

〈論文〉

クヌギ大苗の人工造林に関する研究

橋詰隼人*・韓 海栄**

A study on Forestation Using Large - Size
Quercus acutissima Seedlings

Hayato HASHIZUME* and Hairong HAN**

Summary

Forestation of *Quercus acutissima* C_{ARR.} using 1~4 year old large size seedlings was studied over a period of 4 years. The results obtained in this study are as follows :

Seedlings of 80~120cm in height all survived after planting, but the survival rate decreased for large seedlings above 150cm in height. Three types of seedling death were recognized : the death of whole seedlings, the death of seedling tops and the death of the upper half of seedlings. The survival rate of large size seedlings was increased by the cutting treatment of the stem after planting.

The growth of height and diameter in intact planted trees 4 years after planting was best in 2-year-old root-branching seedlings of 120 cm height. The elongation growth of intact planted trees became active three years after planting. The elongation of sprouts in stem-cut planted trees was most vigorous in the early stage of planting. The growth of planted trees was promoted by manuring with fertilizer of IBDU plastic operation. The manuring effect continued for 3 years.

Two years after planting, snow damage occurred with a snowfall of about 90cm. The kinds of snow damages comprised mainly stem break, stem bend, branch break, branch fall-out, etc. Sprout shoots of stem-cut planted trees were injured more by snow compared with intact planted trees. The percentages of normal growth trees 4 years after planting were 60~87%. One and two year root-branching seedlings of 110~120cm in height, and 4 year stem-cut seedlings at 100cm above ground level formed a high percentage of healthy trees.

Judging from their survival rate, snow damage and growth after planting, it was concluded that 2 year old transplanted seedlings of 100~120cm in height were most suitable for planting *Q. acutissima* in heavy snow areas.

* 鳥取大学農学部農林総合科学科森林生産学講座 : *Department of Forestry Science, Faculty of Agriculture, Tottori University*

** 鳥取大学連合農学研究科 : *The United Graduate School of Agricultural Science, Tottori University*

I 緒 言

クヌギはシイタケ原木に最も適した樹種で、良質のきのこを生産することができる。最近林業の不振から特用林産物の栽培が奨励されており、シイタケ生産県ではクヌギの造林に力を入れている。クヌギは陽樹で耐陰性が弱く、また実生苗の根系は通常大きな杭根が1本発生して副根・細根が少なく、山出しの際に根を切りつめて植栽すると植栽後の活着が悪く、特に大苗の植栽では枯損率が高いといわれている。また小苗を植栽すると雑草木に被圧されて枯死することが多く、下刈りの際に誤って刈り払うこともある。クヌギの山出苗の大きさは造林者によってかなり異なっている。九州の各県では当初1年生苗の造林が行われていたが成績が悪く、最近では2年生大苗の造林が奨励されている^{8, 15-17)}。特に篤林家は苗高1.5m以上の超大苗を植栽して好成績を取めている^{9, 10, 13)}。大苗造林は下刈り等の手入れが省力化でき利点が多いが、幹枯れを生じ活着率が低下することがある⁷⁾。大分県の林家の中には台切り造林と称して超大苗の幹を地上20~30cmで切断して植栽しているが¹³⁾、これは活着を促進するために考え出された方法である。クヌギの人工造林に関する試験は多いが、苗木の種類・大きさ別の植栽試験や断幹造林法などについて試験したものはない。また人工造林の事例についても施肥試験が中心で、苗木の種類による生育特性の違いや各種被害などを細かく調べたものはない。クヌギは耐雪性が弱く、多雪地でクヌギ造林を実行する場合にはいろいろな問題が生じる。筆者らは民間の篤林家から苗木の提供を受け、苗木の種類・大きさ別植栽試験および断幹造林法について試験し、多雪地におけるクヌギ造林の施業法を検討した。本稿では4年間の調査結果をとりまとめて報告する。

本研究に際し、苗木を提供して下さった鹿児島県田代町迫 森竹氏および試験地設定にご協力いただいた鳥取大学蒜山演習林の元技官福富 章氏、現技官福富正昭氏、松原研一氏に対し深く感謝の意を表す。また試験用肥料を提供していただいた菱化農芸株式会社大阪営業所に対し厚くお礼を申し上げる。

II 材料および方法

1 試験地の概況

鳥取大学蒜山演習林(岡山県真庭郡川上村)第6林班(標高650m)のアカマツ林を伐採して試験地を設定した。この場所は平坦地で、土壌は黒色火山灰土Bl_{b(c)}型である。A層は3~4cm、A層は黒色で深さ45cm、上部はやや団粒状、下部は堅果状構造である。B層は黄褐色で50cm以上あり、堅果状構造である。クヌギ造林木の根は植栽4年後に地下60cmまで伸長していた。

2 供試苗木

植栽に用いた苗木の種類、規格、植栽本数などを表1に示した。1年生分岐根苗(苗高80cmと110cm)、1回床替2年生分岐根苗(苗高80cm、120cmおよび150cm)、無床替2年生分岐根苗(苗高170cm)および無床替4年生杭根苗(苗高170cm)の7種類の苗木を用いた。分岐根苗は鹿児島県田代町迫

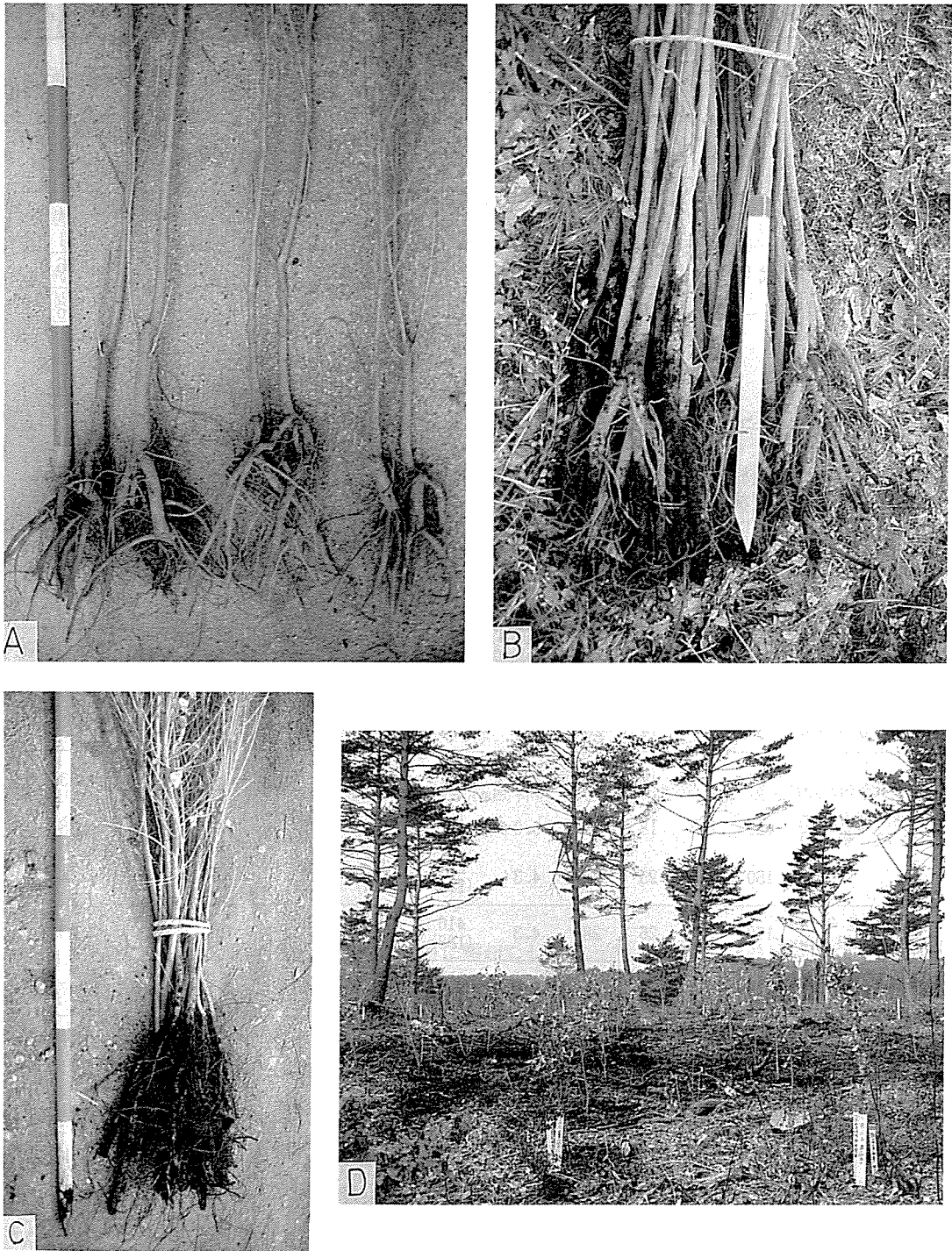


写真1 供試苗木と造林地の状況

A : 1 回床替 2 年生分岐根苗。左より大苗 (苗高150~160cm), 中苗 (苗高100~130cm), 小苗 (苗高70~100cm)。B : 無床替 2 年生分岐根大苗 (苗高170~180cm)。C : 無床替 4 年生杭根苗 (苗高150~180cm)。D : 造林後の状況。A, B は鹿児島県田代町産, C は蒜山演習林産。

表1 苗木の種類と植栽本数

苗木の生産地	苗木の種類	規 格		断幹高 (cm)	植栽本数
		苗高 (cm)	地際直径 (mm)		
鹿児島県田代町	1年生分岐根苗	80	12	—	24
		110	18	—	25
	1回床替2年生分岐根苗	80	12	—	24
		120	20	—	51
		150	18	—	26
	無床替2年生分岐根苗	170	25	—	26
	無床替2年生分岐根苗	170	25	30	8
				50	8
				100	8
	岡山県川上村 鳥取大学蒜山演習林	無床替4年生杭根苗	170	20	30
50					20
100					30
無断幹					21

表2 植栽に用いたクヌギ苗木の形質

苗木の種類	規格 (苗高) (cm)	苗高 (cm)	地際 直径 (mm)	根長 ¹⁾ (cm)	主根数 (本)	苗 重 ²⁾ (g)			比較苗高 (H/Do)	T/R率	側根・細 根の割合 ³⁾ (%)
						地上部	地下部	計			
1年生分岐根苗	100	95	14	20	4.8	(32)	(50)	(82)	68	(0.64)	—
1回床替2年生 分岐根苗	80	84	16	20	4.7	48 (19)	55 (35)	103 (54)	53	0.87 (0.54)	33.7
	120	122	18	26	5.0	103 (60)	144 (79)	247 (139)	68	0.72 (0.76)	28.9
	150	156	25	25	4.3	214 (118)	227 (114)	441 (232)	62	0.94 (1.04)	34.4
無床替2年生 分岐根苗	170	167	26	28	4.3	416 (188)	276 (142)	692 (330)	64	1.51 (1.32)	8.4
無床替4年生 杭根苗	170	170	19	27	1.0	189 (105)	155 (73)	344 (178)	89	1.22 (1.44)	7.5

備考：1) 根長は切断部分までの長さである。2) ()内は乾重量を示す。3) 主根に対する側根・細根の割合を示す。4) 調査本数は各種類とも5本である。

森竹氏の養成した苗木で、苗畑に播種する前に催芽発根させ、幼根が5、6cmに伸長したとき基部を2～3cm残して先端部をつみ取って播種し、主根の分岐した苗木を養成している^{2), 7)} (写真1)。杭根苗に比べて根の量が多く、植栽後の活着および初期成長が良好であるといわれている²⁾。4年生杭根苗(直根苗)は鳥取大学蒜山演習林の苗畑で養成したもので、播種後床替え、根切りなどを行わず太い杭根が1本発生している。それぞれの苗木の形態を表2に示した。分岐根苗は植栽の直前に鹿児島県から蒜山演習林へ送られてきたもので、主根が平均4～5本分岐し、根は20～27cmに切断している。蒜山演習林産の4年生杭根苗は主根が1本で、根は平均27cmに切断して植栽に用いた。1回床替2年生分岐根苗は無床替苗に比べて側根・細根の割合が大きく、品質の良い苗木である。

表3 施肥設計

苗木の種類	規格 (苗高) (cm)	肥料の種類	1本あたり 施用量	1本あたり施肥成分量 (g)			
				窒素	リン酸	カリウム	マグネシウム
1年生分岐根苗	80~110	〔 複合ウッドエース4号 複合ウッドエース	30個	54	27	27	9
1回床替2年生分岐根苗	80~120		15個	52	4.5	—	—
無床替2年生分岐根苗	150~170	〔 複合ウッドエース4号 複合ウッドエース	40個	72	36	36	12
			20個	69	6	—	—
無床替4年生杭根苗	170	〔 複合ウッドエース4号 複合ウッドエース	40個	72	36	36	12
無床替4年生断幹苗	30~100		20個	69	6	—	—

備考：複合ウッドエース4号 $N-P-K-Mg=12-6-6-2$ (%)
複合ウッドエース $N-P=23-2$ (%)

3 植栽方法

苗木の植栽は1988年4月21日に行った。植栽間隔を1.8mとし、植穴掘機で直径20cm、深さ30cmの植穴を掘り植え付けた。植栽後、苗木の周囲に深さ10cmの溝を環状に掘り施肥した。施肥設計は表3のとおりで、三菱化成工業の緩効性肥料、複合ウッドエース4号 ($N-P-K-Mg=12-6-6-2$, %) を苗木1本あたり30~40個、複合ウッドエース ($N-P=23-2$, %) を1本あたり15~20個施肥した。1種類の苗木の植栽本数は21~51本で、施肥試験ではそれを3区分して複合ウッドエース4号区、複合ウッドエース区 (以下ウッドエース4号区、複合ウッドエース区と呼ぶ) および無施肥区の3区を設けた。供試苗木が少なく、また平坦地であったので、繰り返し区は設けなかった。

苗高170cmの大苗の造林試験では、植栽後地上30cm断幹区、地上50cm断幹区、地上100cm断幹区および無断幹区の4区を設けて試験した。

4 保 育

植栽後毎年7月に下刈りを行った。また5月に雪起こしを行った。雪害木については台切り、萌芽枝の整理、樹形調整などを行った。枯損跡地には大苗を補植した。

5 調査方法

植栽時およびその後4年間毎年5月と11月に植栽木の樹高、地際直径および伸長量を測定し、さらに雪害、鼠害、病虫害などの被害状況を調査した。クヌギの主軸の伸長成長は、頂芽が主軸に発達せず、下部の偽頂芽が伸長して主軸になる場合がある。また雪害等により主軸の先端部が折れることがあり、11月の樹高と翌年5月の樹高とが必ずしも一致しない。したがって、樹高の経年変化は毎年11月の測定値を用い、各年度の主軸の伸長量は5月から10月までの伸長量を測定して求めた。表6~8の伸長量は実測値で、当年11月の樹高から前年11月の樹高を差引いた値ではない。

III 結 果

1 造林木の活着および萌芽発生

植栽の翌年に苗木の活着、枯死および萌芽の発生状況を調査した結果を表4、5に示した。無断幹苗木のうち、苗高80~120cmのものは100%活着し、幹枯れもわずかであった。しかし、苗高150cm以上の大苗は活着したが幹枯れが多く生じた。鹿児島県産の無床替2年生170cm苗では幹枯れが69%も発生し、健全活着木はわずか31%にすぎなかった。蒜山演習林産の4年生苗木根苗(苗高170cm)は活着率86%で、14%が全枯れした。鹿児島県産大苗の活着が悪かった理由はよくわからないが、遠距離の輸送が関係しているのかも知れない。

苗木の枯死形態には、全枯れ型(地上部、地下部ともに枯死)、地際枯れ型(地上部のみ枯死し、根は生きている)および上半枯れ型(苗木の上半部が枯死)の三つのタイプがみられた。地際枯れ型では地際部から萌芽が発生した(写真2)。上半枯れ型では幹下部の生存部から幹萌芽が発生し、また地際萌芽が発生するものもあった(写真2)。萌芽発生率は、2年生分岐根150cm苗では地際萌芽3.8%、幹萌芽11.5%であった。2年生分岐根170cm苗では、地際萌芽19%、幹萌芽27%、両方23%の発生率であった。地際萌芽は1本の苗木から平均3~3.8本発生した。幹萌芽は1本の苗木から8~9

表4 無断幹苗木の活着および萌芽発生状況(植栽の翌年の調査)

苗木の種類	規格 (苗高) (cm)	植栽 本数	活着率 (%)	健全 木率 (%)	枯 死 率 (%)			萌 芽 発 生 率 (%)			萌芽発生数 (本/苗木)		萌芽発生高 (地上高)(cm)		
					全枯れ	地際 枯れ	上半 枯れ	地際 萌芽	幹萌芽	両方	地際 萌芽	幹萌芽	地際 萌芽	幹萌芽	
1年生分岐根苗	80~110	49	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
1回床替2年生 分岐根苗	80	24	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
	120	51	100	98	0	2.0	0	2.0	0	0	3.0	0	0	-	-
	150	26	96	81	3.8	3.8	11.5	3.8	11.5	0	3.0	8.3	0	8~25	
無床替2年生 分岐根苗	170	26	100	31	0	19.2	50.0	19.2	26.9	23.1	3.8	8.6	0	20~46	
無床替4年生 杭根苗	170	21	86	86	14.3	0	0	0	0	0	0	0	-	-	

備考：1~2年生分岐根苗は鹿児島県産、4年生杭根苗は鳥大蒜山演習林産である。

表5 断幹苗木の活着および萌芽発生状況(植栽の翌年の調査)

苗木の種類	断幹高 (cm)	植栽 本数	活着率 (%)	健全 木率 (%)	枯 死 率 (%)			萌 芽 発 生 率 (%)			萌芽発生数 (本/苗木)		萌芽発生高 (地上高)(cm)	
					全枯れ	地際 枯れ	上半 枯れ	地際 萌芽	幹萌芽	両方	地際 萌芽	幹萌芽	地際 萌芽	幹萌芽
無床替2年生 分岐根苗	30	8	100	75	0	12.5	12.5	12.5	75.0	12.5	3.0	10.2	0	7~27
	50	8	100	50	0	37.5	12.5	37.5	62.5	0	3.0	10.0	0.5(0-3)	11~37
	100	8	100	25	0	62.5	12.5	62.5	25.0	12.5	3.8	18.0	1.5(0-7)	20~95
	無断幹	26	100	31	0	19.2	50.0	19.2	26.9	23.1	3.8	8.6	0	20~46
無床替4年生 杭根苗	30	20	100	100	0	0	0	0	95.0	5.0	3.0	7.9	0	15~27
	50	20	90	90	10.0	0	0	0	90.0	0	0	12.8	-	26~48
	100	30	100	100	0	0	0	0	86.7	0	0	12.3	-	41~85
	無断幹	21	86	86	14.3	0	0	0	0	0	0	0	-	-

備考：2年生分岐根苗、4年生杭根苗ともに苗高170cmの大苗である。



写真2 植栽木の枯死と萌芽発生の状況

A：幹全枯れ，地際萌芽発生。B：幹半枯れ，幹萌芽発生。（植栽年の9月）

本発生し，地上8～46cmの広い範囲にみられた。

断幹苗木では，2年生分岐根苗は各区とも100%活着した。しかし，地際枯れ，上半枯れが多く発生し，健全活着木率は無断幹区で31%，断幹区で25～75%であった。4年生杭根苗では，活着率は無断幹区86%，断幹区90～100%であった。2年生分岐根苗は健全木率が低かったが，30cm断幹区では健全木率が75%で無断幹区の2倍以上に増加している。4年生杭根苗でも断幹区の方が健全木率が高く，大苗の断幹造林法は活着促進に効果があるといえる。地際枯れ木では地際萌芽が発生し，上半枯れ木では幹萌芽が発生した。地際萌芽は苗木1本当たり平均3～4本発生した。幹萌芽は2年生分岐根苗では平均10～18本，4年生杭根苗では平均8～13本発生した。幹萌芽の発生位置は，30cm断幹区では地上7～27cm，50cm断幹区では地上11～48cm，100cm断幹区では地上20～95cmの位置であった。幹の上部から発生したものが優勢萌芽に発達した（写真4）。断幹高が高くなるにしたがって萌芽の発生位置と優勢萌芽の位置が高くなった。

2 造林木の成長

植栽後4年間の苗木の種類別樹高および直径成長の経過を表6に示した。無断幹造林木の植栽から4年後の平均樹高は，2年生120cm苗>2年生150cm苗>4年生170cm苗>1年生110cm苗>2年生170cm苗>2年生80cm苗>1年生80cm苗の順であった。4年間の合計伸長量は，2年生120cm苗>1年生

表6 苗木の種類別樹高および直径成長の経過

苗木の種類	規格 (苗高)	調査 本数	樹 高 (cm)					伸 長 量 (cm)				計	地 際 直 径 (cm)				
			植栽時	1年後	2年後	3年後	4年後	1年目	2年目	3年目	4年目		植栽時	1年後	2年後	3年後	4年後
1年生分岐根苗	80cm	18	77 (100)	86 (112)	116 (151)	167 (217)	212 (275)	19 (100)	40 (211)	59 (311)	53 (279)	171	0.8 (100)	1.2 (150)	2.0 (250)	2.8 (350)	3.7 (463)
	110cm	21	105 (100)	114 (109)	158 (150)	224 (213)	280 (267)	25 (100)	47 (188)	74 (296)	68 (272)	214	1.2 (100)	1.6 (133)	2.7 (225)	3.8 (317)	4.9 (408)
2年生分岐根苗	80cm	18	82 (100)	84 (102)	124 (151)	177 (216)	240 (293)	24 (100)	44 (183)	56 (233)	77 (321)	201	1.0 (100)	1.3 (130)	2.3 (230)	3.3 (330)	4.0 (400)
	120cm	45	121 (100)	134 (111)	169 (140)	246 (203)	297 (245)	32 (100)	53 (166)	79 (247)	57 (178)	221	1.7 (100)	2.1 (124)	3.3 (194)	3.6 (212)	5.6 (329)
	150cm	18	133 (100)	150 (113)	184 (138)	244 (183)	294 (221)	24 (100)	57 (238)	73 (304)	58 (242)	212	1.7 (100)	2.0 (118)	3.3 (194)	4.5 (265)	5.7 (335)
2年生分岐根苗	30cm断幹	6	30 (100)	73 (243)	148 (493)	210 (700)	252 (840)	58 (215)	83 (193)	68 (124)	49 (84)	258 (141)	2.4 (100)	2.7 (113)	3.6 (150)	4.5 (188)	5.4 (225)
	50cm断幹	6	50 (100)	86 (172)	141 (282)	196 (392)	246 (492)	64 (237)	65 (151)	82 (149)	61 (105)	272 (149)	2.1 (100)	2.3 (110)	3.2 (152)	4.2 (200)	5.2 (248)
	100cm断幹	6	100 (100)	98 (98)	152 (152)	191 (191)	235 (235)	66 (244)	58 (135)	62 (113)	56 (97)	242 (132)	2.2 (100)	2.3 (105)	2.9 (132)	3.8 (173)	4.4 (200)
	170cm無断幹	17	176 (100)	177 (101)	173 (98)	224 (127)	261 (148)	27 (100)	43 (100)	55 (100)	58 (100)	183 (100)	2.1 (100)	2.4 (114)	3.2 (152)	4.4 (210)	5.2 (248)
4年生杭根苗	30cm断幹	15	30 (100)	80 (267)	125 (417)	185 (617)	239 (797)	56 (373)	51 (170)	69 (130)	57 (98)	233 (149)	2.1 (100)	2.2 (105)	2.8 (133)	3.6 (171)	4.4 (210)
	50cm断幹	13	50 (100)	86 (172)	135 (270)	195 (390)	240 (480)	44 (293)	56 (187)	68 (128)	47 (81)	215 (138)	2.1 (100)	2.4 (114)	3.2 (152)	4.1 (195)	5.1 (243)
	100cm断幹	30	100 (100)	126 (126)	171 (171)	230 (230)	286 (286)	43 (287)	48 (160)	64 (121)	57 (98)	212 (136)	2.4 (100)	2.6 (108)	3.5 (146)	4.4 (183)	5.3 (221)
	170cm無断幹	17	152 (100)	147 (97)	170 (112)	225 (148)	261 (172)	15 (100)	30 (100)	53 (100)	58 (100)	156 (100)	2.0 (100)	2.2 (110)	3.1 (155)	4.1 (205)	5.2 (260)

備考：()内は相対値を示す。

110cm苗>2年生150cm苗>2年生80cm苗>2年生170cm>1年生80cm苗>4年生170cm苗の順であった。4年後の地際直径は2年生120cm苗および150cm苗が大きく、1年生80cm苗、2年生80cm苗が小さかった。植栽後の連年伸長量は1年目が最も小さく、2年目はその約2倍に増加し、3年目から伸長成長がさらに盛んになった(図1)。

断幹造林木の4年後の樹高は、2年生苗では30cm断幹区>50cm断幹区>100cm断幹区の順であったが、4年生苗では100cm断幹区>50cm断幹区>30cm断幹区の順であった。2年生苗の50cm断幹区と100cm断幹区では幹の枯死率が高く、萌芽更新によって再生したために生育が遅れ、4年生苗の断幹区とは逆の結果になった。断幹高と萌芽の伸長成長との関係ははっきりしなかったが、4年間の合計伸長量は100cm断幹区がやや小さかった。断幹木の萌芽の伸長は無断幹木の主軸の伸長に比べて旺盛で、植栽当年には2~3.5倍伸長した。しかし、2年目以降はだんだん両者の差が小さくなり、4年目には差がみられなかった(図2)。4年後の地際直径は、2年生苗の造林木では100cm断幹区で最も小さく、4年生苗の造林木では逆に100cm断幹区で最も大きかった。これは、前述のとおり2年生苗では100cm断幹区で幹の枯死率が高く、大部分が萌芽再生木であることによるものである。苗高170cmの大苗造林木の健全木と幹枯れ後発生した地際萌芽木の樹高成長を比較すると(図3)、4年後の平均樹高は前者が3.16m、後者が1.75mで約1.8倍差がついた。地際萌芽木は樹高成長が著しく遅れるので被圧木になる恐れがある。

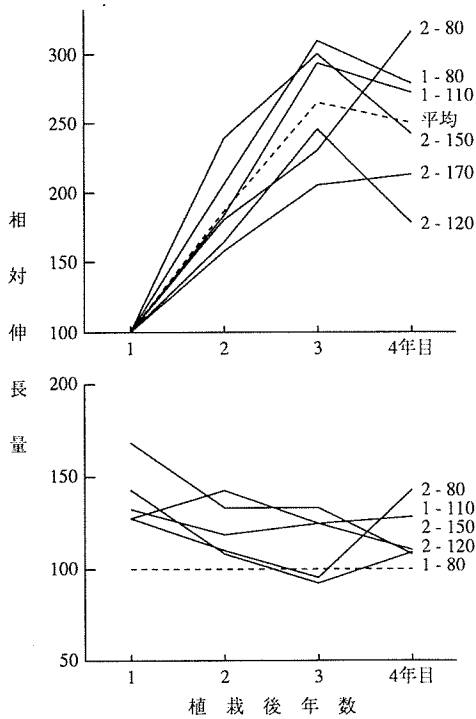


図1 無断幹造林木における植栽後の伸長成長の経過

(注) 記号は苗令—苗高を示す(例 1-80:1年生苗高80cm苗, 2-80:2年生苗高80cm苗)。相対伸長量は、上の図では1年目を100として、下の図では1-80を100として計算した値である。

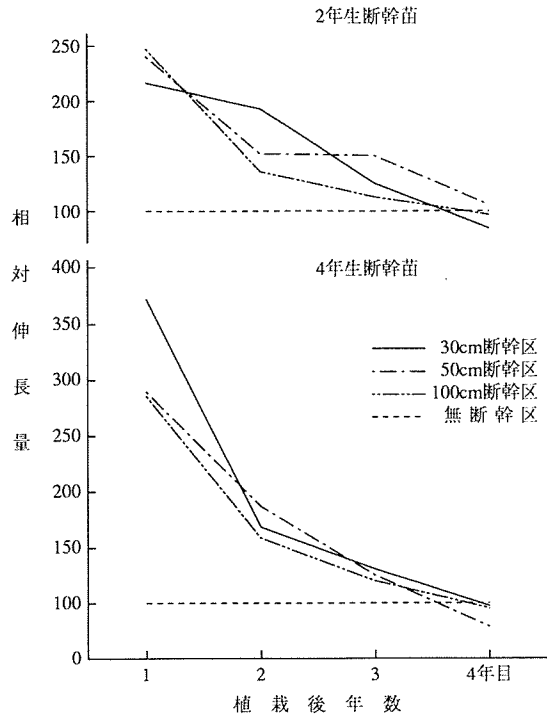


図2 断幹造林木における植栽後の伸長成長の経過

無断幹苗木の伸長量を100として相対値で示す。

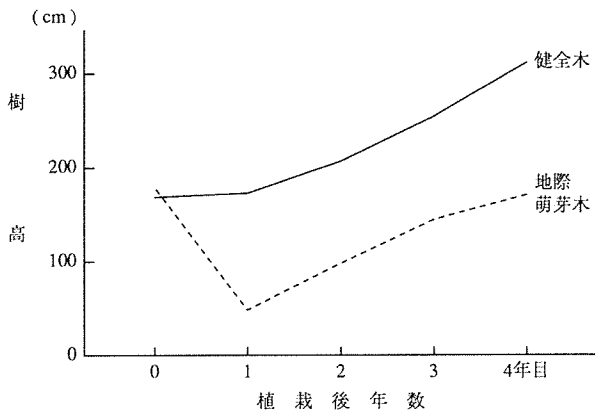


図3 大苗(苗高170cm)造林における健全木と地際萌芽再生木の樹高成長の比較

3 造林木の成長に対する施肥の効果

造林木に対する施肥の効果を表7, 8に示した。各区の調査本数に差があるのは枯損木や雪害, 鼠害などの被害木を除いたためである。無断幹造林木の成長についてみると(表7), 各規格苗とも無施肥区に比べてウッドエース4号区で樹高成長および地際直径成長が増加したが, t検定の結果有意差はほとんど認められなかった。4年間の合計伸長量は, 無施肥区に比べてウッドエース4号区で10~35%増加した。各年度の肥効を無施肥区を100として比較すると(図4), 1年生80~110cm苗, 2年生150cm苗では植栽後1年目と2年目に, 2年生80cm苗では2年目と3年目にウッドエース4号の施肥効果がみられるが, 4年目には効果が明らかでない。

次に断幹造林木の成長に対する施肥の効果についてみると(表8), 樹高成長および地際直径成長はウッドエース4号区でかなり顕著に促進された。ウッドエース4号施肥区では, 4年後の樹高および地際直径は100cm断幹区>50cm断幹区>30cm断幹区の順に大きかった。また4年間の合計伸長量はウッドエース4号区が無施肥区よりも約50%増加した。供試本数が少なかったため30cm断幹区と50cm断幹区には無施肥区を設けなかった。それで100cm断幹区は無施肥区を対照区としてt検定を行った

表7 無断幹造林木の成長に対する施肥(ウッドエース)の効果

苗木の種類	施肥区	調査本数	樹高 (cm)					伸長量 (cm)				地際直径 (cm)					
			植栽時	1年後	2年後	3年後	4年後	1年目	2年目	3年目	4年目	計	植栽時	1年後	2年後	3年後	4年後
1年生苗 80~110cm	ウッドエース4号	17	91 (100)	106 (116)	147 (162)	209 (230)	258 (284)	26	52**	71	67	216	1.0	1.5	2.6	3.7*	4.6
	複合 ウッドエース	13	96 (100)	106 (110)	136 (142)	196 (204)	234 (244)	21	40	67	49	177	1.0	1.5	2.3	3.2	4.2
	無施肥	9	92 (100)	101 (110)	128 (139)	181 (197)	226 (246)	20	34	60	51	165	1.1	1.4	2.2	3.0	3.9
2年生苗 80cm	ウッドエース4号	7	88 (100)	89 (101)	135 (153)	190 (216)	244 (277)	27	55	60	72	214	1.0	1.3	2.5	3.4	4.2
	複合 ウッドエース	8	77 (100)	85 (110)	112 (145)	169 (219)	249 (323)	22	37	59*	65	183	1.0	1.3	2.1	3.1	4.0
	無施肥	5	84 (100)	101 (120)	141 (168)	168 (200)	206 (245)	31	41	35	52	159	1.1	1.5	2.3	3.0	3.7
2年生苗 120cm	ウッドエース4号	17	117 (100)	131 (112)	178 (152)	252 (215)	306 (262)	32	59	86	65	242	1.7	2.1	3.6**	4.9**	5.8
	複合 ウッドエース	19	123 (100)	139 (113)	170 (138)	239 (194)	294 (239)	32	48	73	60	213	1.7	2.1	3.2	4.3	5.5
	無施肥	9	122 (100)	131 (107)	173 (142)	249 (204)	287 (232)	30	54	77	57	218	1.7	2.0	3.1	4.3	5.4
2年生苗 150cm	ウッドエース4号	8	133 (100)	149 (112)	199* (150)	256 (192)	315 (237)	28	65	74	68	235	1.6	2.0	3.3	4.6	5.7
	複合 ウッドエース	4	138 (100)	147 (107)	188 (136)	238 (172)	291 (211)	24	50	69	57	200	1.7	2.0	3.3	4.4	5.7
	無施肥	6	132 (100)	135 (102)	164 (124)	231 (175)	286 (217)	18	50	72	63	203	1.7	2.1	3.3	4.4	5.6

備考: ()内は相対値を示す。* t検定で無施肥との間に5%水準で有意差あり, ** 1%水準で有意差あり。

表8 断幹造林木の成長に対する施肥(ウッドエース)の効果

苗木の種類	施肥区	調査本数	樹高 (cm)				伸長量 (cm)				地際直径 (cm)						
			植栽時	1年後	2年後	3年後	4年後	1年目	2年目	3年目	4年目	計	植栽時	1年後	2年後	3年後	4年後
30cm断幹	ウッドエース4号	7	30	76	130	193	253	59**	55**	75**	54	243	2.3	2.5	3.1	3.9	4.7
	複合 ウッドエース	8	30	79	120	178	229	54**	48**	64*	60	226	1.9	2.0	2.6	3.4	4.2
50cm断幹	ウッドエース4号	7	50	88	148	216	291	46*	66**	72*	75	259	2.4	2.5	3.9	4.8	6.0
	複合 ウッドエース	6	50	84	120	171	235	36	43**	63	58	200	1.9	2.0	2.5	3.2	4.3
100cm断幹	ウッドエース4号	10	100	136	192	265	306	59**	57**	77**	61	254	2.4	2.7	4.1	5.3	6.1
	複合 ウッドエース	10	100	123	182	236	289	44*	57**	62	58	221	2.7	2.8	3.7	4.5	5.1
	無 施 肥	10	100	120	138	183	235	26	29	47	61	163	2.0	2.2	2.6	3.3	4.3

備考：()内は相対値を示す。* t検定で無施肥との間に5%水準で有意差あり，** 1%水準で有意差あり。

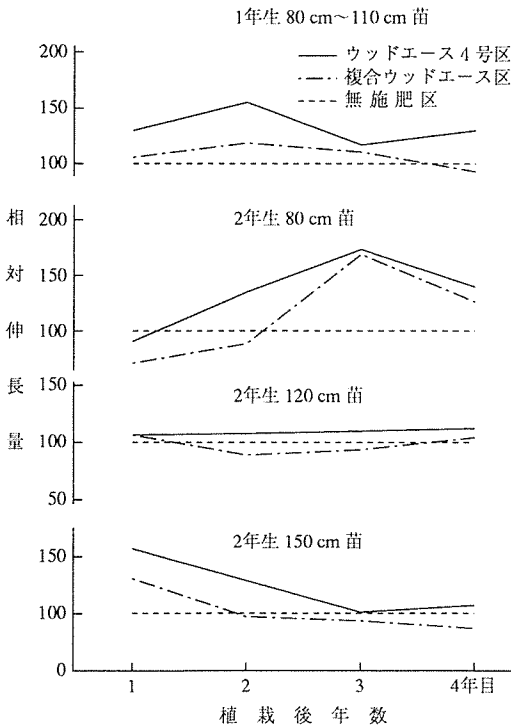


図4 無断幹造林木の伸長成長に対する施肥の効果

図4, 5の相対伸長量は無施肥区を100として計算した値である。

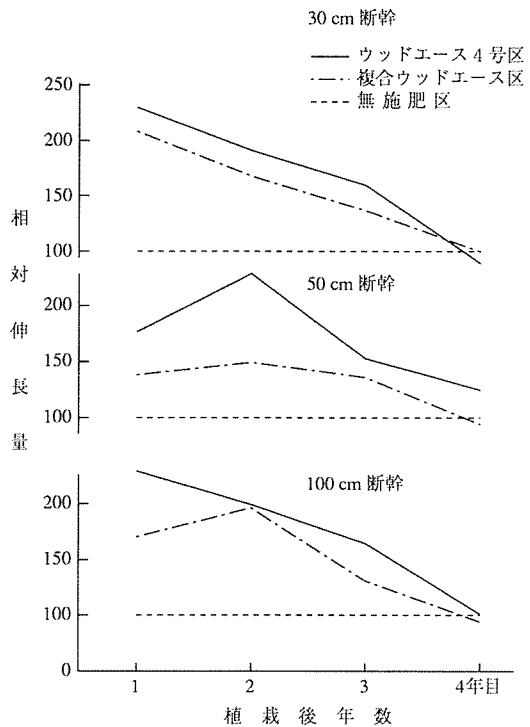


図5 断幹造林木の伸長成長に対する施肥の効果

ところ、いずれの断幹区においてもウッドエース4号区で無施肥区との間に有意差が認められた。各年度の伸長量を無施肥区を100として比較すると(図5)、植栽から3年目までは施肥の効果が認められたが、4年目になると無施肥区との差がほとんどなくなった。ウッドエースは豆炭状に成型した大形の固形肥料で普通3年間効果が持続するといわれているが³⁾、本研究でもそのことが証明された。

4 造林木の被害状況

人工造林の翌々年の1月下旬(1990年)に約90cmの積雪があり、幹折れ、枝折れ、枝抜けなどの被害が発生し、また野ネズミの食害による枯死木もみられた(写真5, 6)。雪害等の状況を表9, 10に示した。無断幹造林木では、植栽から2年後に鼠害による枯死が約3%発生した。積雪による幹折れは10~35%、平均19%発生した。枝折れは平均40%、幹曲りは平均18%発生した。雪害高は、幹折れが平均59cm、枝折れが平均66cm、幹曲りが平均43cmで、積雪の沈降力による被害である。幹折れの被害率は1年生80cm苗と2年生170cm苗で高かった。調査時の平均樹高は前者が113cm、後者が137cmで、これらの樹高の低いものが被害を多く受けている。2年生170cm苗は約70%が植栽後幹枯れを生

表9 無断幹造林木における鼠害および雪害の状況

苗木の種類	規格 (苗高) (cm)	調査 本数	調査時 平均樹高 (cm)	鼠害率 (%)	雪害率 (%)			雪害高 (m)		
					幹折れ	枝折れ	幹曲り	幹折れ	枝折れ	幹曲り
1年生分岐根苗	80	23	113	4.3	30.4	43.5	0	61(28-86)	65(47-77)	-
	110	24	159	4.2	12.5	54.2	4.2	49(42-55)	62(29-96)	40
2年生分岐根苗	80	23	118	0	13.0	30.4	39.1	53(34-64)	44(24-60)	29(10-61)
	120	49	166	4.1	10.2	51.0	44.9	100(62-111)	73(41-113)	44(20-70)
	150	24	163	4.2	12.5	25.0	8.3	58(26-92)	81(50-136)	24(18-30)
	170	26	137	0	34.6	38.5	11.5	30(8-74)	70(40-150)	80(50-111)
平均				2.8	18.9	40.4	18.0	58.5	65.8	43.4

備考: 1) 植栽から2年後の1990年5月の調査。2) 雪害高の()内は範囲を示す。

表10 断幹造林木における雪害の状況

苗木の種類	断幹高 (cm)	調査 本数	調査時 平均樹高 (cm)	雪害率 (%)			雪害高 (m)		
				幹折れ	枝折れ	幹曲り	幹折れ	枝折れ	幹曲り
2年生分岐根苗	30	8	132	50.0	37.5	0	52(30-68)	60(29-94)	-
	50	7	132	42.9	14.3	0	53(25-78)	31	-
	100	8	139	37.5	25.0	0	36(18-60)	72(60-84)	-
	無断幹	4	170	25.0	0	0	58	-	-
4年生杭根苗	30	18	124	11.1	55.6	0	36(31-40)	42(10-79)	-
	50	18	129	44.4	50.0	5.6	56(43-94)	51(26-85)	40
	100	30	168	23.3	30.0	10.0	112(95-132)	82(40-112)	56(30-92)
	無断幹	14	165	14.3	35.7	14.3	61(51-70)	43(21-60)	56(53-58)

備考: 1) 植栽から2年後の1990年5月の調査。2) 雪害高の()内は範囲を示す。

表11 林地植栽から4年後の健全木、枯死木および被害木の割合

苗木の種類	規格(苗高) (cm)	調査本数	健全木 (%)	枯死木(%)			生育不良木(%)		
				生理的 原因	鼠害	虫害	雪害	幹枯れ	病害
1年生分岐根苗	80cm	24	62.5	4.2	8.3	4.2	20.8	—	—
	110cm	24	83.3	—	4.2	—	4.8	—	—
2年生分岐根苗	80cm	24	75.0	4.2	4.2	—	8.3	8.3	—
	120cm	51	86.3	—	5.9	—	5.9	2.0	—
	150cm	26	69.2	7.7	3.8	—	15.4	—	—
2年生分岐根苗	170cm無断幹	26	65.4	—	—	—	3.8	26.9	3.8
	30cm断幹	8	75.0	—	—	—	—	25.0	—
	50cm断幹	8	75.0	12.5	—	—	—	—	12.5
	100cm断幹	8	75.0	12.5	—	—	—	12.5	—
4年生杭根苗	170cm無断幹	21	71.4	14.3	—	—	9.5	4.8	—
	30cm断幹	20	65.0	10.0	5.0	5.0	15.0	—	—
	50cm断幹	20	65.0	10.0	5.0	—	20.0	—	—
	100cm断幹	30	86.7	3.3	—	—	10.0	—	—

じ大部分が地際萌芽によって再生したが、植栽から2年後の平均樹高は植栽時よりも低く、組織は充実していない。2年生80cm苗は平均樹高118cmであるが幹折れの被害は少なかった。積雪深よりも樹高の著しく高いものは幹折れの被害が少ないが、樹高の低いものでも組織の充実度によって被害の程度が異なるようである。

次に断幹造林木の雪害についてみると(表10)、幹折れは4年生苗の30cm断幹区を除き無断幹区よりも多く発生している。また枝折れ・枝抜けも多く、断幹部付近から発生した萌芽枝が全部折れて幹が丸坊主になることがある(写真5)。断幹すると萌芽枝が断幹部付近にかたまって発生するのでその部分に雪が付着しやすく、積雪の沈降力によって萌芽枝が引き裂かれる。大苗の断幹造林法は活着を促進するが、多雪地では雪害が多く発生し良い方法とはいえないようである。

林地植栽から4年後の健全木、枯死木、被害木の調査結果は表11のとおりである。健全木の割合は最初の植栽本数の63~87%であった。2年生分岐根120cm苗区、1年生分岐根110cm苗区、4年生杭根苗100cm断幹区などは健全木率が高く成績が良かった。反対に健全木率の低かったのは1年生分岐根80cm苗区、2年生分岐根170cm苗の無断幹区、4年生杭根苗の30cm断幹区、50cm断幹区などであった。1年生80cm苗区と大苗の断幹区では雪害による生育不良木が多く生じた。造林木の枯死率は150~170cmの大苗区で高かった。野ネズミによる枯死率は4~8%で、根を丸坊主に食害している(写真6)。虫害はコウモリガの被害で、地際部に穿入して食害部が幹を一周すると枯死する。雪害木は台切り、樹形調整、雪起こしなどの手入れを加えれば回復するが、成長が遅れて生育不良木(被圧木)になるものもある。幹枯れ木は萌芽が発生して成長するが、健全木に比べて生育の遅れるものが多い。病害はさめ肌胴枯病で、積雪深以下の幹に発生している。しかし、罹病木が枯死することはなかった(写真7)。

IV 考 察

クヌギの人工造林には1年生苗または床替2年生苗が用いられているが、1年生の小苗は植栽後の活着および成長が不良で、大分県では床替2年生苗を規格対象苗としている¹⁵⁾。人工造林に使用する苗木の大きさ、形質と活着および成長との関係について研究したものはきわめて少ない。佐々木¹⁵⁻¹⁷⁾が1年生苗木を用いて比較苗高(H/D₀)別に植栽試験を行ったところ、比較苗高値が大きくなるにしたがって活着率が著しく低下した。また活着しても幹の先枯れや地際部から萌芽するものが増加した。1年生の直根苗と6~7月に断根して育成した分岐根苗との比較では、分岐根苗が活着率が高く、1年生苗と3年生苗との比較では、3年生苗の活着が良好であるという。本研究によると、鹿児島県産の分岐根苗は2年生120cm苗と1年生110cm苗で植栽から4年後の健全木率が高く、苗木の成長も良好であった。無床替2年生170cm苗は活着するが幹枯れを生じ、地際から萌芽するものが著しく多かった。佐々木¹⁵⁻¹⁷⁾の研究によると、苗木の含水率と活着は密接な関係があり、含水率の低下にともなって活着および成長が著しく不良になり、活着しても地際部から萌芽する苗木が増加するという。鹿児島県産の苗木は掘り取りから植栽まで1カ月以上たっており、大苗はかなり含水率が低下していたのではないと思われる。蒜山演習林産の4年生大苗は活着率84%で、幹枯れによる萌芽はみられなかった。掘り取り後10日以内に植栽している。同じ大苗でも活着率に差があるのは、苗木の形質のほかには苗木の乾燥など取り扱いに問題があるのではないと思われる。

クヌギの大苗造林法は下刈等の手間がはぶけ、また活着後の成長が良いので民間で多く採用されている。特に天然林または人工造林不成績地をクヌギ純林へ誘導する場合(誘導造林)や新植地あるいは萌芽更新地へ補植する場合などには苗高2m以上の超大苗が使用されている⁹⁾。しかし、前述のように取り扱いを誤ると活着率が著しく低下するので、福岡県上陽町の林家では「台切り造林」と称して苗高1.5mの大苗を地上20~30cmで断幹して植栽している¹³⁾。本研究においても断幹造林すると幹枯れの生じない健全活着木の割合が著しく増加し、断幹部から発生した萌芽の成長も良好であった。しかし、積雪の多い年には雪害が無断幹造林木よりも多く発生することがわかった。断幹すると断幹部付近に萌芽枝が集中して発生し、その部分に雪がたまり幹折れや枝折れが発生する。九州や太平洋側の少雪地帯では断幹造林法は良い方法と思われるが、多雪地帯では奨められない。

クヌギの林地肥培試験の事例は多いが、施肥の効果については効果が認められたという報告と、効果が認められなかったという報告とがある^{4, 11, 12, 14-21)}。一般には、クヌギはコナラよりも養分要求度が高く、土壌条件の不良な所では施肥の効果が出やすく、窒素単肥よりも複合肥料の方が肥効が大きいとされている^{15, 17, 21)}。林業用肥料としては一般に緩効性の複合肥料が使用されている。本試験に使用したウッドエースは豆炭状に成型した固形肥料で、大粒のため3年間肥効が持続するとされている。IBDU(イソブチリデン・ジウレア)成型品は土壌中で徐々に加水分解して吸収される。IBDU成型肥料の施肥試験の事例は少ないが、佐々木¹⁴⁻¹⁷⁾の試験によると、クヌギ2年生苗にIBDU成型品(複合ウッドエース)を施肥して通常の速効性肥料(複合化成肥料)と同等かあるいはそれ以上の成長促進効果が期待できることを述べている。クステイアワンら¹¹⁾の研究によると、

クヌギ1年生苗の上長成長は尿素区、尿素コート区、IBDU区のいずれでも無施肥区よりも促進されたが、IBDU区が最も良い成長を示した。本研究では、無断幹造林木に対するウッドエース肥料の施肥効果は小さかったが、断幹造林木の成長はウッドエース4号の施肥によって無施肥区の約1.5倍促進された。複合ウッドエースはウッドエース4号よりもやや効果が劣った。ウッドエース4号は四要素の配合肥料(N-P-K-Mg=12-6-6-2,%)であるが、複合ウッドエースは窒素とリン酸の配合肥料(N-P=23-2,%)でしかもリン酸の比率が著しく小さい。本研究の結果からも、クヌギ造林木に対しては従来いわれているように、窒素単肥よりも複合肥料の施肥が成長促進効果が大きいことがわかった。

クヌギの人工造林では、植栽時の枯損、生育途中の気象害、病虫害、個体間競争などによる枯損あるいは生育不良などにより、伐期に収穫できる本数は植栽時の1/2程度に減少する。シイタケ原木林では、一般に林分の平均胸高直径が10~12cmに成長した時に伐採するとほだ木の収量が最も多いとされている⁵⁾。収穫表によると、その時期のha当たり立木本数は1,500~2,000本程度である⁵⁾。植栽時の苗木の枯損率は一般造林地では普通10~30%程度であるが、本試験では植栽時とその後の雪害等による枯損が多く、植栽から4年後の健全木率は63~87%、平均73%であった。今後諸危害と個体間の競争によって立木本数はさらに減少するものと思われる。クヌギのha当たり植栽本数は、民間の実地造林では3,000~4,500本が標準である¹⁾。本試験ではha当たり3,000本植えを行ったが、植栽から4年後にすでに健全木率が平均73%に減少しているので、雪害等の被害の多い多雪地では植栽本数をさらに増やして4,000~4,500本/ha程度植える必要があると思う。クヌギは耐雪性が弱く、2~3mの積雪があると幼齢林に大きな被害が発生する⁶⁾。筆者の経験からすると、積雪深2m以上の多雪地にはクヌギの人工造林を行わない方がよい。

V 摘 要

苗高80~170cmの1~4年生大苗を使用して多雪地におけるクヌギの人工造林について4年間研究した。本研究の結果を要約すると次のとおりである。

(1) 苗高80~120cmの苗木は100%活着した。しかし、苗高150cm以上の大苗は活着するが地上部の枯死するものが多く生じた。無床替2年生170cm苗では健全活着木率は31%にすぎなかった。大苗の断幹造林法は活着を促進し、健全活着木率が増加した。断幹高が低い方が健全活着木率が高い傾向がみられた。苗木の枯死形態には全枯れ型、地際枯れ型、上半枯れ型の三つのタイプがみられた。地際枯れ型と上半枯れ型では地際部あるいは幹の生存部から萌芽が発生した。地際萌芽木は正常木に比べて生育が遅れた。

(2) 無断幹造林木の植栽から4年後の樹高、地際直径および4年間の伸長量は2年生分岐根120cm苗で最も大きかった。1年生分岐根80cm苗、2年生と4年生の170cm大苗などはやや成長が劣った。無断幹造林木の伸長成長は植栽後3年目から盛んになった。断幹造林木の萌芽枝の伸長は最初旺盛で、植栽当年には無断幹木の伸長量の3.5倍伸長した。しかし、2年目以降は徐々に差が小さくなり、4年目には両者の差がみられなかった。断幹高と萌芽の伸長成長との関係ははっきりしなかった。

(3) 造林木の成長は複合ウッドエース4号の施肥によって促進された。施肥の効果は断幹造林木で顕著に現れた。複合ウッドエース4号の施肥効果は植栽後3年目まで認められた。

(4) 植栽の翌々年に約90cmの積雪があり雪害が発生した。雪害は幹折れ、枝折れ・枝抜け、幹曲りなどで、枝折れ・枝抜けが最も多かった。樹高の低いものが被害を多く受けた。断幹木は無断幹木よりも雪害を多く受け、萌芽枝が折損する被害が多かった。その他、野ネズミやコウモリガの被害、さめ肌洞枯病などが発生した。

(5) 林地植栽から4年後の健全生育木の割合は植栽本数の63~87%であった。2年生分岐根120cm苗、1年生分岐根110cm苗、4年生杭根苗100cm断幹苗などの造林木は健全木率が高く、生育良好であった。

(6) 活着率、雪害、植栽後の生育状況などから判断して、多雪地におけるクヌギの人工造林には1回床替2年生、苗高100~120cm程度の苗木が最も適していると思われる。大苗の断幹造林法は活着が良いが雪害の危険が大きい。植栽本数は雪害を考慮してha当たり4,000本以上が望ましい。

文 献

- 1) 橋詰隼人：シイタケ原木林の造成法 五，人工造林法（その二）．菌蕈，31（3），28~35（1985）
- 2) 橋詰隼人：シイタケ原木林の造成法 三，苗木の養成法（補遺）——苗木の種類，規格および生根分岐苗のつくり方——．菌蕈，32（4），18~26（1986）
- 3) 橋詰隼人：シイタケ原木林の造成法 七，林地肥培（その三）．菌蕈，32（5），14~23（1986）
- 4) 橋詰隼人：シイタケ原木林の造成法 七，林地肥培（その四）．菌蕈，32（7），28~35（1986）
- 5) 橋詰隼人：シイタケ原木林の造成法 九，原木林の収穫．菌蕈，33（1），25~33（1987）
- 6) 橋詰隼人：広葉樹幼齡林の雪害について．広葉樹研究，4，61~74（1987）
- 7) 橋詰隼人：広葉樹林の取扱い——どこまでわかってきたか，これからの検討課題は——その4 クヌギ・コナラ林の施業．林業技術，566，24~27（1989）
- 8) 東中 修：クヌギ原木の育成．菌蕈，30（4），34~41（1984）
- 9) 樋口真一：福岡県上陽町地方におけるシイタケ原木林造成．森林と肥培，114，13~16（1982）
- 10) 久木原一次：大苗使用の原木づくり——ていねいに植えて生長を早める——．菌蕈，28（10），18~21（1982）
- 11) W. クステイアワン・本江一郎・川名 明・望月寿彦：クヌギ植栽木における緩効性肥料の効果について．95回日林論，255~256（1984）
- 12) 野上寛五郎：クヌギ林の肥培．森林と肥培，109，5~9（1981）
- 13) 斉藤恵己：成長のいいクヌギの大苗造林．林業新知識，305，10~13（1979）
- 14) 佐々木義則：諫本信義・吉田勝馬・中尾 稔：シイタケ原木林造成試験．大分県林試報，4，1~86（1975）
- 15) 佐々木義則：シイタケ原木林の造成と問題点．森林と肥培，119，9~13（1984）
- 16) 佐々木義則：クヌギ人工林の仕立て方．山林，1214，8~16（1985）

- 17) 佐々木義則：シイタケ原木林の育成. 林業技術, 515, 16~19 (1985)
- 18) 武村義治：クヌギ林の施業改善試験——クヌギ林成木施肥試験. 愛媛県林試報, 3, 7~27 (1977)
- 19) 田中勝美：クヌギ林の造成と肥培. 森林と肥培, 118, 1~5 (1983)
- 20) 田中勝美：クヌギの造林. 黒田印刷出版, pp. 1~257 (1983)
- 21) 塘 隆男：広葉樹の肥培 とくにシイタケ原木林の肥培について. 林業技術, 401, 18~21 (1975)



写真3 植栽から3年後の生育状況

A : 1年生分岐根苗 (苗高110cm)。 B : 1回床替2年生分岐根苗 (苗高120cm)。
C : 無床替2年生分岐根苗 (苗高150cm)。 D : 無床替4年生杭根苗 (100cmで断幹)。



写真4 断幹造林木における萌芽の発生と成長

A : 地上30cmで断幹。B, D : 地上100cmで断幹。C : 地上50cmで断幹。A, Bは
植栽年の6月の状況。C, Dは植栽年の9月の状況。



写真5 植栽の翌々年の大雪による雪害

A, B : 3月の状況。C, D : 5月の状況。1月下旬に90cmの積雪があった。
A, B, Dは断幹木。



写真6 鼠害と雪害木の手入れの状況

A : 野ネズミの食害による枯死木。 B : 雪害木の台切りの状況。
C : 雪害木の雪起こし。



写真7 植栽から4年後の生育状況

A：芯立ちの良い正常木。B：明瞭な主幹がなく、枝が横に広がった不良木。C：雪害で幹折れし、萌芽が発生して伸長しているもの（雪害木）。D：胴枯れ病で幹に縦に腐朽が入っているもの（病害木）。