

小面積皆伐が林地や下層木に及ぼす影響と植栽木の成長

誌名	愛媛県林業技術センター研究報告 = Bulletin of the Ehime Prefectural Forest Research Center
ISSN	13489534
著者名	木村,光男 谷山,徹 豊田,信行
発行元	愛媛県林業技術センター
巻/号	26号
巻号補足	
掲載ページ	p. 18-26
発行年月	2008年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



〈短報〉

小面積皆伐が林地や下層木に及ぼす影響と植栽木の成長

木村光男・谷山徹*・豊田信行

Mitsuo KIMURA, Tooru TANIYAMA, and Nobuyuki TOYOTA

15m、20m、25mを1辺とする方形の小面積皆伐地を設定し、上層木の伐採による透水性や表土流亡等林地に及ぼす影響と、植栽木(ヒノキ、ケヤキ、トチノキ、ハルニレ、ヤマトアオダモ、ミズメ、カツラ、シオジ)の成長状況、下草の繁茂状況、ぼう芽更新木の状況等について調査した。その結果、上層木の伐採による林地の透水性や表土流亡への影響は小さく下層木の損傷は少なかったため、小面積皆伐は自然環境に配慮した施業であるとともに下層木を活用した森林づくりも可能であると推測された。また、植栽木の3成長期までの成長を光環境から考えると、小面積皆伐の広さは方形にする場合、20~25mを一辺とする広さ以上が望ましいことがわかった。また、下刈りの軽減の可能性も示唆されたがぼう芽更新木が植栽木に影響を及ぼすことが予測されるため、今後植栽木を健全に成長させるためには、ぼう芽更新木の除伐等が必要であると推測された。

キーワード 小面積皆伐、開空度、透水、表土流亡、ぼう芽

1. 緒言

愛媛県の民有林は、戦後の積極的なスギ・ヒノキの植林により人工林面積は22万ha、人工林率は、62%となっている。また、人工林のうち46年生以上が37%を占めるなど、森林資源が成熟しつつある(愛媛県森林局, 2005)が、近年の木材価格の低迷等が原因となり皆伐は少なく、間伐を繰り返すことによる人工林の長伐期化が進んでいる。

しかし、1~15年生は3%、16~30年生は13%、31~45年生は47%、46~70年生は30%、71年生~は7%と、人工林面積の齢級配置は偏っており(愛媛県森林局, 2005)、人工林の成熟に伴い大面積皆伐が実施される可能性も否定できない。このような中、県民の意識には、森林の公益的な機能に対する関心が高まっており、皆伐からスギ・ヒノキの一斉人工造林という従来の施業体系を見直し、自然環境に配慮した主伐方法や公益性を重視した持続可能な森林管理システムの確立が必要となっている。

今回、小面積皆伐施業について、植栽木の成長状況及び光環境の差による低コストな保育が可能であるかを検討するために、開空度調査、植栽木の成長調査、下草の繁茂状況調査、ぼう芽更新木の状況調査を行った。また、自然環境に配慮した施業であるかを検討するために、上層木の伐採による下層木の損傷調査、林地の透水性、

表土流亡調査を行った。

2. 調査地と調査方法

2.1 調査地

調査地は以下のとおりである。

場所：上浮穴郡久万高原町露峰の町有林

標高：約1,000m

斜面方向：概ね北向き 傾斜角度：概ね10~30度

上層木：ヒノキ人工林64年生

面積：約2.4ha

2.2 調査方法

調査地を、無間伐区、単木間伐区、小面積皆伐区の3つの区域に分け、小面積皆伐区については15m×15m、20m×20m、25m×25mのプロットをそれぞれ2ヶ所ずつ設定した(図-1)。そして、①開空度、②下層木の状況、③上層木の伐採による下層木の損傷状況、④林地の透水性、⑤表土流亡、⑥植栽木の成長、⑦下草の状況、⑧ぼう芽更新木の状況について調査した。また、単木間伐区及び小面積皆伐区のF(15m)区、E(20m)区、B(25m)区は、上層木の伐採時(2003年8月)に下刈り(下層の支障木除去)を実施した。単木間伐区に設定した植栽区(15m×15m、1ヶ所)及び小面積皆伐区にはヒノキ及び7種類の広葉樹を植栽した(表-1)。上層木の伐採前後の林分状況は、表-2のとおりであった。なお、各項目の調査方法は、次のとおりである。

*現愛媛県松山地方局産業経済部久万高原森林林業課



図-1 試験地の概要

表-1 植栽木の概要

調 査 区				調 査 区						
		樹 種	本数	平均樹高(cm)		樹 種	本数	平均樹高 (cm)		
15m区	C区	ヒノキ	51	47.2	25m区	A区	ヒノキ	75	47.0	
		トチノキ	25	39.1			ケヤキ	81	49.8	
		ハルニレ	20	62.0			トチノキ	27	37.5	
		ヤマトアオダモ	20	27.5			ハルニレ	19	53.2	
		ミズメ	24	55.4			ヤマトアオダモ	18	20.3	
		計	140				カツラ	11	40.2	
	F区 (下刈りあり)	ヒノキ	72	51.1		B区 (下刈りあり)	シオジ	4	24.0	
		ケヤキ	55	52.6			計	235		
		計	127				ヒノキ	185	50.0	
	20m区	D区	ヒノキ	95		46.3	15m区	間伐区	計	185
トチノキ			24	39.5	ヒノキ	90			47.0	
ハルニレ			21	61.2	計	90				
ヤマトアオダモ			20	26.0						
ミズメ			20	55.3						
計			180							
E区 (下刈りあり)		ヒノキ	145	48.4						
		計	145							

表-2 試験地林分の概要

項目	単位	小面積皆伐	単木間伐	無間伐
対象面積	m ²	10,942	7,969	5,124
伐倒面積	m ²	2,500	7,969	0
ha当本数(前)	本/ha	354	411	395
ha当本数(後)	本/ha	278	312	395
間伐率(本数)	%	22	22	0
平均胸高直径	cm	39	35	37
平均樹高	m	21.4	20.6	20.0
ha当幹材積	m ³ /ha	386	378	341
収量比数	Ry	0.63	0.66	0.62

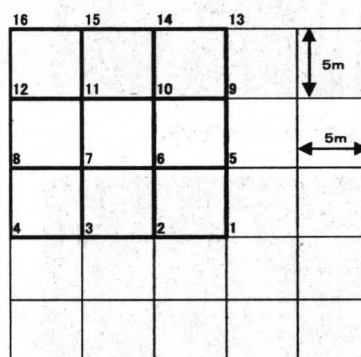


図-2 全天空写真の撮影位置 (B (25m) 区)

2.2.1 開空度

単木間伐区、小面積皆伐区に5mの格子を設定して(図-2)、その交点で対角魚眼レンズにより全天空写真を撮影し、フィルムスキャナで輝度デジタルデータとして取り込みパソコンで開空度を算出した。単木間伐区は植栽区で実施し、小面積皆伐区は、F区、E区、B区で実施した。対照区として無間伐区で1ヶ所(15m×15m)実施した。調査は2003年に実施したが、F区については上層木の伐採1年後にプロット西側と隣接する町有林で強度な間伐が実施されたため、2006年に再度調査を実施した。

2.2.2 下層木の状況

小面積皆伐区(C区、D区、A区)で15m×15mのプロットを設定し、上層木の伐採前に、樹高2m以上、2m未満に分けて毎木調査を実施した。

2m以上については、樹種、樹高、胸高直径を、2m

未満については、樹種、本数を調査した。

2.2.3 上層木の伐倒による下層木の損傷状況

上層木の伐採前に下層木の毎木調査を行った小面積皆伐区(C区、D区、A区)で、下層木(2m以上)について、伐倒後に損傷状況を目視で調査した。

2.2.4 林地の透水性

小面積皆伐区(F区)で5mの格子状に分けた9個のプロットを設定し、それぞれのプロット内で1カ所ずつ、A₀層を除いた土壌深が0~5cm、5~10cmのところで100mlの円筒で土壌を採取し、定水位透水性により測定をおこなった。なお測定は、小面積皆伐実施前後で1回ずつ実施した。

2.2.5 表土流亡

小面積皆伐区(A区)、単木間伐区、無間伐区に各1ヶ所、H=15cm、W=25cmの土砂受け箱を等高線上に8個ずつ設置し(写真1、2)、1ヶ月に1回土砂受け箱

への流入物を回収した(冬期は積雪のため実施できなかった。)。回収した流入物は水中篩別で細土(2mm未満)、石礫(2mm以上)、有機物試料に区分し、絶乾重量を測定した。なお、設置箇所の傾斜は小面積皆伐区は28度、単木間伐区は29度、無間伐区は23度であった。

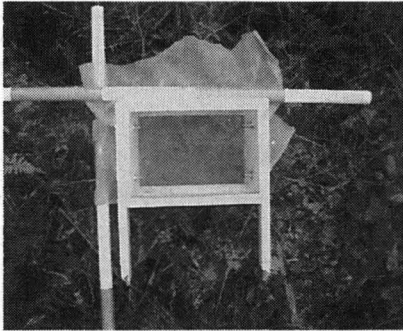


写真-1 土砂受け箱

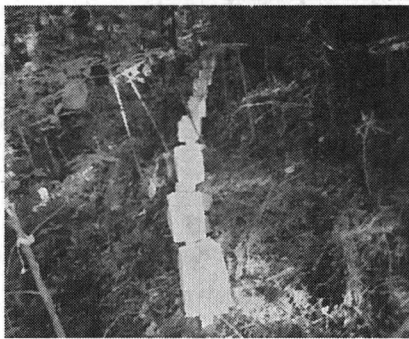


写真-2 土砂受け箱の設置状況

2.2.6 植栽木の成長

小面積皆伐区及び間伐区で植栽木の直径(地際から10cmの位置)及び樹高を調査した。測定は、年1回とし秋期以降に実施した。

2.2.7 下草の状況

小面積皆伐区のF区、E区、B区及び単木間伐区(植

栽区)で15m×15mのプロットを設定し、その中に5m×5mのサブプロットを設定した。サブプロット内に1.5m×1.5mの調査区を設定して、地際20cm以上の下草を採取し、絶乾重量を測定した。ただし、ぼう芽更新木については採取しなかった。

2.2.8 ぼう芽更新木の状況

下草の状況調査で設置したサブプロット内で、ぼう芽更新木の樹冠の長径、短径を測定し、だ円形として面積を算出した。なお、調査は2成長期、3成長期の2ヶ年実施した。

3. 結果と考察

3.1 開空度

無間伐区、単木間伐区、小面積皆伐区の開空度は、表-3、写真3、4のとおりであった。小面積皆伐区での開空度は方形の1辺が長いほど高くなっているが、F区については、プロットに隣接する西側の町有林が強度間伐されたため、E区、B区よりも開空度が高くなった。単木間伐区は無間伐区の約3倍、小面積皆伐区は無間伐区の約4～6倍の開空度となった。

相対日射量と対角魚眼レンズで撮影した全天空写真から算出した開空度には相関関係があり(中岡ら, 2001)、また、相対日射量とスギ植栽木の成長には、5%以上は最低限必要、20%以上はできれば必要、50%以上はかなりの成長量が期待できる(藤本, 1984)。E区での平均の開空度が、30%を超えていること、境界部を除いた平均が40%近くになっていることから、植栽木の成長を光環境から考えた場合、小面積皆伐は、方形の場合20～25mを一边とする広さ以上が望ましいことが分かった。(F区については、隣接町有林の強度間伐後の開空度を例外的な数値として取り扱った。)

表-3 無間伐区、単木間伐区、小面積皆伐区の開空度

		無間伐区 (%)	単木間伐区 (%)	小面積皆伐区(%)			
				F(15m)区	F(15m)区 (周囲伐採後)	E(20m)区	B(25m)区
最 小		5.3	11.8	20.9	34.4	23.5	18.4
最 大		10.2	28.6	37.9	52.9	41.8	57.7
平 均		7.1	20.6	29.6	45.3	33.9	41.1
無間伐区を1 とした比率		1	2.9	4.2	6.4	4.8	5.8
境界部を除いた平均		6.5	20.6	34.2	49.1	38.3	49.6



F (15m) 区



E (20m) 区



B (25m) 区



単木間伐区



無間伐区

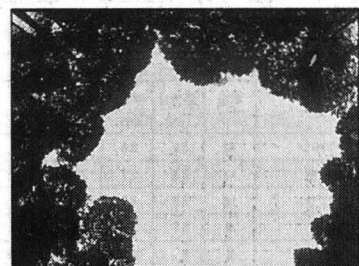
写真-3 開空度撮影時の林分状況



F (15m) 区隣接林分の皆伐後（開空度45%）



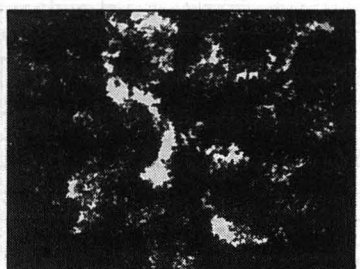
E (20m) 区（開空度33%）



B (25m) 区（開空度45%）



単木間伐区（開空度22%）



無間伐区（開空度7%）

写真-4 全天空写真と開空度

3.2 下層木の状況

小面積皆伐区のC区、D区、A区の2m以上の下層木で5本以上出現した樹木と2m未満も含めたヒノキの生育状況は表-4のとおりで、ヤマウルシ、アオハダ、コシアブラ、リョウブが各プロットで優勢した。また、ヒノキ、ヒメウツギ、ヤマアジサイについては、局地的

に出現した。なお、ヤマウルシ、コシアブラ、クマノミズキは、樹高が6mを超える個体もあった。

2m未満の出現樹種は、表-5のとおりであった。2m以上の下層木で出現した樹種の稚樹が中心となり、草本はほとんど認められなかった。

2m以上の広葉樹については、各プロットとも5,000本/ha以上存在しており、上層木であるヒノキの管理が適切であったと考えられた。また、高木種は少なく、用材として利用価値のある有用広葉樹(鳥取大学広葉樹研究刊行会, 1998)についても、ハリギリが1本存在しただけであった。

開空度と2m以下の植生の植被率は、10~30%の開空度ではばらつきが大きいものの、それ以上の開空度とは正の相関があり、開空度が10%を下回ると2m以下の植被率は20%を下回った(木村ら, 2006)が(図-3)、草本がほとんど認められなかったのは、無間伐区の平均の開空度は7.1%であり、広葉樹が展葉した後の地上1m以下の開空度はさらに下回ることが予想されることから、光環境の悪さが影響したと考えられた。

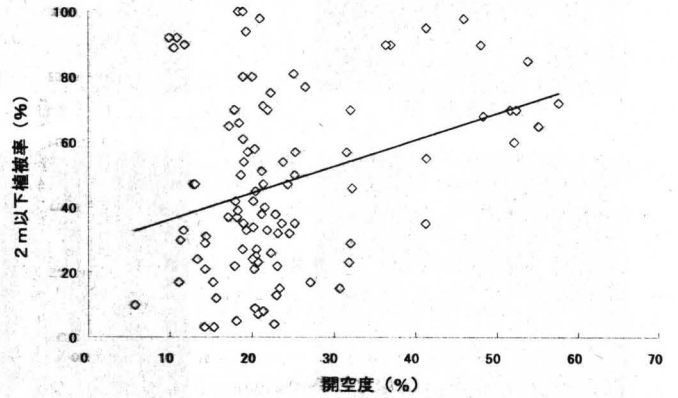


図-3 開空度と2m以下の植生の植被率

表-4 C区、D区、A区での2m以上の下層木の状況(15m×15mのサブプロット内)

C(15m)区				D(20m)区				A(25m)区			
樹種	本数	最大H(m)	平均H(m)	樹種	本数	最大H(m)	平均H(m)	樹種	本数	最大H(m)	平均H(m)
ヤマウルシ	42	5.3	3.8	ヤマウルシ	37	6.3	3.8	ヤマウルシ	43	4.7	3.2
ヒメウツギ	11	3.5	2.7	アオハダ	26	5.8	2.7	コシアブラ	17	6.0	5.6
コシアブラ	10	6.8	4.5	ヤマアジサイ	25	3.4	2.1	クマノミズキ	12	8.8	4.4
リョウブ	9	3.7	2.9	リョウブ	17	4.2	2.7	リョウブ	12	4.3	3.0
クマノミズキ	8	8.1	3.7	コバノガマズミ	13	3.4	2.6	アオハダ	10	4.0	2.8
タンナサワフタギ	7	3.7	2.4	コシアブラ	12	6.9	4.8	ヒノキ	245	4.8	1.7
ヤマグワ	7	4.8	3.7	タンナサワフタギ	8	5.3	2.8	その他	19		
コガクウツギ	5	2.5	2.2	ヤマグワ	8	4.1	2.6				
ヒノキ	2	2.5	2.4	ウリハダカエデ	5	3.7	3.3				
その他	16			クマシデ	5	4.7	4.0				
				クマノミズキ	5	4.8	4.0				
				クロモジ	5	3.5	3.0				
				ヒノキ	21	4.1	2.0				
				その他	7						
合 計	117			合 計	194			合 計	358		
ha当本数(本/ha)	5,200			ha当本数(本/ha)	8,622			ha当本数(本/ha)	15,811		
ha当本数(ヒノキ除く)(本/ha)	5,111			ha当本数(ヒノキ除く)(本/ha)	7,688			ha当本数(ヒノキ除く)(本/ha)	5,022		

表-5 C区、D区、A区での2m未満の植生の状況

(15m×15mのサブプロット内)

C(15m)区	D(20m)区	A(25m)区
リョウブ	コバノガマズミ	ハナйкаダ
コアカソ	ヤマアジサイ	ヤブムラサキ
コガクウツギ	アオハダ	スノキ
クマノミズキ	クロモジ	アオハダ
オトコヨウゾメ	アオハダ	リョウブ
スノキ	スノキ	コバノガマズミ
コバノウチワカエデ	タンナサワフタギ	ヒメウツギ
ヒメウツギ	ヤマウルシ	コナラ
アオハダ	ツルシキミ	ツルシキミ
タンナサワフタギ	クマノミズキ	ヤマアジサイ
ヤマウルシ	コガクウツギ	タンナサワフタギ
ヒノキ	コナラ	ヤマウルシ
イヌザクラ	ヒメウツギ	イヌツゲ
	ミヤマガマズミ	イロハモミジ
	リョウブ	オトコヨウゾメ
	イヌツゲ	カナクギノキ
	コシアブラ	
	ヤブムラサキ	
	ウリハダカエデ	
	ヤマグワ	
	アケシバ	

3.3 上層木の伐倒による下層木の損傷状況

上層木の伐採に伴う下層木の損傷状況は、表-6のとおりであり、倒伏や折損は、5%以下と少なかった。人

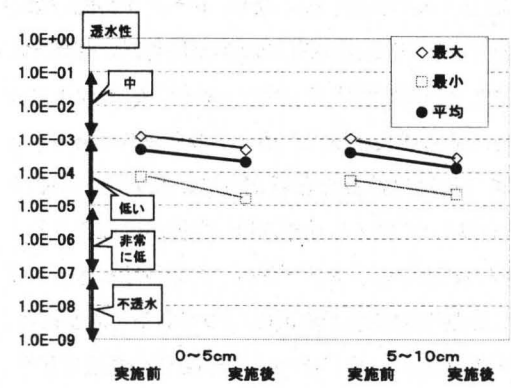
為的に伐られたものは、伐採前の支障木除去であり、C区で15.8%、D区で51.3%、A区で20.3%と差が大きかった。

表－6 上層木の伐採による下層木の損傷状況

被害状況	全体		C(15m)区		D(20m)区		A(25m)区	
	本数	割合(%)	本数	割合(%)	本数	割合(%)	本数	割合(%)
健全	418	61.6	93	77.5	79	39.7	246	68.3
傾き	38	5.6	8	6.7	9	4.5	21	5.8
倒伏	12	1.8	0	0.0	3	1.5	9	2.5
折損	17	2.5	0	0.0	6	3.0	11	3.1
伐り(人為的)	194	28.6	19	15.8	102	51.3	73	20.3
全体本数	679	100	120	100	199	100	360	100

3.4 林地の透水性

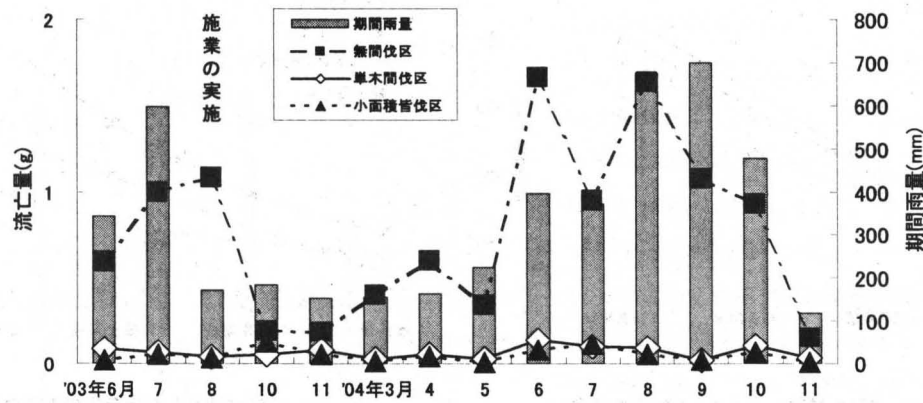
小面積皆伐実施後の林地の透水性は、実施前に比べて土壌深0～5cmで43%、5～10cmで34%と低下した(図－4)。これは、伐採に伴う作業や伐採木による林地の攪乱が原因であると推測された。しかし、伐採前、後ともに透水係数は、 $1.0E-03 \sim 1.0E-05$ の透水性が低い範囲内(土質工学会, 1979)にあり、伐採による林地の透水性への大きな影響は無いものと考えられた。



図－4 小面積皆伐実施前後の林地の透水係数

3.5 表土流亡

有機物、細土ともに流亡量は少なかった(図－5 (1), (2))。特に細土は少なく、礫はほとんど認められなかった。有機物は広葉樹の落葉が中心であり、落葉期に増える傾向にあった。また、有機物、細土ともに施業の影響は確認できず、有機物については降雨量の影響が認められたが、細土については認められなかった。細土の流亡量が少なかったのは、上層木が適切に間伐されており下層木が繁茂していたこと、林地に苔類が存在していたため、雨滴が直接林地に当たりにくい状態であったこと、調査箇所への傾斜が30度未満と緩やかだったことが原因であると考えられた。なお、無間伐区の細土流亡量が小面積皆伐区、単木間伐区に比べて多かったのは、土砂受け箱上部の林地に苔類がみられなかったことが影響したと推測された。



図－5 (1) 表土流亡(1日10m当り)の推移(細土)と期間雨量

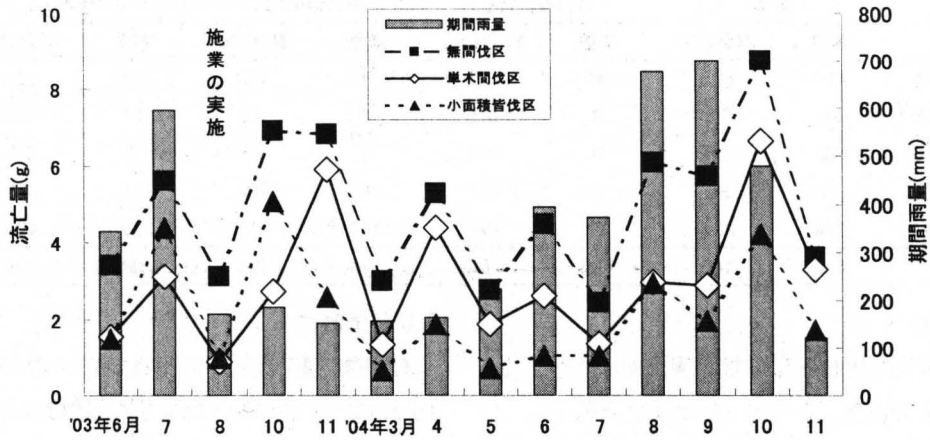


図-5 (2) 表土流亡(1日10m当り)の推移(有機物)と期間雨量

3.6 植栽木の成長

ヒノキのみを植栽したプロット(F区は、ヒノキ、ケヤキの混植)でのヒノキの樹高成長は、F区、B区、E区、単木間伐区の順となった(図-6)。単木間伐区のヒノキは、小面積皆伐区で最も成長の悪かったE区の80%を下回った。また、1成長期後、2成長期後、3成長期後と経過するにしたがいヒノキの樹高成長は、単木間伐区と小面積皆伐区での差が広がる傾向にあった。なお、苗長は植栽木の1成長期の樹高成長に影響を与える(木村, 2003)が、植栽時の苗長はほぼ同一であったため、樹高成長の差は光環境が影響したと思われる。

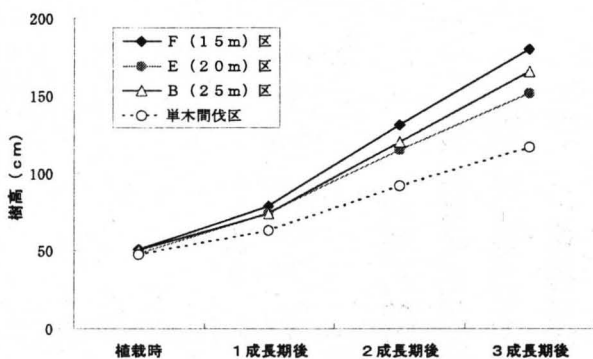


図-6 F区、B区、E区で植栽したヒノキの樹高の推移

広葉樹の樹高成長状況は表-7のとおりで、3成長期後の樹高はミズメが最も高くなり、トチノキが低い傾向を示した。シオジは、全樹種のなかで最も低い結果となった。また、D区でのトチノキ、ハルニレ、ヤマトアオダモ、ミズメの成長状況は、図-7のとおりであり、3成長期後の樹高は苗長の影響だけではないことがわかった(表-7)。ミズメの幼年木は、主幹がはっきりしていなく枝性が強いが、トチノキは、主幹がはっきりしており、この樹形の特性が原因の一つであると思われる。なお、トチノキ、シオジについても成長を続けており、今後順調に成長する可能性は高いと思われる。

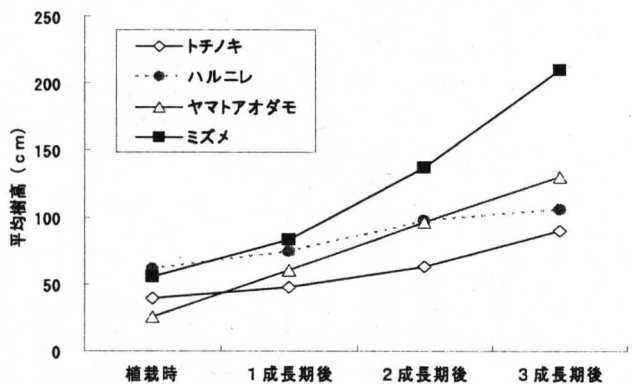


図-7 D区で植栽した広葉樹の樹高の推移

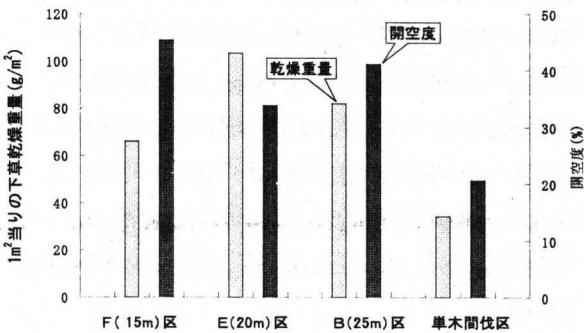
表－7 小面積皆伐区で植栽した広葉樹の3成長期後の樹高

調査区	樹 種	植栽本数	植栽時平均H(cm)	3成長期後平均H(cm)
15m区	F区 ケヤキ	55	52.6	122.7
	トチノキ	25	39.1	83.4
	C区 ハルニレ	20	62.0	96.5
	ヤマトアオダモ	20	27.5	112.2
	ミズメ	24	55.4	178.2
20m区	トチノキ	24	39.5	89.7
	D区 ハルニレ	21	61.2	106.1
	ヤマトアオダモ	20	26.0	129.7
	ミズメ	20	55.3	210.1
25m区	A区 ケヤキ	81	49.8	89.2
	トチノキ	27	37.5	83.5
	ハルニレ	19	53.2	111.3
	ヤマトアオダモ	18	20.3	101.4
	カツラ	11	40.2	109.8
	シオジ	4	24.0	54.7

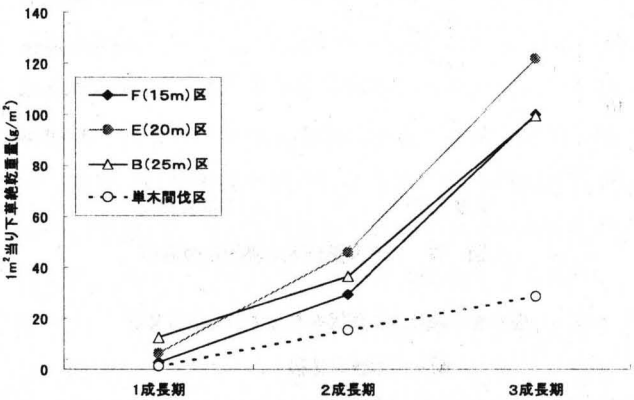
3.7 下草の状況

3成長期後の下草の絶乾重量は、E区、B区、F区、単木間伐区の順で多かった。単木間伐区での下草の絶乾重量は小面積皆伐区の約1/3であり、開空度の影響を受けていると考えられた(図－8)。また小面積皆伐区での下草の絶乾重量は、2～3成長期で大きく増加した(図－9)が、単木間伐区では1～2成長期と同じ傾向を示したため、2～3成長期で単木間伐区と小面積皆伐区との差は広がった。

なお、今回の調査では植栽後の下刈りを実施しなかったが植栽木は順調に成長しており、平均樹高が最も低かったE区の平均樹高でも140cmを超えているため、今後下刈りを実施しなくても植栽木の成長は順調であると見込まれた。



図－8 3成長期後の下草の乾燥重量と開空度



図－9 下草の絶乾重量の推移

3.8 ぼう芽更新木の状況

3成長期のぼう芽更新木の植被率は、図－10のとおり単木間伐区、F区、B区、E区の順で高かった。各プロットの3成長期の植被率は2成長期と比べると、F区は179%、E区は158%、B区は160%、単木間伐区は151%であり、単木間伐区が最も低かった(図－11)。また、目視で判断した植栽木の成長に影響を与えているぼう芽更新木の本数は、小面積皆伐区、単木間伐区ともに増えた(表－8)。なお、植被率はF区の増加率が高くなっており、下草量の推移を参考にすると、今後光環境の影響を受けて小面積皆伐区の植被率は高くなり、植栽木へ

の影響が強くなると推測された。

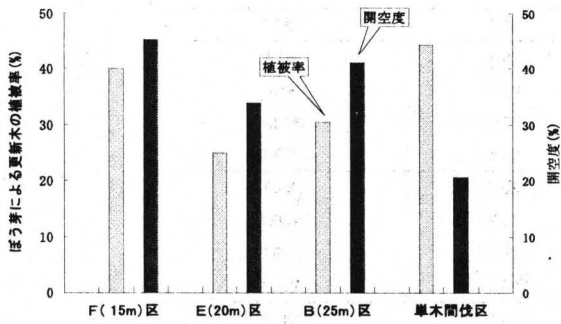


図-10 3成長期後のぼう芽更新木の

植被率と開空度

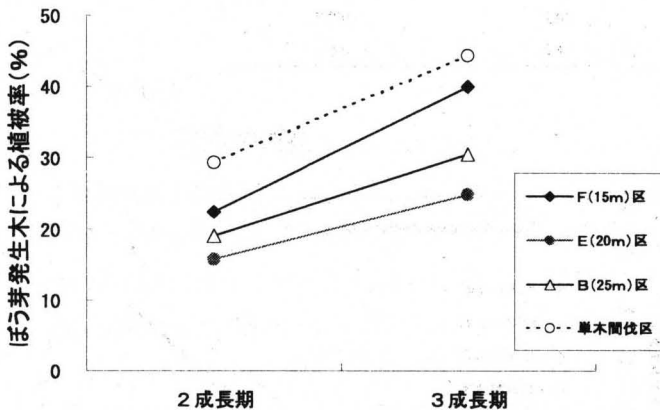


図-11 ぼう芽更新木の植被率の推移

表-8 植栽木に影響を与えているぼう芽更新木の本数の推移

	F(15m)区 (本)	E(20m)区 (本)	B(25m)区 (本)	単木間伐区 (本)
2成長期	19	7	11	9
3成長期	25	12	18	17

4. 結言

今回の調査で以下の知見を得た。

- 1) 小面積皆伐の広さは、植栽木の成長面から考えると方形の場合、一边を20～25m以上にすることが望ましい。
- 2) 下層に有用な樹種が存在する場合、上層木の伐採による下層木の損傷が少ないこと、ぼう芽更新木の成長が期待できることから、下層木を活かした森林づくりが可能であると示唆された。
- 3) 上層木の管理が適切に実施されている林分の小面積

皆伐施業は、林地の透水性の大きな減少、表土流亡の増加は認められず、自然環境に配慮した施業であると推測された。

- 4) 植栽した広葉樹では、ミズメ、ヤマトアオダモの樹高成長が良く、トチノキも樹高成長は続いており、ミズメ、ヤマトアオダモ、ハルニレ、トチノキ、カツラ、シオジの人工造林による育林が可能であることが示唆された。
- 5) 小面積皆伐での下草量は、光環境の影響を受けているが、上層木の伐採後のぼう芽更新木の初期の植被率は、光環境の影響を受けていない。
- 6) 小面積皆伐で下刈り回数の減少による育林コストの軽減の可能性はあるが、ぼう芽更新木を除伐する必要がある可能性が強い。

なお今回の調査において、植栽木の成長状況、下草の繁茂状況、ぼう芽更新木の状況については、3成長期までと初期の段階のものであること、試験地の標高が1,000m近くあり、クズの侵入がみられなかったことから、当該試験地の今後の状況を把握するとともに、クズが生育している標高の低い地域での調査が必要であると思われた。

引用文献

- 土質工学会(1979) 土質試験法第2回改訂版土質学会編, 第5編第3章 pp.17-24. 土質工学会
- 愛媛県農林水産部森林局(2005) 愛媛の森林・林業, pp.2-4
- 藤本幸司(1984) スギ人工同齢林への群状択伐作業導入に関する研究、愛媛大学農学部紀要 29(1):42-45
- 木村光男・中岡圭一・谷山徹(2006) 架線及び積載式車両を用いた伐出作業が森林の下層植生や土壌の全孔隙率に及ぼす影響、愛媛県林試研報 24:37-43
- 木村光男・豊田信行・谷山徹・柚村誠二(2003) 小面積群状皆伐と単木伐採における光環境と下木の成長、全国レベル研究会発表要旨:116-117
- 中岡圭一・豊田信行・金本知久(2001) スギ・ヒノキ複層林造成後の成長と光環境、愛媛県林試研報 21:1-9
- 鳥取大学広葉樹研究刊行会(1998) 広葉樹の育成と利用, pp. 25-32. 海青社