

2000～2003年度に皆伐された岡山県北のヒノキ林（42年生～50年生）であり、天然更新により植生回復が認められる林地3か所（図-1：◆）である。各調査地の概要は次のとおりである（表-2）。

表-2 調査地の概要

調査地No.	前生樹	伐採時の林齢	m	平均樹高	斜面方位	傾斜度	伐採後の経過年数	周辺木の状況
1	ヒノキ	42～48	600	S	35	7	スギ・ヒノキ	
2	ヒノキ	42～48	600	NW	36	6	尾根部にヒノキ、コナラ等	
3	ヒノキ	45～50	500	SW	38	5	隣接地にアブキ、ケヤキ、コナラ等	

2)調査方法

2005年9月～11月に5m×5mの調査プロットを3個設置し（図-2）、プロット内の木本類の生育状況を調査した（図-3）。その後、120cm以上の樹高を有するパイオニア樹種を伐採強度を変えて根元から除去し、下層の高木性樹種の樹種、樹高を調査した後、マーキングを行い、2成長期経過後の2007年10月～11月に同様の調査を行った。2005年の各プロットの植生及び上層木の除去状況は次のとおりである（表-3、表-4）。



図-2 調査地（調査地2）

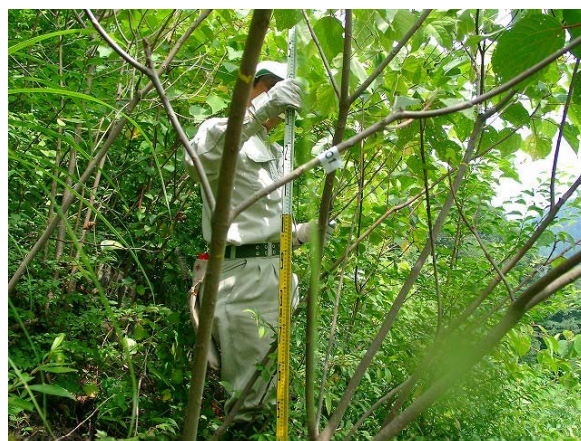


図-3 植生調査（調査地2）

表-3 調査地の植生

調査地	プロット	上層木			下層木		
		樹種数	本数	平均樹高 cm	樹種数	本数	平均樹高 cm
1	1	8	38	178	9	22	42
	2	12	62	184	8	25	43
	3	7	15	202	3	9	71
2	1	12	101	183	6	221	40
	2	15	161	189	10	206	47
	3	16	107	167	10	495	37
3	1	12	63	186	8	35	41
	2	13	56	170	5	35	32
	3	10	63	170	5	40	40

表-4 上層木の除去状況

調査地	プロット	上層木等の施業
1	1	ススキ等草本類の除去
	2	カラスザンショウ タラノキ全7本の除去
	3	対照区(無施業)
2	1	アカメガシワ66本除去
	2	アカメガシワ54本中27本除去
	3	ススキ等草本類の除去
3	1	ススキ等草本類の除去
	2	アカメガシワ カラスザンショウ タラノキ全20本除去
	3	対照区(無施業)

また、各調査地において、1プロットを25の小プロット（1m×1m）に細分化し、各小プロットにおいて伐採前後の林床（地上40cm）の相対照度を調査した（図-4）。



図-4 プロット内照度調査（調査地）

(2) 带状伐採跡地広葉樹導入施業試験

1) 調査地の概要

岡山県北西部新見市の人工林を2004年11月に8m幅で傾斜方向に带状伐採した跡地である(図-1:▲)。

樹種は斜面上部がヒノキ,下部がスギである。林齢は53年,平均樹高はスギ18.6m,ヒノキ16.2m,平均傾斜28度である(図-5)。



図-5 带状伐採の状況

2) 調査方法

带状に伐採された部分に2005年4月,4m×4mの調査プロットを16個設置した(図-6)。

プロット両側の上層木は8プロットがスギ,8プロットがヒノキである。それぞれ半数のプロットにおいて地表面をレーキを使用し,人力によって,落葉層を除去する程度の地掻きをおこない(図-7),自然状態のままのプロットを対照区として植生回復状況を植被率で比較した。

なお,地掻きを行い地表面から除去した落葉は,各プロットの斜面下部へ移動した。スギ林分における代表的な地掻き作業前後の状況は次のとおりである(図-8,9)。

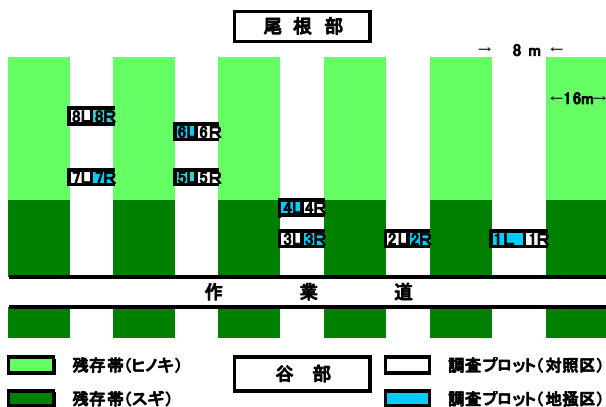


図-6 各プロット配置状況



図-7 地掻き状況(3R)



図-8 地掻き作業前(4L)



図-9 地掻き作業後(4L)

2 針広混交植栽地における省力施業と生育試験

(1) 調査地の概要

試験地は岡山県北部真庭市の人工林皆伐跡地である(図-1: ■)。伐採年は2001年, 前樹種はヒノキ50年生であり, 2002年4月及び2003年4月に針葉樹と広葉樹を混交植栽している。

植栽樹種は2002年植栽がケグワ, ケヤキ及びびスギ, 2003年植栽がクリ, トチノキ及びびスギである。植栽方法は, 広葉樹のみを植栽した単植(各樹種8本), 広葉樹とスギを交互に格子状に植栽した格子植(各広葉樹8本), 広葉樹の周囲を3本のスギが囲むように植栽した巢植(各広葉樹8本)の3方法であり, 植栽密度は単植区が2,000本/ha, 格子植区及びび巢植区が3,000本/haである(図-10)。また, 下刈りの方法として, 2002年植栽地では区域の50%を全刈り, 残り50%を植栽木の根元周囲半径約50cmのみ刈り払いする坪刈りとし, 2003年植栽地では区域の50%を坪刈り, 残り50%を下刈りなしとしている(図-11)。なお, 各植栽方法とも3反復で設定している(図-12, 13)

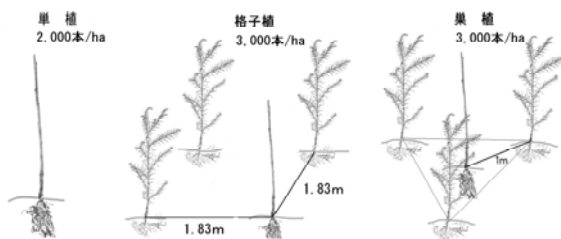
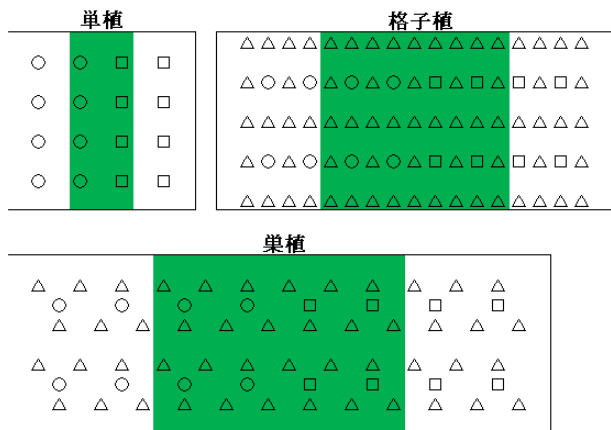


図-10 各植栽方法



2002年(2003年) 植栽樹種及び下刈りの配置図

○ ケグワ(クリ) □ ケヤキ(トチノキ) △ スギ
 □ 全刈り区(下刈りなし) ■ 坪刈り区 ()内は2003年

図-11 各植栽樹種及び下刈りの配置図

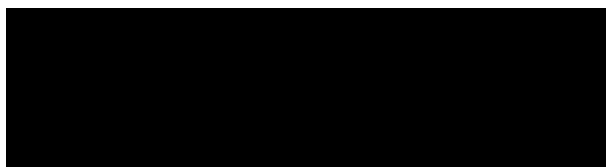


図-12 各植栽方法の配置図(3反復)



図-13 2002年植栽地下刈り状況(全刈りと坪刈り)

(2) 調査方法

各植栽区において植栽から5成長期後までの広葉樹及びびスギの根元径及びび樹高を樹種ごと, 植栽方法ごとに毎年11月~12月に測定した。

また, 広葉材の品質を左右する通直性を判断する手法として, 広葉樹では最大枝張り径を測定した。

なお, 生育途上において枯損した個体は調査対象から除外し, 梢端枯れ個体はそのまま測定した。

3 広葉樹植栽地生育試験

(1) 調査地の概要

試験地は岡山県北部真庭市の人工林皆伐跡地である(図-1: ■)。伐採年は2001年, 前樹種はヒノキ50年生であり, 2002年4月及びび2003年4月に広葉樹を植栽している。

植栽樹種は2002年植栽がヤマザクラ, ケヤキ及びびケグワ, 2003年植栽がクリ, トチノキ及びびホオノキであり, 各樹種とも斜面方向に16本×2列で植栽されている(図-14, 15)。



図-14 2002年植栽地(ヤマザクラ, ケヤキ, ケグワ)



図-15 2003年植栽地（ク, トチノキ, 材ノキ）



図-17 調査プロットの状況（2-C）

(2) 調査方法

広葉樹の樹高及び根元径を樹種別及び斜面位置別に調査し、上部、中部、下部で比較した(図-16)。

各部位の樹種別の本数は、上部と下部がそれぞれ5本×2列の10本、中部が6本×2列の12本である。

植栽樹種 ()内は2003年植栽の樹種

- ヤマザクラ(ク)
- ◇ ケヤキ(トチノキ)
- ケグワ(ホオノキ)

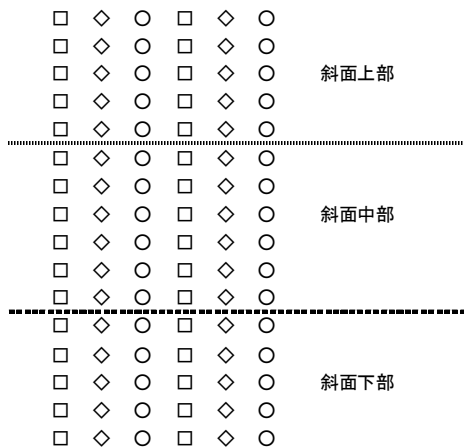


図-16 樹種配置図

4 針葉樹下における広葉樹生育試験

(1) 調査地の概要

岡山県北部の間伐予定林（スギ・ヒノキ）6カ所（図-1：●）である。林齢は調査地1～3が19年生，調査地4～6が35年生である。

この調査地は（社）おかやまの森整備公社が管理しており、同林齢であれば立木密度はほぼ同様であると考えられた。しかし、間伐前の立木密度は、19年生の調査地では1,300～2,050本/ha、35年生の調査地では675～2,075本/haと差があった。代表的な状況を次に示す(図-17)。

(2) 調査方法

それぞれの調査地に2006年8月～11月、20m×20mのプロットをそれぞれ6個設定した。

調査地1～3の3ヶ所では、密度条件をそろえるために、それぞれの調査地で3プロットを1400本/ha、3プロットを1700本/haになるように定性間伐を実施した。間伐前の成立本数が少なく、設定した密度以下の場合には、枯損木の伐採のみとした。各プロットの状況は次のとおりである（表-5）。

伐採後、下層の広葉樹の生育状況を確認し、経過を調査した。

表-5 調査プロットの状況（19年生）

調査地	樹種	林齢	プロット	伐採前			伐採後			
				立木密度 本/ha	立木密度 本/ha	胸高直径 cm	間伐率 %	立木密度 本/ha	胸高直径 cm	平均樹高 m
1	ヒノキ	19	A	1700	2050	16	20.7	1625	17.01	9.44
			B	1400	1900	16.46	26.3	1400	16.99	9.97
			C	1700	1975	17.44	15.2	1675	18.14	10.84
	ヒノキ	19	A	1400	1975	17.77	25.3	1475	18.56	10.66
			B	1700	2050	16.17	18.3	1675	16.72	9.96
			C	1400	1750	17.96	18.6	1425	18.61	10.42
2	ヒノキ	19	A	1700	1300	21.33	1.9	1275	21.46	11.34
			B	1400	1525	19.12	8.2	1400	19.34	10.68
			C	1700	1750	17.26	2.9	1700	17.40	10.64
	ヒノキ	19	A	1400	1525	17.57	8.2	1400	17.99	10.98
			B	1700	1575	19.17	3.2	1525	19.28	11.50
			C	1400	1650	18.15	15.2	1400	18.37	11.36
3	ヒノキ	19	A	1700	1725	16.54	1.4	1700	16.63	10.70
			B	1400	1800	15.95	22.2	1400	16.12	10.18
			C	1700	1850	14.97	16.2	1550	15.32	10.38
	ヒノキ	19	A	1400	1925	15.58	26	1425	16.26	10.58
			B	1700	1975	16.28	13.9	1700	16.36	10.66
			C	1400	1675	17.10	16.4	1400	17.56	10.42

調査地4～6の調査地3カ所では、それぞれ下層植生が乏しい3プロットと下層植生が比較的豊かな3プロットを設定した。代表的な状況を次に示す(図-18, 19)。

本数間伐率33%（2伐4残）及び本数間伐率50%（3伐3残）の列状を主体とした間伐を実施した後、下層植生の推移状況を調査した。各プロットの状況は次のとおりである（表-6）



図-18 調査プロットの状況 (6-1)



図-19 調査プロットの状況 (6-4)

表-6 調査プロットの状況 (35年生)

調査地	樹種	林齢	プロット	下層植生	伐採前		伐採後		間伐率 %	胸高直径 cm	平均樹高 m
					立木密度 本/ha	立木密度 本/ha	立木密度 本/ha	立木密度 本/ha			
4	スギ	35	1	少	1,650	1,050	36.4	21.18	15.51		
	スギ	35	2	少	1,325	1,025	22.6	23.74	15.58		
	スギ	35	3	少	1,700	1,000	41.2	23.69	15.88		
	ヒノキ	35	4	多	2,075	1,525	26.5	15.24	10.88		
	ヒノキ	35	5	多	1,625	1,050	35.4	180.50	12.49		
	ヒノキ	35	6	多	1,825	1,350	26	16.92	12.75		
5	ヒノキ	35	1	少	1,050	800	23.8	21.29	14.13		
	ヒノキ	35	2	多	1,100	725	34.1	19.34	14.50		
	ヒノキ	35	3	多	1,425	725	49.1	19.62	14.69		
	ヒノキ	35	4	少	675	450	33.3	25.39	16.65		
	ヒノキ	35	5	少	925	700	24.3	22.90	16.59		
	ヒノキ	35	6	多	825	450	45.5	23.77	15.93		
6	ヒノキ	35	1	少	1,400	575	58.9	20.47	17.10		
	ヒノキ	35	2	少	1,600	675	57.8	20.16	16.89		
	ヒノキ	35	3	少	1,675	825	50.7	20.18	16.78		
	ヒノキ	35	4	多	1,450	900	37.9	20.49	13.78		
	ヒノキ	35	5	多	1,750	1,150	34.3	17.72	12.90		
	ヒノキ	35	6	多	1,500	825	45	21.13	15.10		

III 結果

1 天然更新地施業試験

(1) 下層木育成試験

各調査地のプロットにおける天然更新地施業による平均相対照度の変化を次に示す (図-20, 21, 22)。

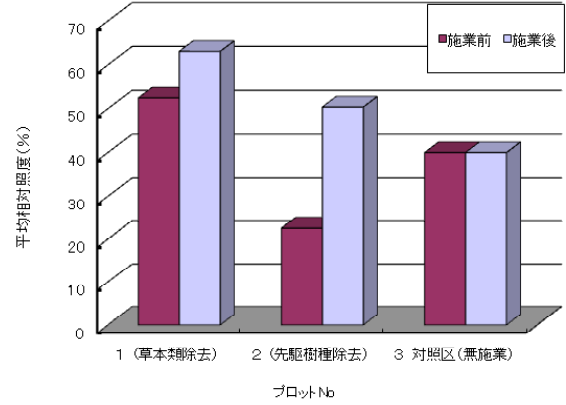


図-20 平均相対照度の変化 (調査地 1)

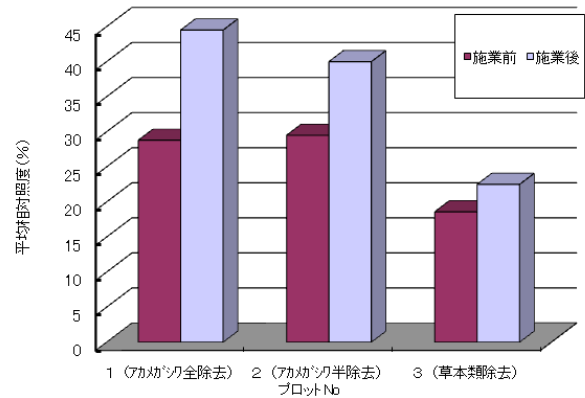


図-21 平均相対照度の変化 (調査地 2)

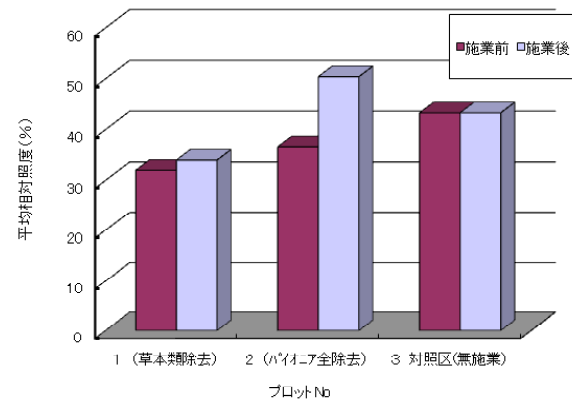


図-22 平均相対照度の変化 (調査地 3)

下層の高木性樹木の種数、本数、樹高の推移は次のとおりである(表-7)。各調査プロットにおいて、上層木の除去等による林床の光環境改善率と林床に存在する高木性樹木の本数減少率(作業直後と2年後)で検討した。

表-7 作業後2年経過後の調査プロットの状況

調査地	プロット	樹種数		本数		平均樹高 cm		光環境改善率(%)	本数の減少率(%)
		作業時	2年後	作業時	2年後	作業時	2年後		
1	1	9	8	22	12	42	71	20.2	45.5
	2	8	4	25	5	43	48	124.0	80
	3	3	2	9	5	71	75	0.0	44.4
2	1	6	6	221	69	40	80	54.5	68.8
	2	10	8	206	74	47	75	35.6	64.1
	3	10	9	495	319	37	51	21.0	35.6
3	1	8	3	35	6	41	44	6.3	82.9
	2	5	4	35	17	32	61	37.7	51.4
	3	5	5	40	27	40	61	0.0	32.5

各プロットの光環境の改善率と下層の本数減少率を相関図で示すと次のとおりである(図-23)。

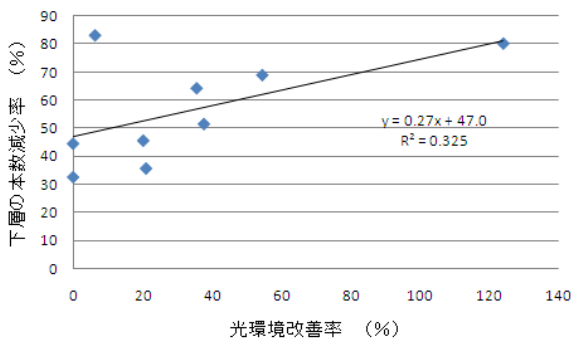


図-23 光環境改善率と下層の本数減少率(全数)

光環境改善率は各調査地で異なるため、単純には比較できず、調査地3のプロット1の事例もあり、相関は高くなかった。しかし、調査地3のプロット1の事例を削除すると、相関は非常に高くなった(図-24)。

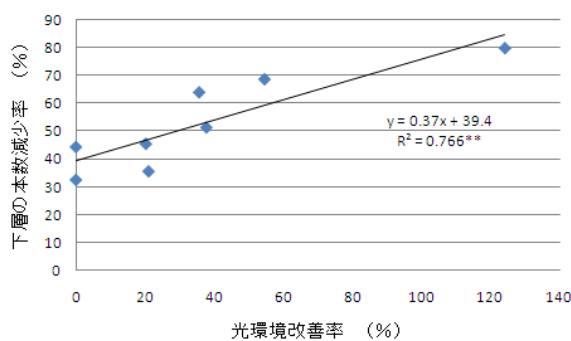


図-24 光環境改善率と下層の本数減少率(3-1削除)

(2) 带状伐採跡地広葉樹導入施業試験

各プロットにおける広葉樹の侵入状況は別図のとおりである。また、各プロットの植被率は次のとおりである(表-8)。

表-8 調査地における植被率の推移

	地掻き区				対照区			
	05.4.13	05.10.11	06.7.7	07.9.11	05.4.13	05.10.11	06.7.7	07.9.11
1-L	5	15	30	100				
1-R					10	40	50	100
2-L					0	10	40	80
2-R	5	60	90	100				
3-L					0	20	60	100
3-R	0	10	60	100				
4-L	0	40	80	100				
4-R					0	30	80	100
スギ平均	2.5	31.3	65.0	100.0	2.5	25.0	57.5	95.0
5-L	0	5	10	35				
5-R					0	5	10	35
6-L	0	30	80	100				
6-R					0	15	75	90
7-L					5	20	60	95
7-R	0	15	50	70				
8-L					5	10	50	100
8-R	5	25	60	100				
ヒノキ平均	1.3	18.8	50.0	76.3	2.5	12.5	48.8	80.0
総平均	1.6	22.2	60.0	86.6	3.1	14.4	58.4	91.3

各プロットとも1成長期が経過した施業6ヶ月後から植生の回復が確認できるが、回復の速度はプロットによって差がみられた。特に回復速度の遅いプロット(5-L, 5-R)では他のプロットでほぼ全面で植生が回復した3成長期が経過した29ヶ月後でも植生が乏しい状態であった。

全体的には、上層木がスギのプロットのほうが、ヒノキのプロットよりも地掻き区、対照区ともに調査時点の平均植被率が高く、回復速度が速かった。

また、地掻き区と対照区の比較では、上層木がスギのプロットの場合、地掻き区が全期間を通じて回復速度がやや早い傾向であり、上層木がヒノキのプロットでも施業15月後までは地掻き区の回復速度がやや早い傾向であった。しかし、その差はわずかであった。

なお、植生が回復したプロットであっても、ササ類がプロットの近くに存在していた場合、伐採区域にササ類が急速に侵入・繁茂し、広葉樹の導入が妨げられる恐れのあるプロットも見られた(1-R, 2-R)。

ササ類の影響が少なく植被率の高いプロットでは、ヌルデやイチゴ類などのパイオニア樹種が繁茂し、植生が順調に推移していた(3-L, 3-R, 4-L, 4-R, 6-L, 6-R)。

2 針広混交植栽地における省力施業と生育試験

2002年にスギとケヤキを格子植した調査地の5成長期後の状況は次のとおりであり(図-25),2003年にスギとクリを格子植した調査地の5成長期後の状況は次のとおりである(図-26)。



図-25 5成長期後の状況(ケヤキとスギの格子植)



図-26 5成長期後の状況(スギとクリの格子植)

2002年植栽地におけるケヤキ、ケグワの平均根元径の推移から、ケヤキは単植でやや肥大成長が劣り(図-27)、ケグワは格子植で肥大成長が良い状態であった(図-28)。植栽方法別に肥大成長の良い順としては、両樹種とも、格子植、単植、巢植であった。

なお、格子植が巢植よりも肥大成長がよい傾向はスギでも同様であった(図-29)。

2002年植栽地におけるケヤキ、ケグワの平均樹高の推移から、ケグワでは格子植区の樹高成長が良いもののケヤキでは、明確な差が確認できなかったが(図-30,31),植栽方法別では、両樹種とも格子植が巢植よりも樹高成長が良い傾向であり、この傾向はスギでも同様であった(図-32)。

このことから、2002年植栽の3樹種では肥大成長及び樹高成長において格子植が巢植区に比較して成長が良い傾向であった。

2003年植栽地におけるクリ、トチノキの平均根元径の推移から、各植栽方法で肥大成長の差は確認できなかった(図-33,34)。この傾向はスギでも同様であった(図-35)。

2003年植栽地におけるクリ、トチノキの平均樹高の推移から、トチノキの単植でやや樹高成長が劣る傾向であったが、格子植と巢植の成長差は確認できなかった(図-36,37)。この傾向は、スギの格子植と巢植でも同様であった(図-38)。

このことから、2003年植栽の3樹種では肥大成長及び樹高成長において格子植区と巢植区には成長の差がないことがわかった。

2002年植栽の3樹種(ケヤキ、ケグワ、スギ)について下刈り方法別(全刈り区と坪刈り区)の平均根元径と平均樹高の推移を比較したところ、ケグワでは肥大成長及び樹高成長で坪刈り区がやや良い傾向であったが、ケヤキ及びスギでは全刈り区で肥大成長がやや良い傾向であった。ケヤキ及びスギの樹高成長に差はみられなかった(図-39,40)。

2003年植栽の3樹種(クリ、トチノキ、スギ)について下刈り方法別(坪刈り区と下刈りなし区)の平均根元径と平均樹高の推移を比較したところ、クリの伸長成長では下刈りなし区がやや良く、スギの伸長成長では差がなかった。トチノキの樹高成長及び3樹種の肥大成長では坪刈り区で良い傾向であった。しかし、その差は小さかった(図-41,42)。

2002年植栽の広葉樹2種(ケヤキ、ケグワ)で下刈り方法別(全刈り区と坪刈り区)に樹高と最大枝張径の関係を比較すると、ケグワでは差がみられないものの、ケヤキは全刈り区において樹高に対する最大枝張径が大きく(図-43,44),全刈り区と坪刈り区における最大枝張径には有意差があった(t 検定; $P<0.05$)。

2003年植栽の広葉樹2種(クリ、トチノキ)の下刈り方法別(坪刈り区と下刈りなし区)に樹高との最大枝張径の関係を比較すると、クリでは坪刈り区で樹高に対する最大枝張径が大きい傾向であり、トチノキでは下刈りなし区で樹高に対する最大枝張径が大きい傾向であった(図-45,46)が、その差は小さく、有意差はなかった(t 検定; $P>0.05$)。

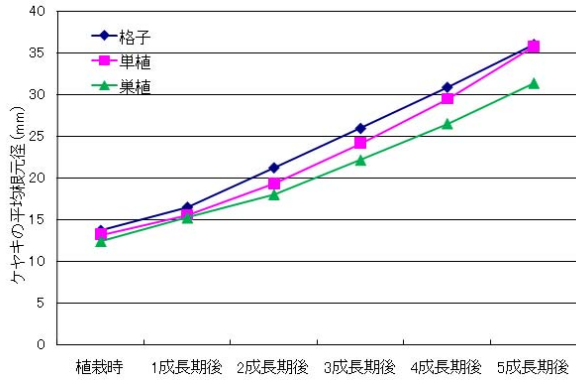


図-27 ケヤキ平均根元径の推移

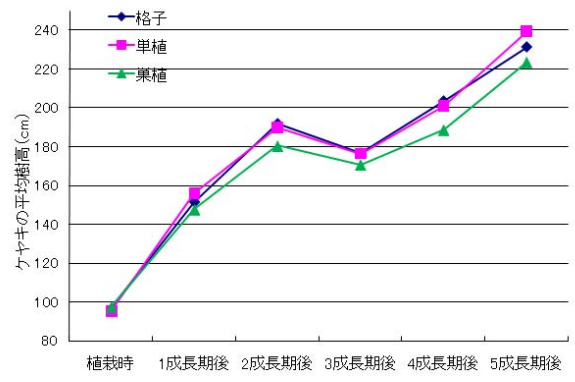


図-30 ケヤキ平均樹高の推移

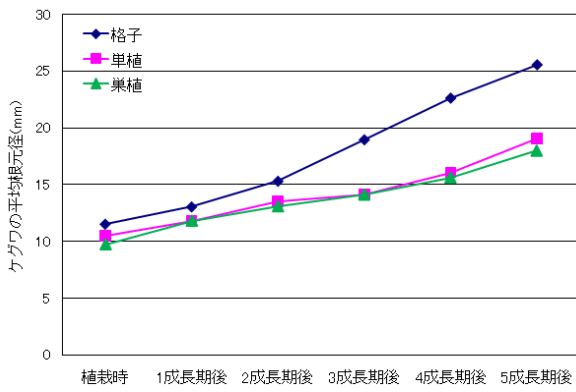


図-28 ケグワ平均根元径の推移

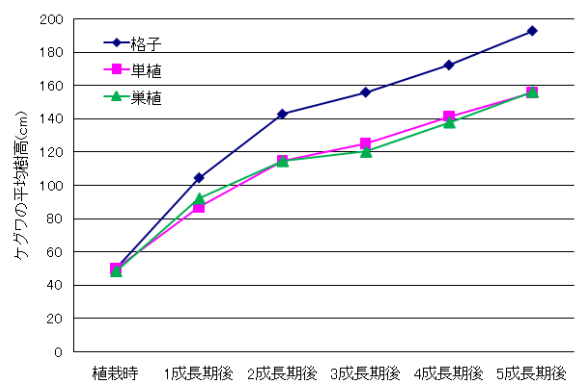


図-31 ケグワ平均樹高の推移

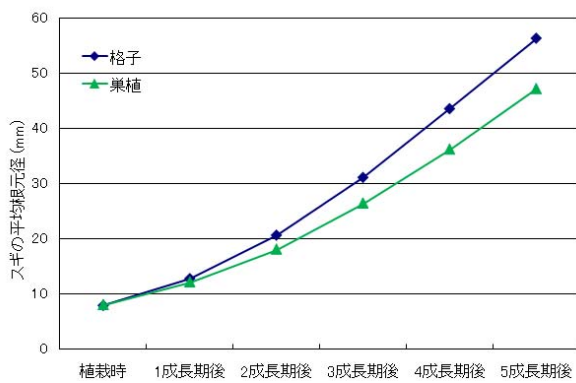


図-29 2002年植栽スギの平均平均根元径の推移

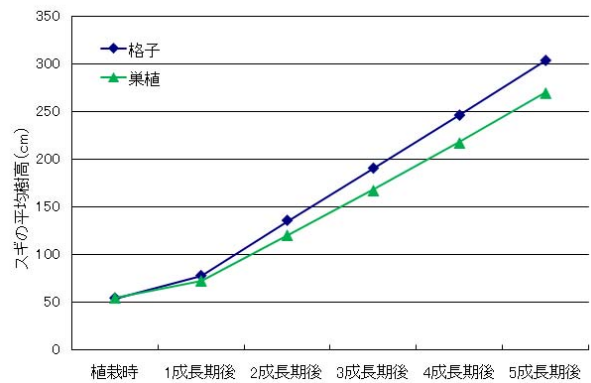


図-32 2002年植栽スギの平均樹高の推移

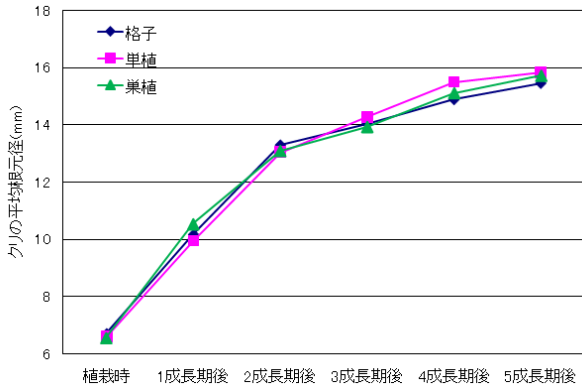


図-33 クリ平均根元径の推移

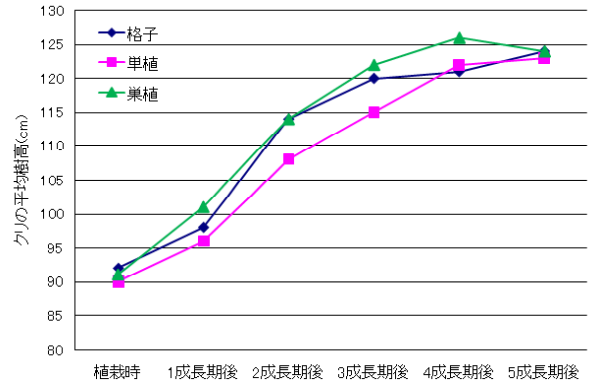


図-36 クリ平均樹高の推移

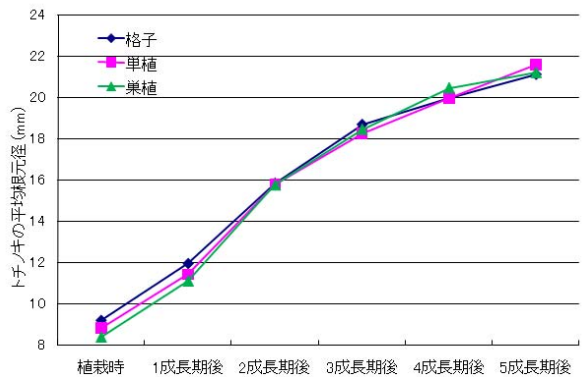


図-34 トチノキ平均根元径の推移

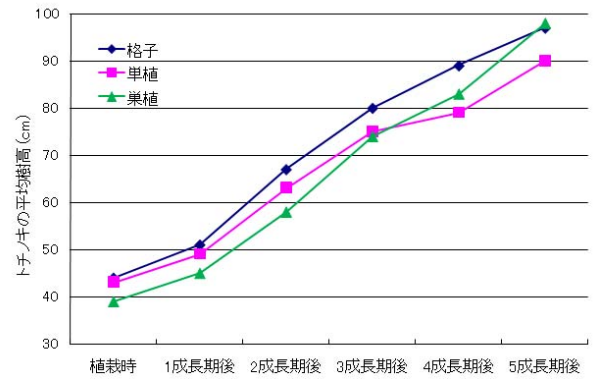


図-37 トチノキ平均樹高の推移

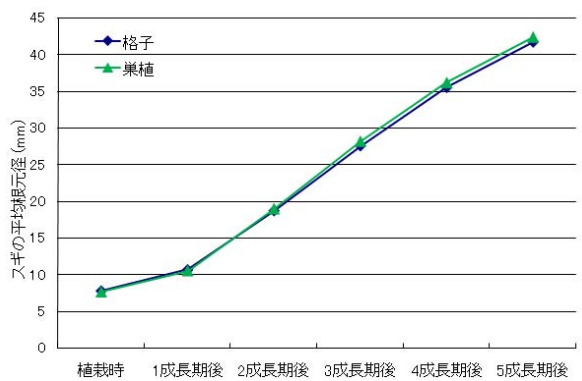


図-35 2003年植栽スギの平均根元径の推移

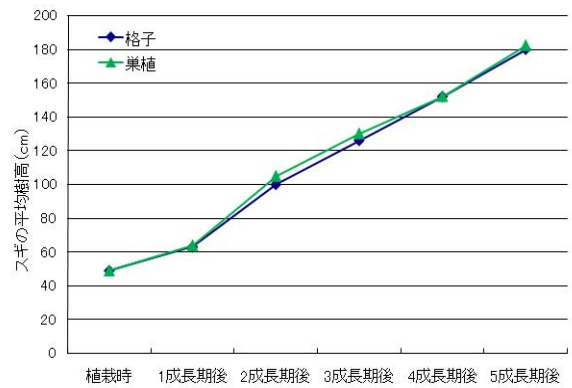


図-38 2003年植栽のスギ平均樹高の推移

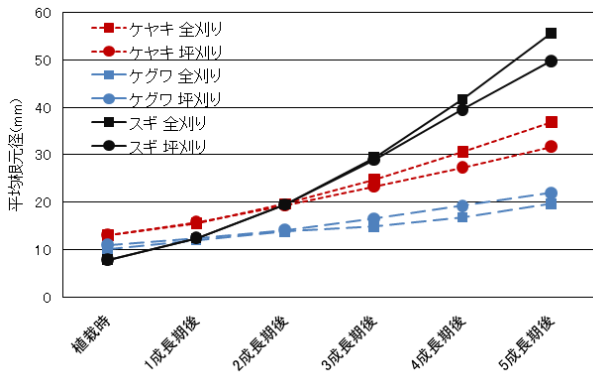


図-39 下刈り方法別平均根元径の推移 (全・坪)

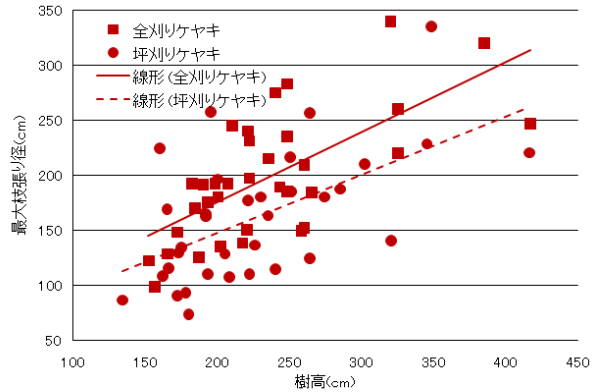


図-43 下刈り方法別最大枝張径の推移 (ケヤキ)

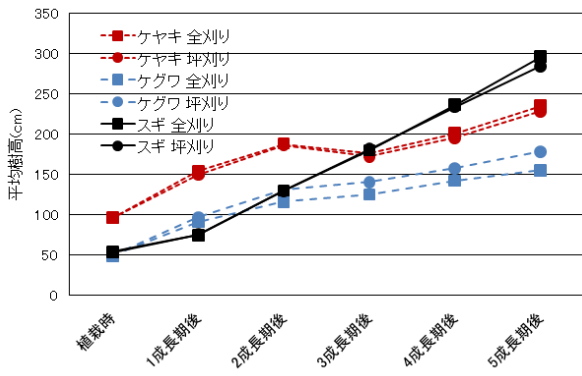


図-40 下刈り方法別平均樹高の推移 (全・坪)

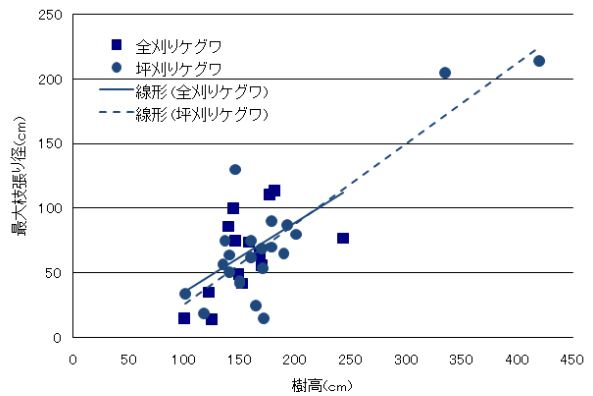


図-44 下刈り方法別最大枝張径の推移 (ケグワ)

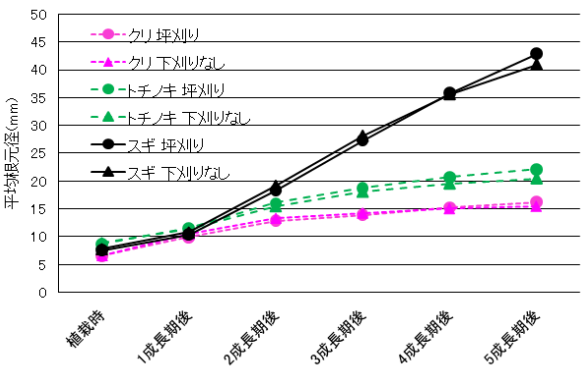


図-41 下刈り方法別平均根元径の推移 (坪・無)

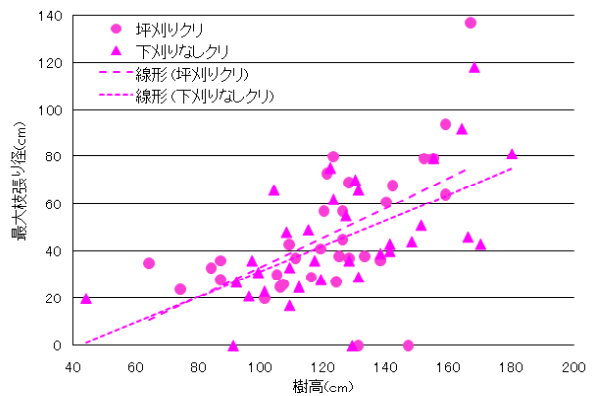


図-45 下刈り方法別最大枝張径の推移 (クリ)

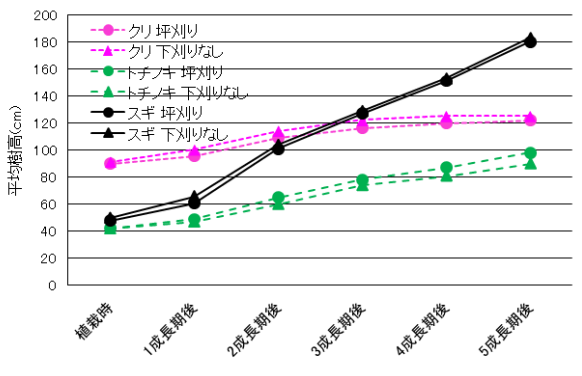


図-42 下刈り方法別平均樹高の推移 (坪・無)

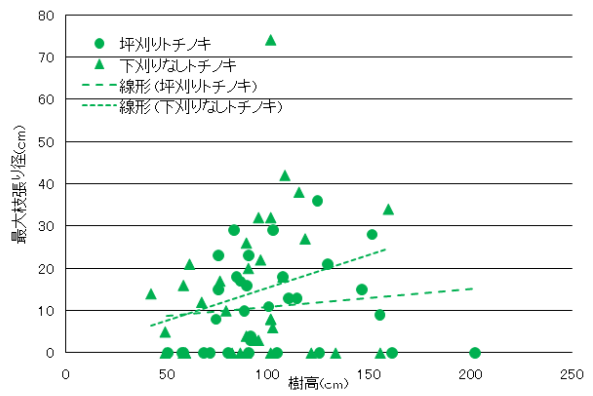


図-46 下刈り方法別最大枝張径の推移 (トチノキ)

3 広葉樹植栽地生育試験

2002年に植栽された3樹種（ヤマザクラ、ケヤキ、ケグワ）の斜面位置別平均根元径は、ケグワの中部と上部で差が小さいものの、下部、中部、上部の順に大きくなっており（図-47～49）、5成長期後には、ヤマザクラとケヤキで上部と中部及び下部の間で有意差があった（t検定； $P < 0.05$ ）。

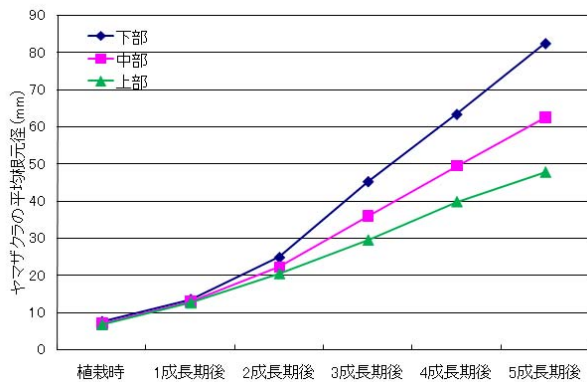


図-47 斜面位置別平均根元径の推移（ヤマザクラ）

2002年に植栽された3樹種（ヤマザクラ、ケヤキ、ケグワ）の斜面位置別の平均樹高は、ケグワの中部と上部で3成長期から逆転したものの、そのほかでは、下部、中部、上部の順に大きくなっていった（図-50～52）。5成長期後の3樹種の樹高では平均根元径と同様に、ヤマザクラとケヤキで上部と中部及び下部の間で有意差があった（t検定； $P < 0.05$ ）。

このことから、2002年植栽の3樹種では、樹種によって差はあるものの、下部、中部、上部の順で肥大成長及び樹高成長が良い傾向であった。

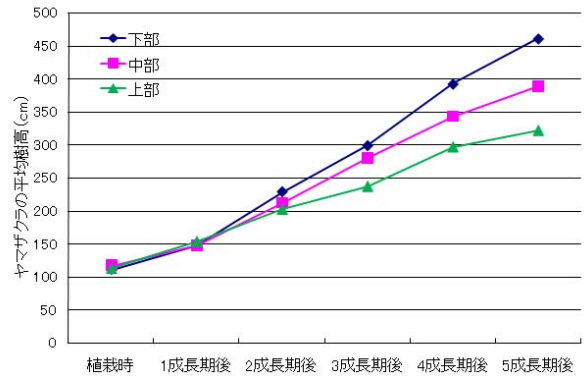


図-50 斜面位置別平均樹高の推移（ヤマザクラ）

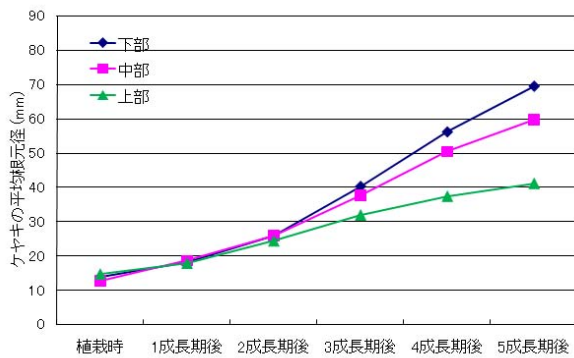


図-48 斜面位置別平均根元径の推移（ケヤキ）

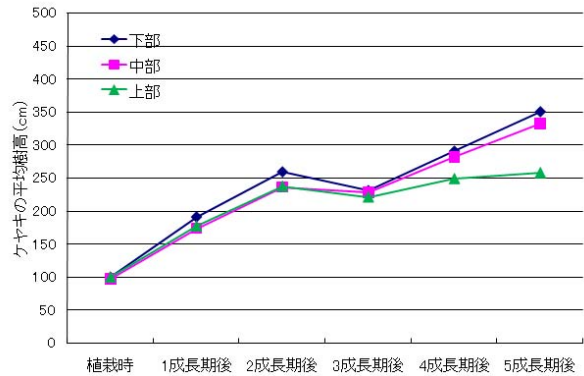


図-51 斜面位置別平均樹高の推移（ケヤキ）

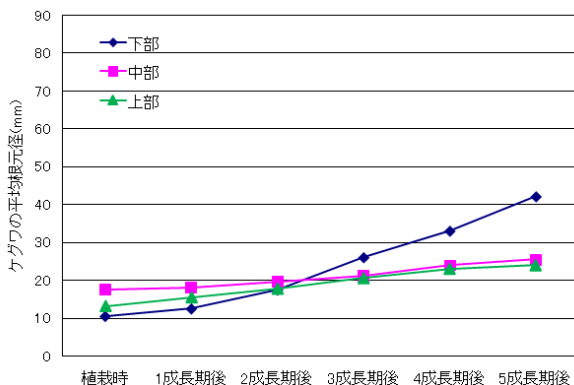


図-49 斜面位置別平均根元径の推移（ケグワ）

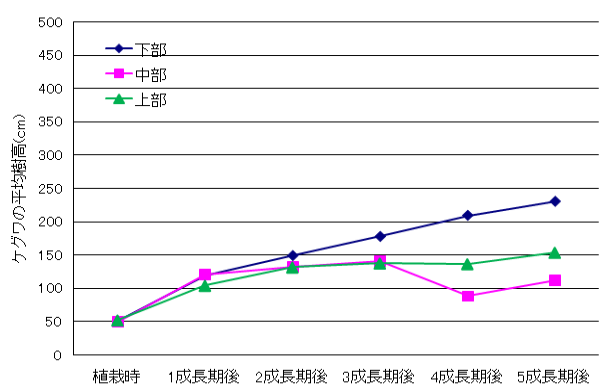


図-52 斜面位置別平均樹高の推移（ケグワ）

2003年に植栽された3樹種（クリ、トチノキ、ホオノキ）の5成長期後の斜面位置別平均根元径で有意差があったのはホオノキの上部と下部の間のみであった（ t 検定; $P < 0.05$ ）が、下部、中部、上部の順に大きくなっており（図-53～55）、3樹種とも斜面位置別の肥大成長は下部ほど大きい傾向であった。

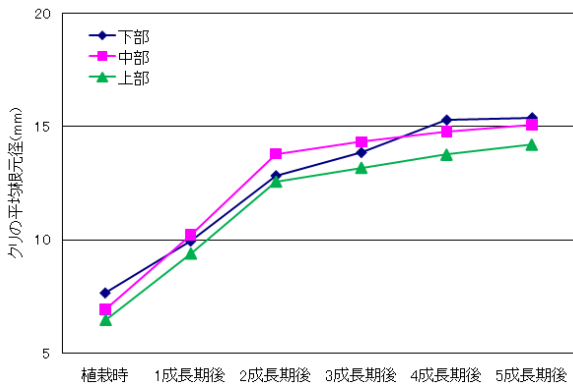


図-53 斜面位置別平均根元径の推移（クリ）

2003年に植栽された3樹種（クリ、トチノキ、ホオノキ）の斜面位置別の平均樹高は、クリの下部で劣る傾向が見られ、ホオノキの中部で3成長期後から劣る傾向がみられたが、そのほかでは、下部、中部、上部の順に大きくなっていった（図-56～58）。斜面位置別の平均樹高は、トチノキの上部と下部の間及びホオノキの中部と下部の間で有意差があった（ t 検定; $P < 0.05$ ）。

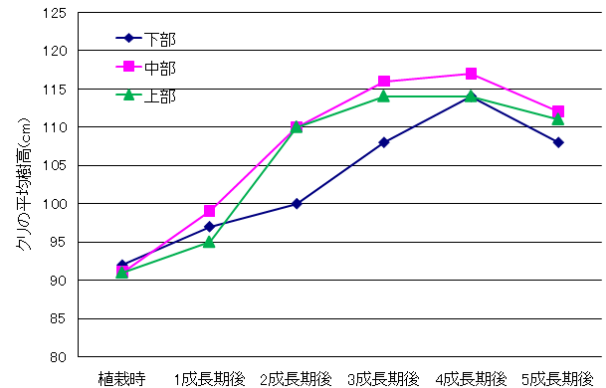


図-56 斜面位置別平均樹高の推移（クリ）

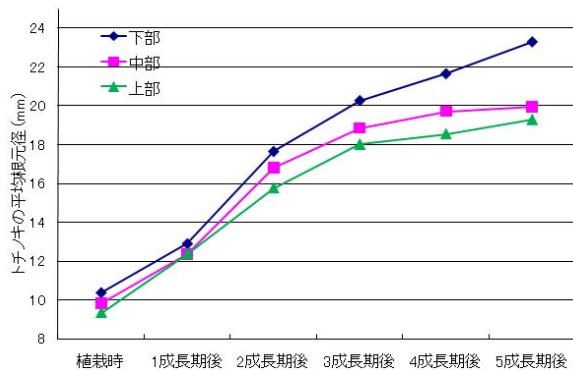


図-54 斜面位置別平均根元径の推移（トチノキ）

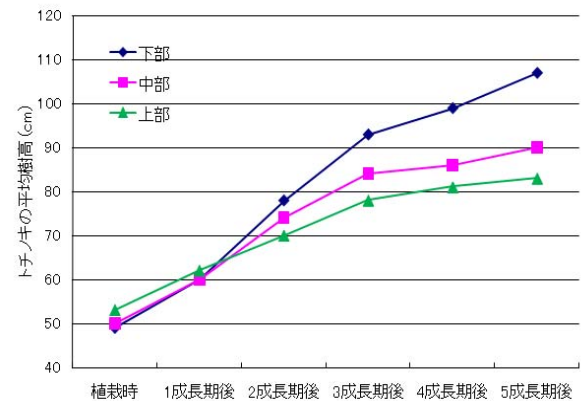


図-57 斜面位置別平均樹高の推移（トチノキ）

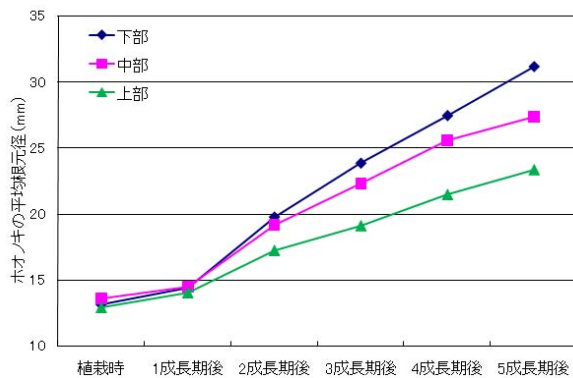


図-55 斜面位置別平均根元径の推移（ホオノキ）

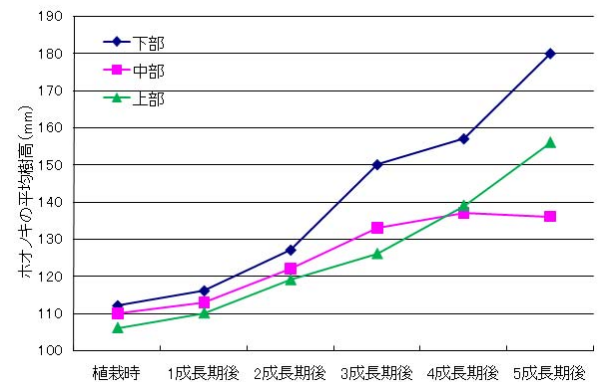


図-58 斜面位置別平均樹高の推移（ホオノキ）

2002年植栽の3樹種（ヤマザクラ、ケヤキ、ケグワ）と2003年植栽の3樹種（クリ、トチノキ、ホオノキ）計6樹種について、樹種別に5成長期後まで調査した結果、各樹種とも斜面上部から下部までの全体では平均根元径及び樹高が順調に増加していた。

ケヤキの平均樹高のみが3成長期後に減少しているが、これは3成長期後から主幹が横に広がる傾向が出てきたためであり、その後は順調に成長していた。また、ケグワの平均樹高は当初順調に増加していたが、ニホンジカによる被害を受けた個体を除外した結果、やや樹高成長が鈍化する傾向となった。

6樹種の肥大成長及び樹高成長を比較すると、ヤマザクラ及びケヤキの2樹種が他の4樹種に比較して良好な状況であった。（図-59, 60）。

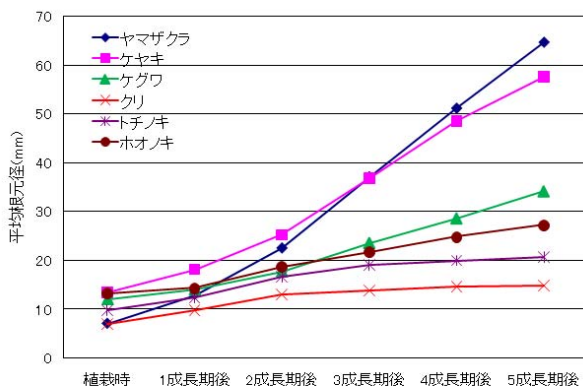


図-59 樹種別平均根元径の推移（6樹種）

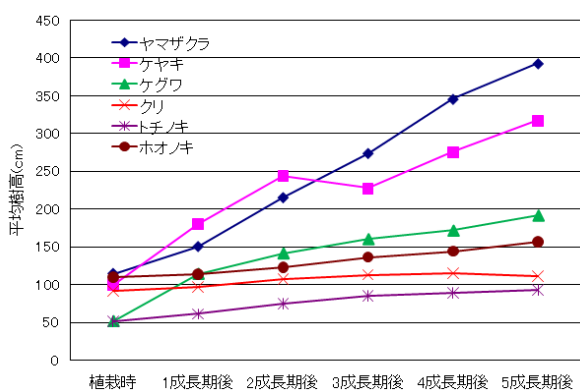


図-60 樹種別平均樹高の推移（6樹種）

4 針葉樹下における広葉樹生育試験

強度の定性間伐及び列状間伐後の広葉樹の生育状況を調査したが、2成長期後の時点では間伐効果の確認できるプロットと確認できないプロットが存在した。特徴的なプロットのみ状況を示す。

19年生の調査地では、調査地1-Bの1400本区ではササ類の侵入が一部みられたものの、調査地1-Aの1700本区、調査地2-Aの1700本区では一部に草本類の侵入がみられた程度であった（図-61～63）。

調査地2-Bの1400本区（図-64）、調査地3-Aの1700本区（図-65）、調査地3-Bの1400本区（図-66）では、広葉樹の成長が確認できたが、調査地設定時からすでに広葉樹が侵入していたものが成長したものであり、新たな広葉樹の侵入は確認できなかった。

しかし、調査地3-Bの1400本区（図-66）のように広葉樹が急速に成長しているプロットもあり、間伐による下層植生の回復効果が高いプロットも存在した。

また、1400本区と1700本区での広葉樹侵入状況の差は2成長期後では確認できなかった。

35年生の調査地では列状間伐を主体とした強度の間伐を実施しているため、伐採区では光環境の改善が著しいため、定性間伐を実施した19年生のプロットよりも植生の回復は順調であった。下層植生が乏しい調査地4-1（図-67）、調査地5-1（図-68）、調査地6-1（図-69）でも植生の回復が確認でき、植被率はほぼ70%以上となっている。特に調査地6-1（図-69）は間伐前には下層に植生が全く確認できない状況であったが、草本類が中心ではあるが回復がみられ、広葉樹の稚樹も確認できた。

間伐前から下層植生が豊かなプロットである調査地4-4（図-70）、調査地5-6（図-71）、調査地6-5（図-72）では広葉樹の順調な成長が確認でき、特に約50%の強度列状間伐を実施した調査地6-5（図-72）では、林内に立ち入ることが困難な状態であり、強度列状間伐による広葉樹の成長促進効果が確認された。



図-61 調査地1-B-1400



図-64 調査地2-B-1400



図-62 調査地1-A-1700



図-65 調査地3-A-1700



図-63 調査地2-A-1700



図-66 調査地3-B-1400



図-67 調査地-4-1



図-70 調査地-4-4



図-68 調査地-5-1



図-71 調査地-5-6



図-69 調査地-6-1

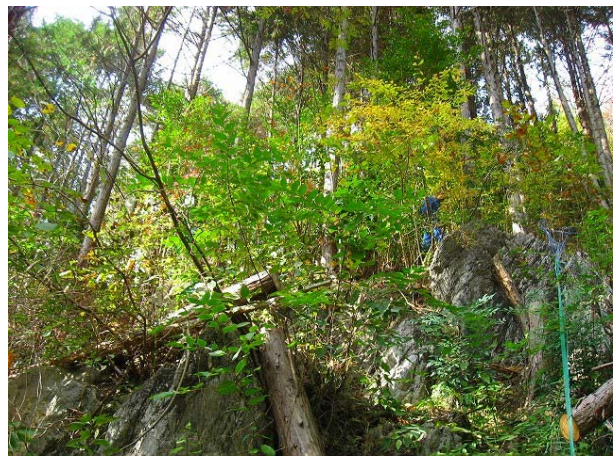


図-72 調査地-6-5

IV 考察

1 天然更新地施業試験

(1) 下層木育成試験

天然更新途上にある皆伐跡地ではアカメガシワ、タラノキ、カラスザンショウ等のパイオニア樹種が早期に侵入することで植生が回復されるが、パイオニア樹種が大きく成長した段階で、林床にはケヤキやヤマザクラなど、将来、林冠を構成する高木性樹木の稚樹が存在していた。

光環境の改善による高木性樹種の成長促進を図って、上層に存在するパイオニア樹種を強度を変えて除去したが、林床に存在する稚樹にとっては光環境が改善されるほど、本数減少率が高くなり、生育に厳しい条件となった。上層に存在するパイオニア樹種がなくなることによって、林床の光環境は改善され、光合成に有利となるが、太陽直達光による乾燥や雨滴の直撃による林床へのダメージが影響し、生育環境が悪化したことが推測された。

このことから、パイオニア樹種には、地表面及び林床に存在する稚樹を保護する働きがあると考えられ、林床の極端な環境変化は高木性樹種の稚樹には悪影響であることが示唆された。また、タラノキ、アカメガシワ、イチゴ類、ノイバラ等、トゲのあるパイオニア植物は、獣類の侵入を阻むことによって地表面及び林床に存在する稚樹の保護を行っているとも考えられ、有用広葉樹の育成を重視した人為的なパイオニア樹種の除去作業には慎重な検討が必要と考えられた。

(2) 帯状伐採跡地広葉樹導入施業試験

帯状伐採跡地での植生回復では、回復速度のやや遅いプロットもあるものの、下層植生が乏しいプロットであっても、強度に伐採されてから2年後の植生率から判断すると、ほとんどのプロットで植生回復が確認され、スギ林ではヒノキ林に比べて回復速度が速い傾向であった。しかし、林床及び近隣にササ類が存在する場合、広葉樹の侵入前に林床がササ類に覆われることとなり、広葉樹の侵入が大きく阻害される可能性が示唆された。スギ林ではヒノキ林に比べ落葉落枝が多く、広葉樹等の発芽を阻害すると考えられる堆積した落葉落枝の除去は、広葉樹導入には効果的であり、埋土種子の活用も含めると地掻き作業の効果はあると考えられた。しかし、長期間林床に植生が途絶えた林分では木本類の埋土種子は非常に少ないとの報告（黒瀬 2005）もあり、広葉樹の導入に必ずしも埋土種子が活用できるとは限らない。また、ヒノキ林は植栽された場所の多くがスギ林に比べて水分条件が劣る場合が多いことに加え、落葉落枝の量も少ないことから、急傾斜地で帯状伐採を行った跡地で地掻き施業を行うと、晴天時には林地の乾燥が進むとともに雨天時には土砂とともに種子が流亡することが想定されるため、施業実施には十分な検討が必要である。

2 針広混交植栽地における省力施業と生育試験

皆伐跡地に植栽した針広混交植栽地の調査では、広葉樹のみの単植、広葉樹とスギの格子植、広葉樹とスギの巢植の3種類の植栽方法別に肥大成長及び樹高成長を比較した結果、樹種によっては、格子植が有利な傾向であった。針葉樹と広葉樹を混植するとそれぞれの成長を促進することは知られているが、今回の調査では格子植と巢植で差が生じた理由は明らかにできなかった。

また、下刈り方法別の広葉樹の成長を調査した結果から、坪刈りは作業の省力化、植栽木の肥大及び樹高成長、天然更新樹木等の側圧による広葉樹の枝張り抑止効果がバランス良く保たれる方法であり、効率的であるが、造林事業の補助採択要件との関係もあるため、実施には検討を要する。なお、植栽木の成長を重視して全刈りを実施する場合、ニホンジカをはじめとする獣類被害を受ける可能性が高いため、ニホンジカ、ノウサギの生息密度が高い地域では被害防止対策を講じなければならないが、ツリーシェルター、防護柵（網）は設置費が高額なため、簡易なネットや忌避植物による被害防止対策なども検討する必要がある。

3 広葉樹植栽地生育試験

ケグワ及びホオノキの樹高成長が中部で落ち込んでいるが、それぞれニホンジカ被害の影響と積雪による倒伏の影響であり、植栽した6樹種ともに斜面下部、中部、上部の順で肥大成長及び樹高成長が良好であると考えられた。一般的に広葉樹は水分及び養分条件の良好な斜面下部での生育が良好と考えられるが、樹種ごとの特性もあり、植栽にあたっては樹種の特徴を十分把握することが必要である。また、今回調査した6種の中ではケヤキ、ヤマザクラが他の4樹種に比較して良好な肥大成長及び樹高成長をしており植栽に有望と考えられた。しかし、前報告（黒瀬 2005）にあるように2002年植栽地と2003年植栽地では土地条件が異なるため、2003年植栽の樹種でも条件によっては、より良好な成長が期待できる場合もあり、広葉樹の植栽前には植栽予定地周辺の広葉樹の生育状況を調査することが必要と考えられる。

4 針葉樹下における広葉樹生育試験

強度間伐によって下層植生を回復させることは、上層木を35%以上伐採することで効果的であるが（石井 2005）、その植生に高木性樹種を期待するためには、間伐前から林床に存在する広葉樹が重要である。

このため、間伐後の針葉樹人工林において、効率的に広葉樹を導入し、針広混交林へ誘導するためには、針葉樹人工林における保育作業である除伐や初期の間伐を実施する若齢林の時期から、やや強度の定性間伐を実施し、高木性広葉樹の導入を図ることが必要と考えられる。その後、

導入した高木性広葉樹が消滅しない程度の光量コントロールを実施しながら、収入間伐が可能となる時期に列状をはじめとする強度間伐を実施し、期待する高木性広葉樹を成長させることが針広混交林の造成にはもっとも効果的であると考えられる。

収入間伐適期における強度列状間伐の実施地（針葉樹下における広葉樹生育試験－調査地4～6）では、下層に広葉樹が既に侵入している林地は、広葉樹が大きく成長するが、下層に広葉樹の侵入が見られないか乏しい場合には、草本類やササ類が繁茂し、高木性広葉樹の侵入に時間がかかることが推測される。

このような場所では目的とする樹種の植栽を検討することが必要である。ただし、植栽を行う場合は、適地の選定、獣類被害への対策が必要である。また、下刈りの経費節減のため、広葉樹の大苗植栽を行う場合、積雪地では倒伏や折損の影響も無視できないため、植栽時期、植栽樹種の十分な検討が必要である。

V 結論

天然更新途上の林地において省力的に更新を進めるためには、特定の樹種を刈り出しによって育成することが有効であるが、期待する樹種が刈り出し作業による環境変化に耐えうる大きさに成長しているかを見極めることが重要であると考えられ、人工的な植栽によらず高木性樹種の稚樹の成長をコントロールする技術を確立するためには今後、多くのデータを収集していくことが必要である。

また、針葉樹人工林を強度に伐採して針広混交林へ誘導するためには、強度伐採時の下層における広葉樹の存在が重要である。間伐のやや遅れた林分の林床には、暗い環境にも耐えうるアオキ、ヒサカキ等常緑広葉樹が存在しているが、このような林分で強度間伐した場合、高木性の広葉樹と人工植栽した針葉樹が混交した針広混交林への誘導には長い期間が必要と考えられる。

このことから、人工林を針広混交林へ誘導するポイントは除伐や初期の間伐時期（15～20年生程度）にやや強度の定性間伐を実施することで林床に落葉広葉樹を導入しておくことであり、収入間伐が可能となる時期（30～35年生程度）に落葉広葉樹が林床に見られない、あるいは常緑広葉樹のみが存在する林分では、高木性広葉樹の植栽を検討する必要があると考えられる。

なお、広葉樹の植栽にあたっては、植栽予定地の土地条件、気象条件、獣類の生息密度等を十分検討し、植栽樹種を決定するとともに、被害の可能性が高い林地では植栽木を保護する対策を実施することが重要である。

引用文献

- 石井 哲(2005) 林地保全を考慮した間伐率等の研究. 岡山県林業試験場研究報告:15-42
- 黒瀬勝雄(2005) スギ・ヒノキ人工林を更新する技術の研究. 岡山県林業試験場研究報告:1-13
- 内閣府(2007) 森林と生活に関する世論調査
- 林野庁(2006) 望ましい作業システムの考え方
- 森林総合研究所 (2006) 農林水産省高度化事業「広葉樹林化」プロジェクト
- 森林・林業白書(2008). 日本林業協会