

スギ・ヒノキ人工林を広葉樹林に更新する技術の研究

黒瀬 勝雄

Studies for Regeneration Technology for a Broadleaf Forest from Artificial Forest of *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*

Katsuo KUROSE

要 旨

黒瀬勝雄：スギ・ヒノキ人工林を広葉樹林に更新する技術の研究 岡山県林試研報21：1 - 13
 2005 人工林伐採跡地を放置したときの植生回復状況を明らかにするために、岡山県北部8か所のスギ・ヒノキ人工林の伐採（皆伐）跡地にプロットを設定し、生育している木本類の樹種、個体数、樹高等を調査した。種数では高木類は斜面下部になるほど減少する傾向が見られたが、中低木類は明確でなく、イチゴ類、ツル類は上下間に大きな差はなかった。個体数では高木類、中低木類は斜面下部になるほど減少したが、イチゴ類は上部で少なく、ツル類は下部が多かった。林冠が閉鎖し、下層植生がほとんど見られないスギ・ヒノキ人工林内の埋土種子は草本類が主体で、木本類は種数、個体数とも非常に少なかった。また、ヒノキ林にはスギ林の約3倍の埋土種子が存在していた。ケヤキ、ケグワ、ヤマザクラ、クリ、ホオノキ、トチノキを斜面方向に縦列に植栽した立地反応性試験区を設定した。ケグワ、クリは斜面中部で最も成長が大きかったが、他の樹種は斜面下部ほど成長が大きかった。また、これら広葉樹とスギの混植（格子植、巢植）試験区を設定した。しかし、現段階では明確な傾向は見られなかった。

キーワード：伐採跡地、植生回復、埋土種子、混植

はじめに

最近、スギ、ヒノキ人工林を皆伐後に放置し、再造林を実施していないところが県内各地に見受けられる。これは近年の木材価格等から皆伐による伐採収益だけでは再造林及び下刈り等初期保育にかかる経費をまかなうことが難しいことが主な要因と考えられる。このような林分を各種機能が高度に発揮される森林に育てるためには、高木性の樹木を早期に育成し、森林の階層構造を再構築することが重要である（只木 2000、藤森 2004）。しかし、森林所有者の経済的負担を考慮すると、人工植栽を中心とした森林造成技術だけでなく、天然力を有効に活用した低コストの更新技術についても検討する必要がある（谷本 1990）。また、おもに用材生産を目的として広葉樹を植栽する場合、樹種別の植栽適地の判定や、いかにして通直な材を生産するかが重要になってくる。しかし、これらのことに関し実証的なデータからの知見は極めて少ない（藤森ら 1994）。そこで、スギ・ヒノキ人工林伐採（皆伐）跡地の植生回復の実態を明らかにするため、伐採後の経過年数が異なる複数の試験地で調査を行った。また、人工林の皆伐後に発生する種子植物は埋土種子に由来している可能性が高い（酒井 2001）ことから、下層植生がほとんど存在しないスギ、ヒノキ人工林の土壤中に存在する埋土種子を調査した。つぎに数種の

広葉樹を斜面方向に列状に植栽し、立地反応性を検討するとともに広葉樹とスギの混植試験地を設定し、成長調査を実施した。

これらの調査結果からスギ、ヒノキ人工林伐採跡地を早期に低コストで広葉樹林に更新する技術について検討した。

材料と方法

1. 人工林伐採跡地の植生回復

(1) 実態調査

調査地の概要 岡山県北部8か所のヒノキ（一部スギ）人工林伐採（皆伐）跡地において植生調査を行った（図 - 1）。調査林分の面積は0.7～10ha、伐採後の経過年数は2～5年であった（表 - 1）。

調査方法 各調査地に等高線に沿って斜面上部に3か所、斜面中部に3か所、斜面下部に3か所の調査プロット（5×5m）を設定し（写真 - 1）、草本類を含めた植被率及び全ての木本類の樹種、個体数、樹高を調査した。解析にあたっては、調査した木本類を高木類、中低木類、イチゴ類、ツル類に分類し（原色日本植物図鑑 2002）、斜面位置別の種数、個体数等について検討した。なお、調査地1～4は2002年8月12日～10月8日の間、調査地5～8は2003年7月22日～8月21日に調査した。



図 - 1 植生回復調査地（市町村界は2004年9月現在）

表 - 1 調査地の概要

調査地No	町村名	前生樹	伐採時の林齢	面積 ha	平均標高 m	斜面方位	基岩	土壌型	平均傾斜度	伐採後の経過年数	周辺木の状況
1	勝山町	ヒノキ	64~72	1.5	450	NW	結晶片岩	BD	44	4	尾根部にケヤキ、コナラ、ヤマザクラ等
2	加茂町	ヒノキ	52	3.0	850	S	花崗岩	BD	28	5	スギ、ヒノキ
3	加茂町	ヒノキ	49	4.8	650	NE	砂岩	BD	30	2	隣接する尾根部にコナラ、ヤマザクラ等
4	加茂町	ヒノキ	43~57	10.0	700	N	花崗岩	BD	29	3	尾根部にアカマツ
5	西粟倉村	ヒノキ	50	0.8	600	S	花崗岩	BD	35	4	スギ、ヒノキ
6	奈義町	ヒノキ	42~48	6.0	600	SE	安山岩	BD(d)	40	4	尾根部にヒノキ、コナラ等
7	奈義町	ヒノキ	42~48	6.0	600	NW	安山岩	BD(d)	36	3	尾根部にヒノキ、コナラ等
8	富村	ヒノキ・スギ	45~50	0.7	560	SW	安山岩	BD(d)	38	2	隣接地にアワブキ、ケヤキ、コナラ等



写真 - 1 調査地におけるプロットの配置 (No8)

(2)埋土種子の調査

2004年12月14, 15日にスギ・ヒノキ人工林4か所で各2プロット（プロット ~ ）を設定し(写真 - 2,3)埋土種子調査用の土壌を採取した(表 - 2)。土壌は50×50cmのプロットを設定し、落葉層を取り除いた後、土壌を5cmの深さまで採取した。また、スギとヒノキ人工林各1か所で、15cmの深さまで5cm毎に土壌を採取した(プロット ,)。計10プロットのうち2プロットでは3段階の深さまで採取したため、計14の土壌を採取した。採取した土壌は網目5mmのふるいで根系などを取り除いた後、市販の苗土を敷いたプランターに約500mlずつ蒔き、発芽状況を調査した。プランターの設置場所は、温度24℃、湿度85%、蛍光灯下(約5000lux, 1日16時間点灯)の順

化室内（写真 - 4）とガラス室内（無加温）とした。
 なお、調査期間は2004年3月31日までとした。

表 - 2 埋土種子採取地の状況

調査地プロットNo	採取場所	樹種	林齢	平均胸高直径 cm	立木密度 本/ha	樹高 m	傾斜°
1	加茂町物見	スギ	72	29.6	1246	18.4	36
2	加茂町物見	スギ	60	26.0	1334	17.4	42
	加茂町物見	ヒノキ					
3	加茂町河井	スギ	45	25.2	1438	21.6	29
	加茂町河井	スギ					
4	加茂町河井	ヒノキ	45	23.6	932	16.1	42
	加茂町河井	ヒノキ					
5	-1 加茂町倉見	ヒノキ	69	22.0	1438	17.8	32
	-2 加茂町倉見	ヒノキ					
	-3 加茂町倉見	ヒノキ					
6	-1 加茂町倉見	スギ	69	26.2	977	21.8	35
	-2 加茂町倉見	スギ					
	-3 加茂町倉見	スギ					



写真 - 2 埋土種子採取地 (プロット スギ)



写真 - 3 埋土種子採取地 (プロット ヒノキ)



写真 - 4 順化室内の埋土種子発芽試験

採取した土壌の保存及び発芽試験はそれぞれ次の4方法で行った。

- (方法1) 採取直後の12月16日に播種し、ガラス室に約1か月設置後、1月17日に順化室に入れた。
- (方法2) 12月16日から約1か月間-5℃で土壌を保存した後、1月17日に播種し、順化室に入れた。
- (方法3) 方法2と同様に保存した土壌を1月17日から約2か月で保存後、2月23日に播種し、順化室に入れた。
- (方法4) 方法3と同様に播種し、ガラス室に入れた。

2. 広葉樹の人工造林試験

(1) 広葉樹数種の立地反応性試験

試験地の設定 2002年4月5日にヤマザクラ、ケヤキ、ケグワを、2003年4月17日にクリ、トチノキ、ホオノキを斜面下部から上部にかけて列状に植栽した。本数は各樹種32本（16本×2列）とし、植栽密度は2,000本/haとした（図 - 2）。トチノキ、ホオノキはポット苗、その他の4樹種は裸苗を使用した。なお、植栽にあたってケヤキ、ケグワはそれぞれ約100cm、約50cmに切りそろえた。また、ノウサギ、ニホンジカ等の食害防止のため、植栽木に根元から50cm程度の高さまで新聞紙を巻き付け、約500倍に希釈した木酢液を霧吹器で新聞紙に吹き付けた（写真 - 5）。さらに、下刈り時の誤伐を防止するために目印の杭を設置した。

2002年（2003年）植栽樹種

- ヤマザクラ（クリ）
- ケヤキ（トチノキ）
- ケグワ（ホオノキ）

斜面上部



斜面中部



斜面下部

図 - 2 立地反応性試験地の樹種配置図



写真 - 5 木酢液による忌避処理

試験地は勝山町大字古呂々尾の県行造林ヒノキ伐採跡地である。土壌母材は結晶片岩、土壌型はBD、斜面方位は西及び東、斜面傾斜度は25～35度であった。なお、供試した樹種は岡山県の有用広葉樹に指定されている樹種(ケヤキ、ヤマザクラ、クリ、トチノキ、ホオノキ)及び近年早期収入源として期待されているケグワ(阿部2002)である。

調査方法 植栽時及びヤマザクラ、ケヤキ、ケグワについては3年生次まで、クリ、トチノキ、ホオノキについては2年生次まで樹高及び根元径(地上約1cm)を測定した。調査は成長休止期に行い、梢端が通直でないものについては樹幹長を測定した。斜面上部の10本(5本×2列)を斜面上部、斜面下部から10本(5本×2列)を斜面下部、その中間12本(6本×2列)を斜面中部に分類し、とりまとめた。また、斜面位置別に各3か所で試孔を掘り、土壌断面からA層の厚さを調査した。

(2) 広葉樹とスギの混植試験

試験地の設定 2002年4月5日にケヤキ、ケグワ、2003年の4月17日にクリ、トチノキを(1)と同じ試験地に植栽した。植栽方法は広葉樹のみの単植区(各樹種8本)、スギと交互に格子状に植栽する格子植区(各広葉樹8本)、3本のスギが広葉樹を囲む巢植区(各広葉樹8本)の3方法とし、3反復で植栽した。植栽密度は単植が2,000本/ha、格子植及び巢植が3,000本/haとした(図-3)。



図 - 3 各植栽区の配置図

表 - 3 各調査地の斜面位置別植被率

調査地b	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
経過年数	4	5	2	3	4	4	3	2	
斜面上部	87(70-100)	68(50-95)	75(60-80)	78(70-85)	75(50-95)	78(70-95)	93(90-98)	95(95-95)	81.2
斜面中部	93(90-95)	95(95-95)	93(90-98)	85(70-95)	93(80-100)	93(90-95)	93(80-100)	98(95-100)	93.0
斜面下部	97(90-100)	90(90-90)	88(80-95)	100(100-100)	98(95-100)	95(90-100)	99(98-100)	100(100-100)	96.0
平均	92.2	84.4	85.3	87.8	88.9	88.9	95.1	97.6	90.0

植栽した苗木は(1)と同様にトチノキがポット苗、他の樹種は裸苗であり、ケヤキ、ケグワの切りそろえも(1)と同様である。獣類の食害対策も(1)と同様に新聞紙と木酢液で実施した。

調査方法 広葉樹及び混植したスギについて(1)と同様の方法、時期に調査を行った。

(3) 下刈り工程

試験区の設定 2002年に植栽した混植試験地において、2004年7月6日に各試験区をそれぞれ坪刈り区と全刈り区に分けて下刈りを実施した。坪刈り区は手鎌による根元周囲半径約30cm程度の刈り取り、全刈り区は誤伐による広葉樹の損傷を防ぐため手鎌による広葉樹の刈り出しを行った後、刈払機による全刈りを実施した。

調査方法 坪刈り区と全刈り区別に作業時間を計測し作業工程を比較した。

結果

1. 人工林伐採跡地の植生回復

(1) 実態調査

各調査地の斜面位置別平均植被率を表-3に示す。

調査地の平均植被率は84.4%～97.6%、平均90.0%であった。伐採後の経過年数と植被率の間に明確な関係は見られなかった。また、斜面位置別植被率の平均は上部で81.2%、中部で93.0%、下部で96.0%と上部でやや少ない傾向であった。各調査地に出現した種数と個体数は表-4のとおりであった。

調査地8か所の全木本類の個体数は斜面下部ほど少なくなっていた。高木類と中低木類の個体数も同様の傾向であったが、イチゴ類の個体数は上部でやや少ないものの中部と下部では大きな差は見られなかった。また、ツル類の個体数は上部と中部で大きな差はなく、下部で多くなっていた。全木本類の種数は上部で多く、中部と下部では差がなかった。分類別では、高木類は個体数と同様に下部ほど少なくなっていた。中低木類は上部が多く、中部と下部はほぼ同様の傾向であった。イチゴ類、ツル類は出現数が少ないこともあり、斜面位置別の差は見られなかった。伐採後の経過年数と出現種数(各調査地における斜面位置別出現種数)では、伐採後の年数が経過するにしたがって出現種数が減少していく傾向が見られ、斜面下部で最も大きく減少した(図-4)。

調査地別、斜面位置別のプロット(25m²)あたりの高木類の平均本数は最も多いところで397本、最も少ないところで4本と場所により大きな差があった(表-5)。

また、これらのうち、先駆樹種であるアカメガシワ、カラスザンショウを除いた平均本数は最も少ないところで3本といったか所も存在するなど、広葉樹植栽の目安とされている15本(6000本/ha)(石塚 1998)に満たないか所が24か所中10か所存在した(表-6)。今回の調査地は一部を除きヒノキの伐採跡地であったが、調査地6を除き、ヒノキの少ないプロットが多く、下部では半数のか所でヒノキを確認できなかった(表-7)。

各調査地で出現プロットが3以上の高木類、中低木類の樹種については、樹種ごとの個体数と平均樹高を集計した(表-8,9)。8か所の調査地に普遍的に出現したものは、高木類ではアカメガシワ、カラスザンショウ、中低

木ではクサギ、クロモジ、タラノキ、ヌルデ、ヒメコウゾ、ムラサキシキブ等であった。クサギを除き、斜面上部ほど個体数が多い傾向であった。また、カラスザンショウを除き、斜面下部ほど樹高が大きい傾向であった。同一樹種を比較したとき伐採後の経過年数が長いほど樹高は大きい傾向であったが、各調査地の立地環境が異なることから厳密な比較は困難であった。

特徴的な調査地についてみると、調査地6は尾根部にヒノキ林が存在し、ヒノキの稚樹が多数発生していた。また、調査地8は斜面中央部に比較的大きいケヤキが存在(ヒノキとともに伐採)していたため、同様に多数の稚樹が発生していた。

表-4 調査地別、斜面位置別の種類数と本数(3プロット合計値)

分類	斜面位置	調査地1		調査地2		調査地3		調査地4		調査地5		調査地6		調査地7		調査地8		総数	
		種数	本数	種数	本数														
全樹種	上	47	791	30	429	66	772	41	1,079	54	992	47	1,647	46	668	48	1,955	124	8,333
	中	43	736	29	362	52	789	34	1,107	35	700	44	1,216	38	793	54	2,236	101	7,939
	下	25	231	26	547	52	372	37	695	28	718	34	1,529	31	643	51	1,751	101	6,486
	全体	61	1,758	48	1,338	91	1,933	57	2,881	68	2,410	58	4,392	52	2,104	79	5,942	149	22,758
高木類	上	18	147	6	29	17	55	14	140	15	160	17	1,129	13	227	17	637	38	2,524
	中	14	59	4	14	13	52	9	80	9	17	15	552	11	135	18	1,192	30	2,101
	下	6	11	3	20	11	23	9	24	4	11	10	372	7	57	13	565	25	1,083
	全体	21	217	8	63	21	130	14	244	18	188	20	2,053	15	419	24	2,394	44	5,708
中低木類	上	16	384	17	185	34	572	19	528	28	381	20	268	19	263	21	974	57	3,555
	中	16	528	16	171	28	473	17	345	12	235	18	372	18	407	23	717	46	3,248
	下	12	181	17	136	26	165	18	210	14	243	15	396	14	290	25	834	50	2,455
	全体	24	1,093	27	492	50	1,210	29	1,083	33	859	24	1,036	22	960	40	2,525	72	9,258
イチゴ類	上	5	192	2	186	3	75	2	396	4	340	4	164	3	57	2	284	8	1,694
	中	5	77	3	152	4	225	3	643	3	340	3	180	3	190	3	212	7	2,019
	下	2	21	2	367	4	149	4	437	3	327	3	503	4	166	3	56	7	2,026
	全体	5	290	3	705	5	449	4	1,476	4	1,007	4	847	4	413	3	552	9	5,739
ツル類	上	8	68	5	29	12	70	6	15	7	111	6	86	11	121	8	60	21	560
	中	8	72	6	25	7	39	5	39	11	108	8	112	6	61	10	115	18	571
	下	5	18	4	24	11	35	6	24	7	137	6	258	6	130	10	296	19	922
	全体	11	158	10	78	15	144	10	78	13	356	10	456	11	312	12	471	24	2,053

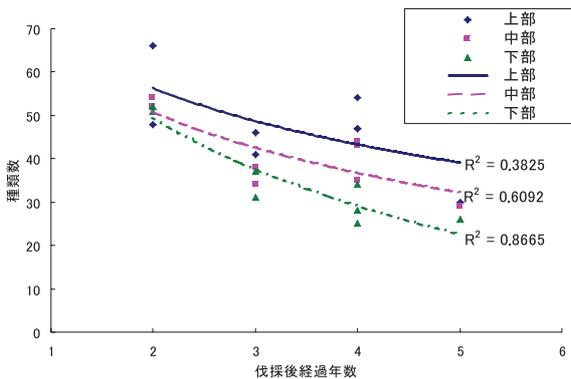


図-4 伐採後の経過年数と種類数(全樹種)

表-6 プロットあたりの高木類本数 (アカメガシワ,カラスザンショウを除く)

調査地No	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
伐採後の経過年数	4	5	2	3	4	4	3	2	
斜面上部	37	9	12	41	39	341	48	88	77
斜面中部	14	5	17	25	4	132	33	263	62
斜面下部	3	7	6	7	3	99	15	101	30

表-5 プロットあたりの高木類本数

調査地No	1	2	3	4	5	6	7	8	平均
伐採後の経過年数	4	5	2	3	4	4	3	2	
斜面上部	49	10	18	47	53	367	77	207	104
斜面中部	20	5	17	27	7	184	45	397	88
斜面下部	4	7	8	8	4	124	19	188	45

表-7 ヒノキの発生数(3プロット計)

調査地No	1	2	3	4	5	6	7	8
伐採後の経過年数	4	5	2	3	4	4	3	2
斜面上部	41	8	9	45	38	910	9	27
斜面中部	6	-	11	41	-	270	5	10
斜面下部	-	-	1	4	-	155	1	-

(2) 埋土種子の調査

採取した14の土壌はそれぞれ4方法で播種したため、発芽試験に用いたプランターは計56個である。このプランターから発生した植物のうち、木本類はタラノキ、ヒメコウゾ、ヒサカキ、タニウツギ、コガクウツギ、クマイチゴ、ナガバモミジイチゴ等で、木本類の発生個体数は総発生個体数の約9%であった。高木性の木本類は見られなかった(表 - 10, 写真 - 6)。また、発生個体数を1㎡あたりに換算すると落葉の下5cm(~ , -1, -1)には 8~600個/㎡の埋土種子数が推定された。スギ林とヒノキ林で比較すると各プロットで差はあるもののヒノキ林にはスギ林の約3倍の埋土種子が存在していた(図 - 4)。5cmずつ3段階の深さで採取した土壌を比較すると落葉の下5cmよりも、5~10cm, 10~15cmの方が埋土種子数は多かった(図 - 5)。

4方法による発芽試験の平均発生数を比較すると、多かった順に方法4の193個体、方法1の106個体、方法3の63個体、最も少ないのは方法2の38個体であった。これを1㎡あたり(5cm厚)に換算すると方法4が772個体、方法1が424個体、方法3が252個体、方法2が152個体であった(表 - 11)。



写真 - 6 埋土種子発芽状況 3群 - スギ

表 - 11 処理別の発生個体数()㎡あたりの推定値

	木本類	草本類	計
方法1	12(48)	94(376)	106(424)
方法2	1(4)	37(148)	38(152)
方法3	4(16)	59(236)	63(252)
方法4	17(68)	176(704)	193(772)

表 - 10 発芽した種及び個体数(4方法による総数)

木本類	タラノキ	ヒメコウゾ	ヒサカキ	タニウツギ	コガクウツギ	クマイチゴ	ナガバモミジイチゴ	モミジ	イチゴ	ミザサキ	不明								
34	1	4	1	12	3	7	1	1	1	1	3								
草本類	オカトラノオ	カラムシ	タチツボ	スミレ	スゲ	SP	ホトケ	クSP	オキ	リソウ	ヒヨドリ	リハ	サ	タテ	SP	アレチノギ	クツクサ	SP	
366	240	56	10	18	10	6	1	1	6	2									
	ヒメジョオン	イヌガ	ラシド	クマ	ミ	セイタカアワダ	チヨ	不明											
	1	1	1	1	1	12													

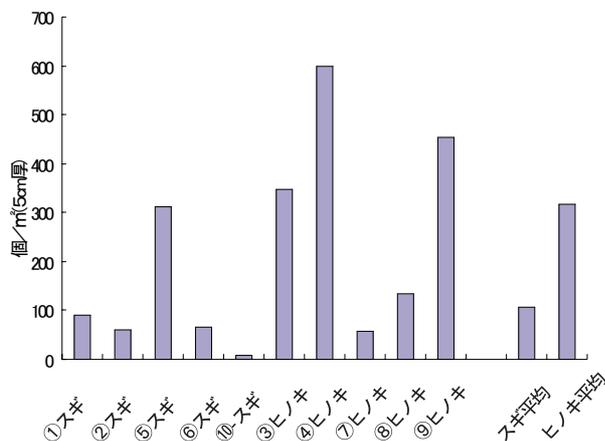


図 - 4 各プロットの埋土種子数

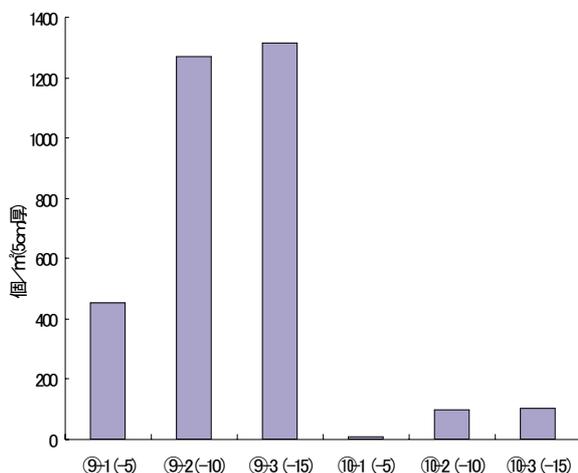


図 - 5 深さ別の埋土種子数

2. 広葉樹の人工造林試験

(1) 広葉樹数種の立地反応性試験

2002年に植栽した3樹種（ヤマザクラ、ケヤキ、ケグワ）の斜面位置別の成長には樹種ごとに特徴が見られた。ヤマザクラは根元径では下部ほど成長が大きくなり、樹高では上部が小さい傾向であった（図 - 5, 6）。ケヤキは根元径、樹高ともに上部はやや小さい傾向であった。なお、ケヤキは主幹が横に広がったり、先枯れした個体が多かったため3成長期目では平均樹高が減少した（図 - 7, 8）。ケグワは根元径、樹高ともに上部の成長量が最も小さ

く、下部よりも中部のほうが大きい傾向であった（図 - 9, 10）。

2003年に植栽した3樹種（クリ、ホオノキ、トチノキ）の斜面位置別の成長にはクリに特徴が見られた。クリは他の2樹種と異なり、根元径、樹高ともに最も成長が大きいのが中部であり、上部、下部の順であった（図 - 11, 12）。トチノキは根元径、樹高ともに下部ほど大きかった（図 - 13, 14）。ホオノキは根元径では下部ほど大きかったが、樹高では大きな差は見られなかった（図 - 15, 16）。

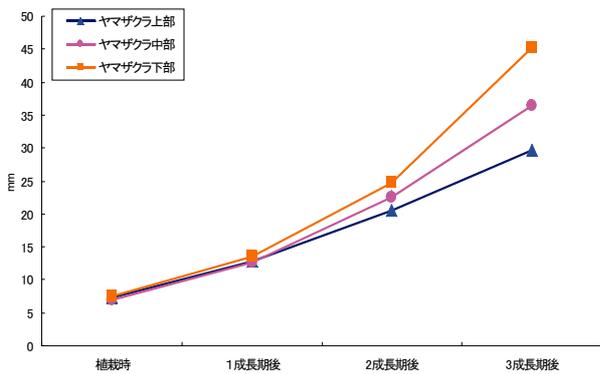


図 - 5 斜面位置別の成長(平均根元径：ヤマザクラ)

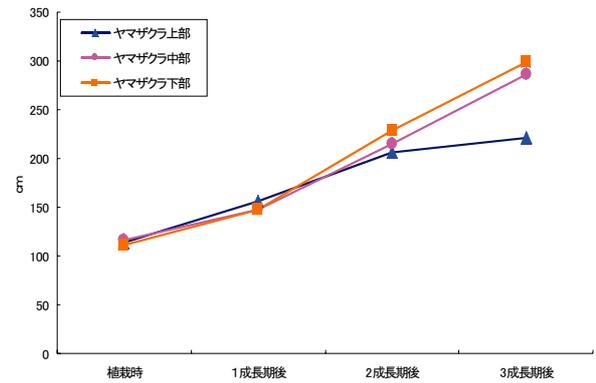


図 - 6 斜面位置別の成長(平均樹高：ヤマザクラ)

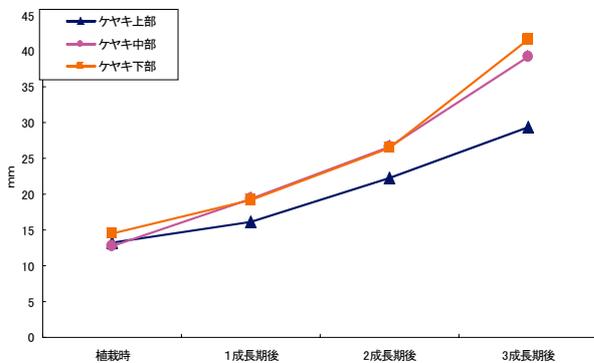


図 - 7 斜面位置別の成長(平均根元径：ケヤキ)

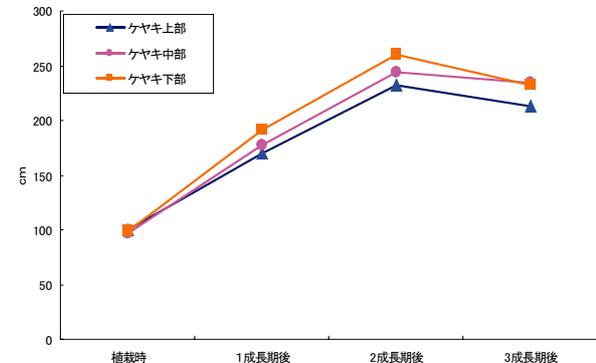


図 - 8 斜面位置別の成長(平均樹高：ケヤキ)

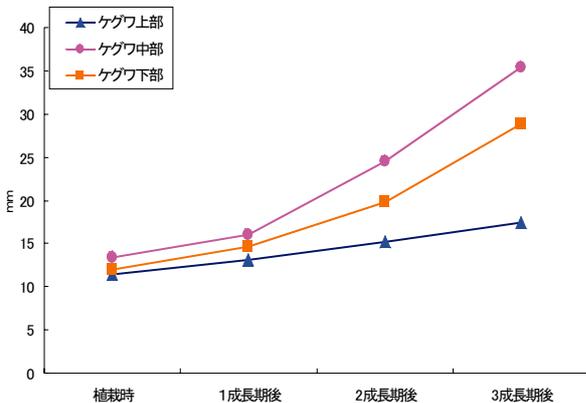


図 - 9 斜面位置別の成長(平均根元径：ケグワ)

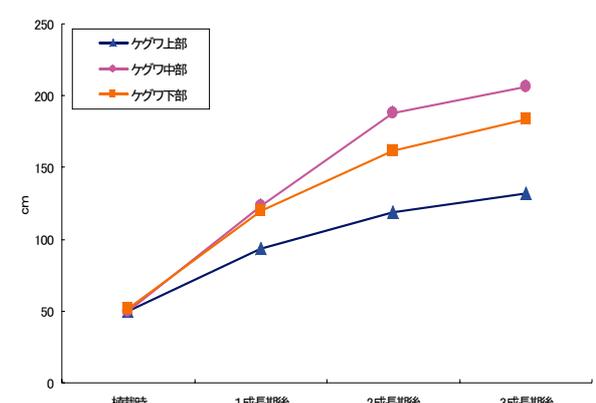


図 - 10 斜面位置別の成長(平均樹高：ケグワ)

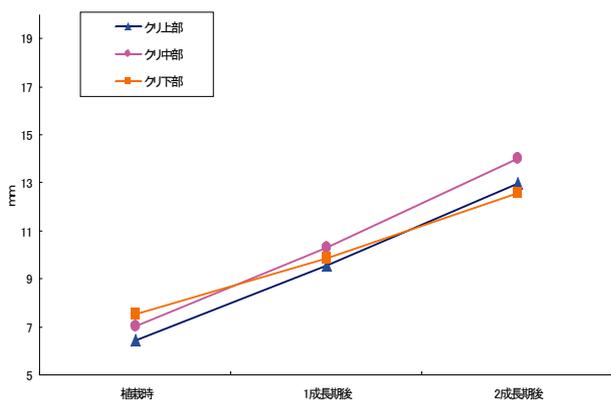


図 - 11 斜面位置別の成長(平均根元径：刈)

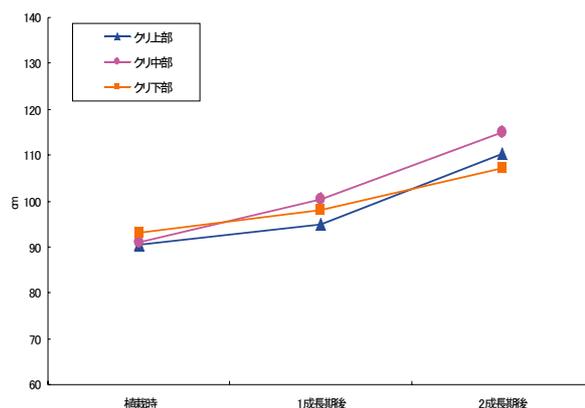


図 - 12 斜面位置別の成長(平均樹高：刈)

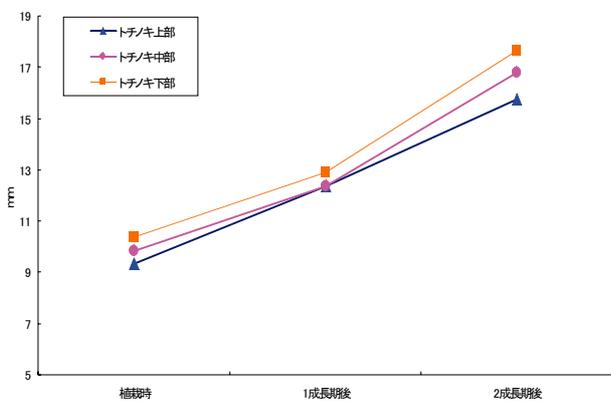


図 - 13 斜面位置別の成長(平均根元径：材)

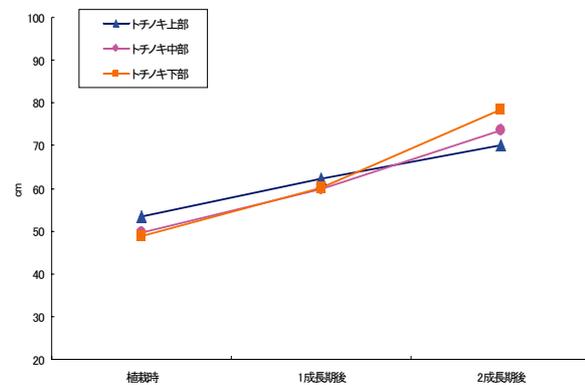


図 - 14 斜面位置別の成長(平均樹高：材)

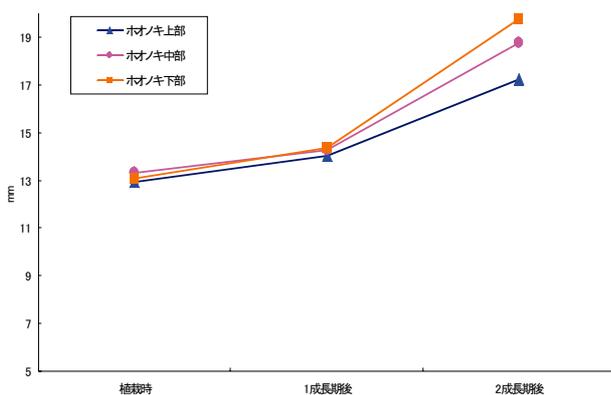


図 - 15 斜面位置別の成長(平均根元径：材)

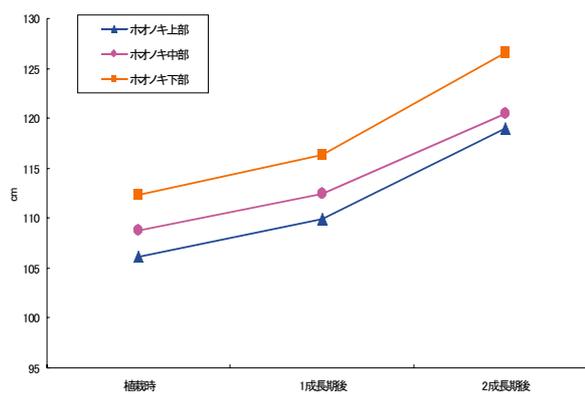


図 - 16 斜面位置別の成長(平均樹高：材)

つぎに、立地反応性試験地においてA層の深さを調査した結果、斜面下部ほど深くなっていた。平均の深さは2002年植栽地では上部が17.3cm，中部が28.0cm，下部が32.7cmであり，上部を1とすると中部は1.62，下部は1.89であった。2003年植栽地では上部が17.7cm，中部が

20.0cm，下部が23.0cmであり，同様に上部を1とした場合，中部は1.13，下部は1.30であった。2か所の斜面上部のA層の平均深さは，17.3cmと17.7cmでありほぼ等しいことから，2002年植栽地の方が上部と下部の差が大きかった(表 - 12)。

表-12 斜面位置別のA層の厚さ

田4植栽地	cm	cm	cm	cm	cm	cm
A層の厚さ	上部に対		A層の厚さ	上部に対		
	部位の平均	する割合		部位の平均	する割合	
斜面上部	20		22			
	16	17.3	15	17.7		
	16		16			
斜面中部	20		20			
	24	28.0	25	20.0	1.13	
	40		15			
斜面下部	26		20			
	30	32.7	25	23.0	1.30	
	42		24			

(2) 広葉樹とスギの混植試験

2002年に植栽した2樹種(ケヤキ, ケグワ)の中でケグワでは根元径, 樹高ともに単植より格子植えの成長が大きい傾向であった。また, 混植したスギの成長は単植よりは格子植の方が大きい傾向であった(図-17, 18)。また, 2003年に植栽した2樹種(トチノキ, ホオノキ)の成長では, 植栽方法間に明確な差は認められなかった(図-19, 20)。

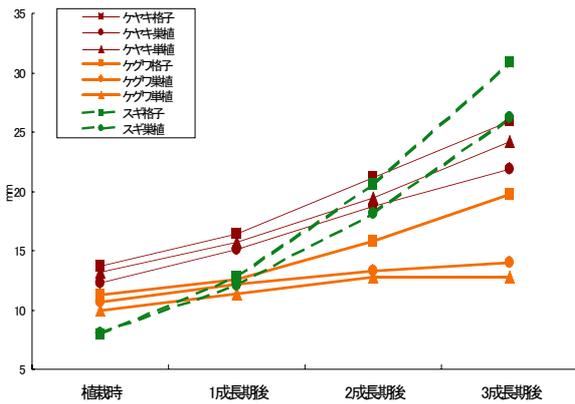


図-17 平均根元径の推移(2002植栽)

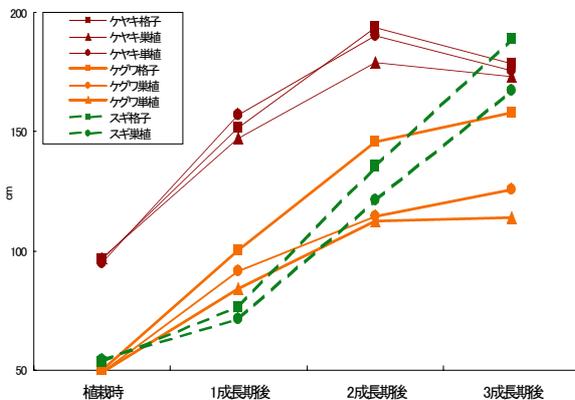


図-18 平均樹高の推移(2002植栽)

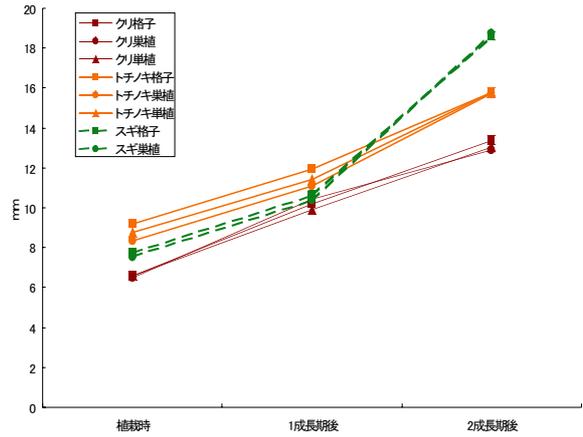


図-19 平均根元径の推移(2003植栽)

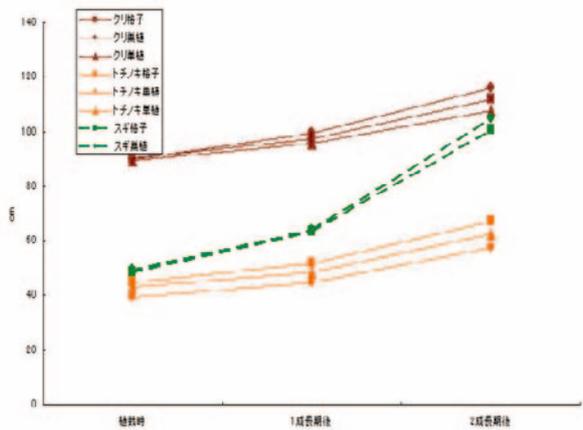


図-20 平均樹高の推移(2003植栽)

(3) 下刈り工程

広葉樹の坪刈り(手鎌)と全刈り(手鎌による広葉樹の刈り出しおよび刈払機による全刈り)を比較すると, 下刈りに必要な人工数は, 坪刈り区で約0.66人, 全刈り区は手鎌による広葉樹の刈り出し約0.61人+刈払機による全刈り約0.84人で約1.45人となった。これをヘクタールあたりに換算すると7.64人/ha, 16.78人/haとなり, 全刈りは坪刈りの約2.2倍の作業量であった。

考察

1. 人工林伐採跡地の植生回復

(1) 実態調査

今回の調査では伐採前の下層植生の状況が確認できていないため, 出現した樹種が人工林の伐採後に侵入したものか, 伐採前から存在していたものかの判断は難しいが, 少なくともアカメガシワ, カラスザンショウ, クサギ, ヒメコウゾ等, 先駆植物と呼ばれているものについては伐採後に発生したものと考えられ, 一般的に植生は

回復してきていることが明らかになった。木本類は伐採翌年から発生し、年数の経過とともに個体サイズは大型化し、斜面下部の調査地で個体サイズが大きかったことは島田(2003)の報告と同様であった。しかし、木本類の種数が年数の経過とともに減少していく傾向や斜面下部ほど木本類の種数及び個体数が少ないことが明らかになった。尾根筋には母樹となる広葉樹が残っている場合があり、重力散布型の種子は斜面上部に供給量が多いことも想定されるが、その他の木本類も斜面下部で少ないことから、草本類や成長の早い木本類(先駆植物)による被圧が大きな要因と推察された。

また、今回の調査地では一部を除き、ヒノキ伐採跡地にもかかわらず、ヒノキの稚樹が少なかった。調査地6でヒノキの稚樹が多いのは土砂の移動の少ない切株の斜面下側に密集して発生していたものであり、将来にわたり成長する個体数は少ないと考えられ、伐採後放置した林分ではヒノキの天然更新は難しいと思われた。

人工林伐採(皆伐)後の植生回復に影響を与える要因としては伐採前の林況、位置、土壌条件、ササ、クズの存在、種子、種子を散布する動物の存在(佐藤ら2003)や成育途上の植物を食害する獣類の存在などがあげられているが、今回調査した結果から、人工林伐採跡地を放置したとき、多くの木本類が発生してくるが、水分条件等の良好な斜面下部では草本類、先駆樹種やイチゴ類が大きく成長し、時間の経過とともにその種数が減少していくことが推察された。これらのことから、今後は侵入してくる高木性木本類の動向を見極め、人工植栽や保育施業の必要性及び実施時期について検討する必要がある。

(2) 埋土種子の調査

人工林の埋土種子を調査した結果、草本類が主体で木本類はきわめて少なく(約9%)、しかも高木性の木本類は認められなかった。このような傾向は五十嵐ら(2000)、酒井ら(2000)、横井ら(2005)等も認めており、皆伐によって光環境が一挙に改善されても散布距離が短い樹種の更新はほとんど期待できない(五十嵐ら2000)と考えられる。また、スギ林よりヒノキ林に、地表に近い部分よりも深い部分に埋土種子が多かったことは、ヒノキ林よりも成長速度の速いスギ林では林冠の閉鎖に伴い外部からの種子供給が早期に停止することが原因と推察された。

これらのことから、広葉樹林の造成に埋土種子を有効に活用するためには、間伐等によって林冠を疎開することによって常に種子が供給される状態にしておくことが必要である。なお、埋土種子の発芽試験で試験方法によって発芽数が大きく異なった原因として、発芽数の少なかった方法2及び方法3は-5及び2で保存したものを播種後すぐに24の順化室に入れたため、温度変化が激し

かったことが原因の一つではないかと推察された。また、方法4において発芽数が多かったのは冷湿処理の効果であると推察した。

2. 広葉樹の人工造林試験

(1) 広葉樹数種の立地反応性試験

立地反応性試験の結果から、植栽場所の条件が成長に大きな影響を与える樹種と比較的影響の少ない樹種が存在した。ほとんどの樹種では斜面下部ほど成長が大きかったが、クリでは斜面中部が最も大きかった。植栽にあたっては樹種ごとの適地の選定が重要であるといえる。なお、ケヤキの伸長成長とA層の深さは高い相関が確認されている(横井ら1995)。2002年の植栽地では斜面上部と下部のA層の深さが大きく異なっており、これが上部と下部の成長差が大きかった原因と考えられる。それに対し、2003年植栽の3樹種の成長差が少なかった原因として植栽した樹種の特性もあるが、植栽場所の上部、下部でA層の深さの差が小さかったことも影響していると考えられる。

獣類による植栽苗木への食害は新聞紙と木酢液による忌避効果のためか、全体的に軽微なものであったが、2002年の縦列植栽のケグワのみ、2004~2005年の冬期にニホンジカによるものと思われる被害(剥皮)を受け、ほとんどが枯死するか大きなダメージを受けた。隣接する場所に縦列植栽したケヤキ、ヤマザクラでは全く被害を受けていないことや混植試験区のケグワも全く被害を受けていなかったことから、ケグワのみを広範囲に植栽した場合、ニホンジカの被害を受けやすく、大きな被害になる恐れがあることが示唆された。

(2) 広葉樹とスギの混植試験

混植試験地において、2002年植栽のケグワはケグワだけを植栽した場合よりも、ケグワとスギを格子植えした方が成長が良い傾向が見られたが、植栽後の期間が短いこともあり今後の継続調査が必要である。また、混植によって生じるスギの側圧によって広葉樹の枝張りが抑制されることによる主幹部の伸長促進及び形質の向上についても調査する必要がある。

(3) 下刈り工期

坪刈りは全刈りに比べて下刈り作業の省力化という点で有効であった。広葉樹人工植栽地において下刈り作業を省略した場合、成長にやや影響はあるものの樹高成長が早い樹種では成林を阻害するものではない(横井ら2001, 2004)との報告があるが、植栽する場所と樹種により異なることが想定されるため、植栽した広葉樹の成長等にどのような影響を与えるか継続的に調査する必要がある。

結論

これらの調査結果から、人工林の伐採後に広葉樹を早

期に導入し、針広混交林を造成しようとする場合、伐採（主伐）以前に間伐等によって人工林の林冠を疎開し、広葉樹の種子が林床に到達し埋土種子となる状態にしておくことが重要である。また、林冠の疎開は、光環境を改善することで林床の広葉樹を維持することにも効果的である。この様な状態にしておくことで、針葉樹の伐採時に作業の効率上、下層の広葉樹が伐採された場合でも、萌芽更新や埋土種子の発芽によって早期の植生回復が期待できる。なお、高密度でスギ・ヒノキが成立している林分の埋土種子は地表に近い部分よりもやや深部に存在している場合があり、通常では伐採後でも発芽条件が整わない恐れがある。このため、植生回復に埋土種子を利用するためには、林地の地掻き施業が効果があると考えられる。この施業を行うことで、新たに侵入してくる広葉樹の種子の定着を促進する効果も期待できる。天然力を有効に活用し広葉樹林を造成しようとする場合、斜面上部のように多くの樹種の侵入が期待できる部位では生育を阻害する草本類や木本類を除去してやることで目的とする広葉樹の成長を促進することが可能と考えられる。水分及び土壌条件が植物の成長が良好な斜面下部では、草本類等の成長に伴い広葉樹類が早期に消失する恐れがあるため、斜面上部より早い時期に施業を行う必要があると思われる。さらに、必要に応じて、植栽場所に適した広葉樹の大苗を植栽することも検討すべきである。なお、広葉樹を植栽する場合には土壌条件を見極め、十分な成長が見込める樹種を選択する必要がある。土壌条件に適合した樹種は成長が早いことから、優良な形質を確保しやすく、下刈り等保育作業も軽減することが可能と考えられる。

広葉樹林及び針広混交林については、現在、有効な造成方法は確立されていない。しかし、平成16年の台風被害地の復旧等、広葉樹の導入などによって耐風力の高い森林を育てる必要が生じている。今後も植生回復のメカニズム及び経済性を兼ね備えた広葉樹林造成に関する調査を継続し、各種諸機能が高度に発揮される森林を低コストで造成する方法を確立する必要がある。

引用文献

- 只木良也（2000）森林環境化学 朝倉書店
 藤森隆郎（2004）森林と地球環境保全 丸善
 谷本丈夫（1990）広葉樹林の生態学 創文
 藤森隆郎・河原輝彦（1994）広葉樹林施業 全国林業改良普及協会
 酒井敦（2001）人工林皆伐が植物相に与える影響と伐採放棄地植生発達. 第112回 日林学術講:440
 北村四郎・村田源（1985）原色日本植物図鑑 保育社
 阿部剛俊（2002）ケグワの育苗と植保育の研究. 岡山県林業試験場研究報告第18号：1-14

- 石塚森吉（1998）広葉樹人工林の実行. 林業技術ハンドブック：892
 島田博匡（2003）三重県尾鷲ヒノキ林業地域における皆伐跡再造林放棄地の植生更新状況. 第114回 日林学術講 2003:483
 佐藤重穂・酒井敦（2003）鳥類による種子散布が針葉樹人工林伐採跡地の植生回復に果たす役割. 森林応用研究第12巻1号：23-28
 五十嵐哲也ら（2000）ヒノキ人工林の埋土種子集団. 第111回 日本学術講：145
 酒井敦ら（2000）林齢の異なる人工林における埋土種子の組成と分布パターン. 第111回 日本学術講：144
 横井秀一ら（2005）下層植生に乏しいヒノキ人工林の表土に含まれる埋土種子数. 中森研No.53：5-6
 横井秀一・山口清（1995）ケヤキ幼齡人工林の成長と土壌の理化学性. 43回日林中支論：55-58
 横井秀一ら（2001）ケヤキ造林地における下刈りの省略が林分構造に及ぼす影響. 岐阜県森林研報第30号：1-7
 横井秀一ら（2004）クリ造林地における下刈りの省略が成林に及ぼす影響. 岐阜県森林研報第33号：7-12

表 - 8 調査地別, 斜面位置別, 種類別の本数 (3プロットの合計値)

個体数 樹種	調査地 1			調査地 2			調査地 3			調査地 4			調査地 5			調査地 6			調査地 7			調査地 8			全体				
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中
アカマツ														27			6			4	5		1			38	5		
アカメガシワ			1	3			17	2	1	14	3	3	18	1	1	93	145	51	80	23	7	355	397	240	602	581	304		
アラカシ	1	2													2			1							4	2			
アワブキ							3	3	1				3									6	2		6	9	3		
イロハモミジ			1												2					4		1			6	1	1		
エノキ	2	1													1	2	5			1					3	4	5		
オニグルミ	3	3																						1	3	3	1		
カナクギノキ							1	2	1	9	2												25	45	15	35	49	16	
カラスザンショウ	14	8	1				3		4	3	1	26	3	1	14	10	23	8	14	6	4	5	23	72	41	58			
キハダ	1																			1	1	3	7	2	4	8	3		
クマノミズキ															2	1	3	1	3	1	2	8	5	5	12	9			
クリ				1	1		2			9	4	4	6		1	3	2	3	3	1	5	1			27	12	7		
ケヤキ	1																				16	209	63	17	209	63			
コシアブラ				8		2	1	1	1	5	4	3	10	2					1		2			25	9	6			
コナラ	2						2	4		1		1	10	2										88	27	13			
シラカシ							1			1					2										4				
シロダモ	3	8	1				1	1					1		1	2	2	1					1	6	12	4			
スギ	6	1	2						1				1		7	52	3				1			10	10	54			
ネムノキ	2	2								7	3		1	1	66	87	69	65	75	40	123	478	172	264	646	281			
ヒノキ	41	6		8			9	11	1	45	41	4	38		910	270	155	9	5	1	27	10		1,087	343	161			
ミズキ		2		7		2	12	7		3		3	3											13	14	12			
ヤマグワ	40	11	5	2	5	16	2	4	4	1		1		5	5		1			16	4	38	61	30	69				
ヤマザクラ	1	2			1		4	4		16	8	2	12	1	4	1	1		1	2	20	8		55	27	6			
リョウブ					7		3	6		25	14	3	1		2	2				27	3			58	32	3			
種数	14	13	5	6	4	3	13	12	8	13	9	9	12	9	4	15	13	10	13	11	7	16	15	13	24	23	21		
個体数計	139	57	10	29	14	20	49	51	20	139	80	24	155	17	11	1,122	548	372	227	135	57	633	1,184	565	2,493	2,086	1,079		
アオキ	97	138	81		25		3	1									1	3	1	14				103	140	121			
アブラチャン													6	3							8	1		8	7	3			
イソノキ								1	2				3	1							2			5	2	2			
イヌガヤ			1				3	19	1												7			10	19	2			
イヌザンショウ	2											1	2			4	2	27	12	7	5	5	8		25	17	33		
イヌツゲ					2					31	9	9	8		19	13	1	74	8	1				132	32	11			
ウツギ				1		4	2	1				1									1			4	1	5			
エゴノキ	2									10	9	2	4	3	9	18	23	9	16	20	8	7	31	23	57	86	51		
ガマズミ			3			2			3						2			23	2					25	5	13			
カマツカ				5	2		5		3	2					3	1								15	3	3			
キフシ	11	26	4		3		8	10	1			2		5	12	5	2	19				1	6	24	47	46			
クサギ	25	29	17	6		2	1	2	2	2	2	4	20	91	164	4	2	67	2	27	59	17	61	229	77	214	544		
クロモジ	13	10	1	30	55	24	127	179	41	165	103	89	95	23	18	56	41	12	54	53	20	8	11	4	548	475	209		
コガクウツギ					1		238	126	10	133	58	41	1		9	175	53	2	54		133	1	1	516	415	105			
コバノガマズミ				4	5	2	35	10		7	2	12	9										9	55	17	23			
コマユミ				2				1		2									3					7	1				
サンショウ			4			1			1				3	1	1						4	6	7	7	11	10			
スノキ							1	2				1	1		1									3	2	1			
ソヨゴ				1			2	1			1		8						4				4	15	6				
タニウツギ	1			9		5	14	22	10	68	43	19	1		22	5	41	3	12	57	43	6		161	88	132			
タラノキ	23	19		16	3	7	8	8	6	16	23	12	33	27	4	19	10	66	38	110	63	181	121	13	334	321	171		
タンノウバイ	1						1																	2	2		2		
タンナサワフタギ							4						1								2			5	2				
ナツハゼ				2	2					1	6	1				1								4	8	1			
ナワシログミ			1				4			1	3		1		9	1		2	1				4	4	17	6			
ニワトコ	3	2	1		1	4								4			2		2	3			4	3	3	9	17		
ヌルデ	3	1		44	1	2	4	1	2	5	4		27		1	28	34	65	14	52	29	415	392	206	540	485	305		
ハナイカダ	25	18	10			5	2	10	4			2	2										1	29	28	22			
ヒサカキ				2	2			15	1	14	34		9		9	10		4	9		1	1		39	71	1			
ヒメコウゾ	97	94	15	17	69	35	3	5	2			2	87	71	11	7	11	1	6	16	49	24	77	265	276	158			
ミツマタ	62	168	36					5	14						8								1	194	62	174	252		
ミヤマガマズミ							1						1		2						1			3	3	2			
ムラサキシキブ	7	10		3	7	3	12	25	19	11	3	2	25	5	3	4	3		2	1	1	44	11	1	108	65	29		
ヤブコウジ	12																				43		3	55		3			
ヤブムラサキ							37	7	3				11								2			48	9	3			
ヤマウグイスカグラ										1			1	1	4									1	2	4			
ヤマウコギ								1																2		3	2		
ヤマウルシ	3			12	2	7	11	6	7	2	1		3						2			1		28	15	14			
ヤマハギ				26	2	1	5	6		12	43		14		10	44	33	21	5	40	12	2	1	108	124	45			
ヤマブキ	1		10																				24	23	25	33			
種数	16	16	11	16	15	16	23	25	19	17	17	17	25	11	14	18	16	15	18	18	14	19	21	20	38	37	37		
個体数計	384	528	177	180	157	129	527	468	132	482	345	208	370	234	243	259	370	396	262	407	290	971	713	809	3,435	3,222	3,384		

表 - 9 調査地別, 斜面位置別, 種類別の平均樹高 (3プロットの平均値) (cm)

平均樹高 樹種	調査地 1			調査地 2			調査地 3			調査地 4			調査地 5			調査地 6			調査地 7			調査地 8			全体			
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
アカマツ													43			4			9	4		4			32	4		
アカメガシワ	122	136	222	31			40	70	80	66	58	100	37	85	171	41	49	47	103	103	95	65	70	101	67	67	92	
アラカシ	36	88														67			88						65	88		
アワブキ							68	47	62				51									70	42	60	62	49		
イロハモミジ			55													130						24	5	59	55	5		
エノキ	69	41														8	22	22		51					49	34	22	
オニグルミ	62	136																						66	62	136	66	
カナクギノキ							80	55	82	70	49											32	39	68	43	40	69	
カラスザンショウ	173	155	100				48		61	55	22		99	141	69	39	44	37	69	131	102	41	69	96	91	105	70	
キハダ	43																			128	122	32	66	23	35	75	56	
クマノミズキ																36	5	46	146	93	103	39	43	30	59	52	43	
クリ				201	213		150			128	17	194	44			49	41	67	154	170	144	31	62	96	81	151		
ケヤキ	199																					25	17	19	35	17	19	
コシアブラ				71		10	48	57	24	111	86	99	77	45				64				88		80	74	57		
コナラ	27						25	41		52		177	75	122								11	8	8	30	35	29	
シラカシ							73			32						59									56			
シロダモ	48	54	20				35	11							140	34	69	80	101					29	52	60	52	
スギ	30	45	22					25							10		10	11	76			6			41	15	11	
ネムノキ	78	161								33	46		48	99		13	14	19	19	22	18	22	35	85	20	31	59	
ヒノキ	19	29		86			11	29	7	57	48	27	18			9	11	12	77	33	122	19	8		13	17	13	
ミズキ		101		178		259		27	53	80		227	37												123	38	131	
ヤマグワ	91	119	162	53	172	135	25	36	85	106	125		85	132		5						38	31	73	74	96	100	
ヤマザクラ	157	177			176		48	67		135	114	134	45	108	68	40	140		53	131		95	101		92	112	90	
リョウブ					226		86	98		120	106	208	142			65	67					40	60		79	124	208	
アオキ	47	55	51		57		37	25										40	29	32	39				46	55	51	
アブラチャン														85	116							28	70		28	83	116	
イソノキ								92	60				77	38								55			68	65	60	
イヌガヤ			70				26	30	20													41			37	30	45	
イヌザンショウ	89											29	36			14	4	11	51	44	43	44	27		46	31	16	
イヌツゲ					130					37	34	45													39	43	42	
ウツギ				206		90	80	95				148	21			43	34	9	40	44	47	65			108	95	102	
エゴノキ	65									94	98	157	87	87	95	46	48	46	106	99	91	39	49	46	74	67	66	
ガマズミ		104			166				102			140				10			70	78					65	94	135	
カマツカ				138	158		72		86	96						113	123								105	146	86	
キブシ	106	87	132		198		55	54	94			69			71	83						52		49	87	76	84	73
クサギ	120	165	199	43	24		28	61	29	19	158	262	69	124	131	51	24	63	71	85	114	49	69	134	76	108	124	
クロモジ	79	113	70	90	127	120	60	62	70	63	67	105	69	86	94	79	73	30	105	70	68	47	50	75	71	74	90	
コガクウツギ					60		69	75	61	92	80	89	103			44	75	50	101	113		72	103	98	75	81	67	
コバノガマズミ				123	165	82	54	80		104	50	98	93											64	72	101	83	
コマユミ				17				36		55									57						45	36		
ザンショウ		50				223			58				20	10	102							38	21	11	30	31	46	
スノキ							20	19				61	43			18									27	19	61	
ソヨゴ				213			29	70			65		43					72				15			60	33		
タニウツギ	48			124		131	91	86	113	65	78	138	71			57	57	28	63	91	106	40	38		63	78	88	
タラノキ	112	180		61	102	190	31	32	90	42	59	155	42	69	63	18	25	42	52	66	66	53	48	21	53	64	65	
ダンコウバイ	30						51																	87	41		87	
タンナサワフタギ							62						108									82			71	82		
ナツハゼ				51	50					100	42	85				17									55	44	85	
ナウシログミ			140					66		29	50		117				50	60	63	34				28	68	53	52	
ニフトコ	152	128	65		50	126									227			21				101	157		152	89	145	
ヌルデ	125	51		28	236	16	19	108	35	36	24		40		33	21	30	29	32	22	36	21	28	95	24	28	74	
ハナイカダ	71	75	99		88		81	49	85			81	24											58	68	66	90	
ヒサカキ				115	146			47	44	39	68		41			41	42		86	32		67	80		49	58	44	
ヒメコウゾ	109	112	173	51	97	95	43	26	38			80	37	68		26	23	35	19	26	66	34	34	71	63	84	83	
ミツマタ	87	102	119					80	82															49	87	101	53	
ミヤマガマズミ							120						142									11			91		29	
ムラサキシキブ	124	102		144	160	162	64	77	99	104	115	209	94	124	211	92	102		175	250	246	86	64	70	93	97	129	
ヤブコウジ	8																					4		7	5		7	
ヤブムラサキ							67	66	71				82										145		70	84	71	
ヤマウグイスカグラ										73			63	129	49										63	101	49	
ヤマウコギ	164							31																103		120	103	
ヤマウルシ	152			93	178	108	55	59	49	131	110		50						56			28			76	94	79	
ヤマハギ				80	103	47	91	54		70	79		56		97	27	49	43	52	82	70	27	113		52	71	64	
ヤマブキ		185	160																				43	48		49	82	