

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*

横井 秀一

The effect of omission of weeding on the forest structure
in the plantation of *Zelkova serrata*

Shuichi YOKOI

広葉樹の造林地における下刈りの効果とその省略の可否を検討するため、下刈りの有無を違えたケヤキ造林地で、15年間のケヤキの成長と16年生時の林分構造を調査した。15年間のケヤキの生存率は、集約区（植栽後6年間下刈りを継続）、粗放区（1年目のみ下刈り；以後は放置）ともに高かった。しかし、16年生時の林分構造をみると、集約区では植栽されたケヤキのほとんどが上層木として存在したのに対し、粗放区で上層木だったのは植栽されたケヤキの半数に満たなかった。天然更新した樹木（天然更新木）を含めた上層木に占めるケヤキの本数割合は、集約区では36~46%、粗放区では19~33%であった。両区ともに出現率と優占度が高かった天然更新木はミズメで、出現率が高かったものはミズキとホオノキであった。また、集約区ではアカシデの、粗放区ではヌルデの優占度が高かった。ケヤキと天然更新広葉樹の成長過程から、集約区ではケヤキが天然更新木に被圧されることなく成長し、天然更新木はケヤキの樹冠が存在しない空間を埋めるように成長したことがわかった。粗放区では当初からケヤキと天然更新木が競合しながら成長したことがわかった。将来ケヤキ林が成林する可能性は、集約区では高く、粗放区では低いと考えられた。こうした検討の結果、植栽木による成林を実現させるためには、誤伐を伴わない下刈りの実行が必要条件であると結論づけられた。一方、粗放区でもケヤキと天然更新木とを混生させることで木材生産機能の高い広葉樹林が成林すると予測されたことから、造林の目的によっては下刈りの省略が可能な場合もあると考えられた。

キーワード：ケヤキ, 広葉樹, 下刈り, 植栽, 人工林, 天然更新, 林分構造

I はじめに

下刈りは、植栽木が雑草木との生存競争に打ち勝って成林するために、必要欠くべからず最も重要な、また最も効果的な手段である（草下, 1965）。ところが、広葉樹の造林地では下刈り時に誤伐が高い頻度で発生し、ときにはそれが成林を阻害する要因ともなっている（前田, 1999；横井ら, 1999）。

広葉樹の造林地で誤伐が発生するのは、保育対象である広葉樹植栽木と下刈り対象（多くが広葉樹あるいは広葉草本）とが同じような形態と葉色をしているため、両者を瞬時に識別できないことが原因であろう。加えて、保育対象と下刈り対象との識別が容易な針葉樹造林地での下刈りの仕方を、両者の識別が困難な広葉樹造林地にもそのまま適用していることが誤伐の発生をより多くしていると考えられる。こうしたことから、現行の下刈り方法を適用する限り、広葉樹の造林地には誤伐発生の危険性が普遍的に存在するといえる。したがって、誤伐を回避するためには現行の下刈り

に代わる方法を検討することが必要である。その方法として考えられるのは、下刈りを必要としない造林方法、誤伐を最小限にとどめる下刈り手法や下刈り行程、あるいは下刈りに代わる雑草木制御方法などである。これらに関して、地表の被覆による雑草木の成長抑制（谷口, 1994）などが既に検討されているものの、コストなどの問題から広く現場に採用されるまでには至っていない。こうした中、最もコストがかからず、かつ最も確実に誤伐を回避する方法である下刈りの省略について、その可能性を検討することの意義は大きい。

下刈りの省略で問題となるのは、植栽木が雑草木から被圧されることによる成林阻害である。したがって、下刈りの省略の可否を検討するためには、下刈りの省略が成林に及ぼす影響を明らかにすることが必要である。その情報は、今後、広葉樹造林における下刈りについて総合的に議論するときにも必要となろう。しかし、下刈りを省略した広葉樹造林地の調査事例は少なく（谷口, 1994）、下刈りの省略が成林に対してどんな影響を及ぼすのかは不明である。

*本研究の一部は、第49回日本林学会中部支部大会で口頭発表した。

本研究の目的は、下刈りの省略と成林との関係を明らかにし、広葉樹造林における下刈りの省略の可能性を検討することである。そのために、ケヤキ造林地に6年間下刈りを継続する試験区と下刈りを省略する試験区を設定し、ケヤキの継続調査をするとともに、16年生時の林分構造を調査した。この報告ではその結果を示し、下刈りの省略がケヤキの成林に及ぼす影響を検討した上で、広葉樹造林における下刈りの省略の可能性についても若干の考察を加える。

II 調査地と方法

1. 調査地の概要

調査は、岐阜県大野郡荘川村六厩にある荘川広葉樹総合試験林のケヤキ植栽試験地で行った。試験地は南西向き斜面中部に位置し、標高は950m、傾斜は32~45度、土壌型はB_D(d)型である。気象条件を最寄りの六厩地域気象観測所(標高1,015m)における1979~1987年の準平年値でみると、平均気温は6.8℃、年降水量は2,409mmである(日本気象協会岐阜支部, 1992)。試験林内の平坦地に設置した高橋式最深積雪指示計(高橋, 1968)による最深積雪深は、170cmであった。

試験地(1,580m²)は左右に2分され、斜面に向かって左側が集約区、右側が粗放区とされた(図-1)。試験地の上側にはクリ植栽試験地、下側にはカツラ植栽試験地が隣接し、これらの試験地では本試験地と同様な施業が行われている。また、試験地の左右には落葉広葉樹二次林が残置されている。

試験地の前生林分は落葉広葉樹二次林で、構成樹種はミズナラ、クリ、シナノキ、イタヤカエデ、ミズメ、ミズキなどであった。試験地の施業歴は、次のとおりである。1984年11月に先行地拵えがなされ、1985年3

月には主林木が伐採された。1985年5月にケヤキが4,000本/haの密度で植栽され、その年に下刈りが1回行われた。集約区では、その後1990年まで毎年1回の下刈りが行われるとともに、雪起こしが実行された。一方の粗放区では、植栽当年の下刈り以外は保育作業が行われなかった。

2. 方法

(1) ケヤキの継続調査

集約区と粗放区にそれぞれ一つずつの調査区(集約区99m²;粗放区111m²)を設置し、ケヤキ植栽木(集約区39本;粗放区42本)の継続調査を行った。調査は1985年、1986年、1988年、1990年、1993年、1996年、1999年のいずれも秋に、幹の直径(1990年までは根元直径、1993年からは胸高直径)と樹高(根元から梢端までの直線距離)を測定した。

(2) 林分構造調査と樹幹解析

2000年7月に、天然更新した樹木(天然更新木とする)を含めた林分構造を把握するため、新たな調査区を集約区に2区、粗放区に4区設置して毎木調査を行った。調査区の配置と面積は、図-1のとおりである。毎木調査は胸高直径2cm以上の立木を対象に、樹種、胸高直径、樹高を測定し、樹冠級の区分を行った。樹冠級は、樹冠が大きく直射光を十分に受けることができるものを‘優勢’、直射光を受けることはできるものの隣接する樹冠からの被圧をやや受けているものを‘準優勢’、被圧されて直射光を受けることができないものを‘被圧’に区分した。なお、この報告では優勢木と準優勢木とを合わせて上層木と呼ぶことにする。また、天然更新木の中にケヤキはなかったので、これ以降はケヤキ植栽木をケヤキと記す。

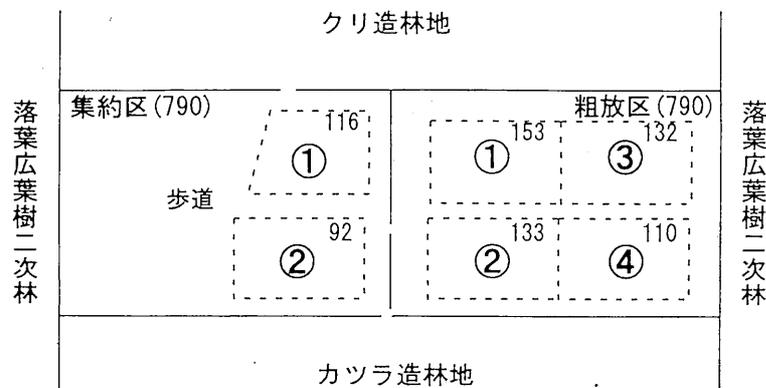


図-1 調査区の配置(模式図)

図中の数字は面積(m²)を示す。

毎木調査後、天然更新木を集約区①、②で9本（アカシデ、ホオノキ、ミズキ、ミズメ）、粗放区②、④で5本（アカシデ、ホオノキ、ミズメ、ハルニレ、ヌルデ）伐倒し、地上高0mと、0.2mから0.5mごとの各部位から円板を採取し、樹幹解析を行った。

III 結果

1. 16年生時の林分構造

(1) 立木密度

2000年7月（林齢16年）の各調査区における立木密度を表-1に示す。全立木（胸高直径2cm以上）の密度は8,848~11,861本/haで、集約区と粗放区とに違いはみられなかった。上層木の密度は5,016~10,228本

/haで、集約区が粗放区よりも高かった。ケヤキの立木密度は1,824~4,127本/ha、その内の上層木は975~3,910本/haで、これらも集約区が高かった。

図-2には、ケヤキと天然更新木それぞれの樹冠級別の密度を示した。優勢木の密度と準優勢木の密度は、全ての調査区でケヤキが天然更新木より低かった。ま

表-1 立木密度

試験区	立木密度 (/ha)			
	全立木 ¹⁾	上層木 ²⁾	ケヤキ	ケヤキ上層木
集約区①	11861	10228	4040	3696
集約区②	10317	8579	4127	3910
粗放区①	11718	5957	2684	1178
粗放区②	8848	5249	1950	975
粗放区③	10412	5016	1824	988
粗放区④	8972	5256	3716	1722

1) 胸高直径2cm以上。
2) 優勢木+準優勢木。

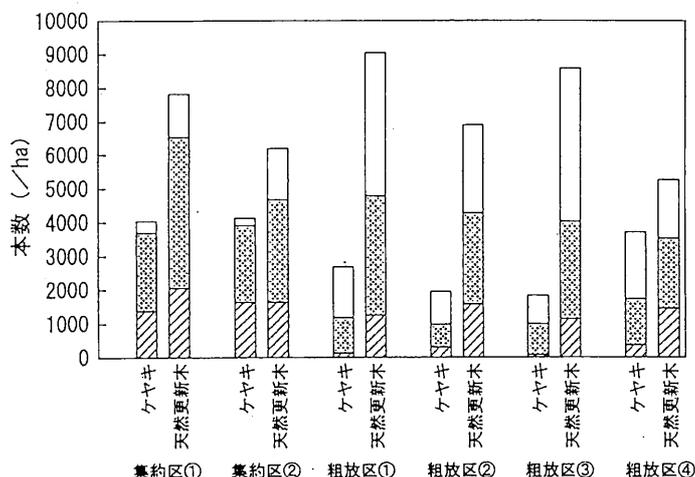
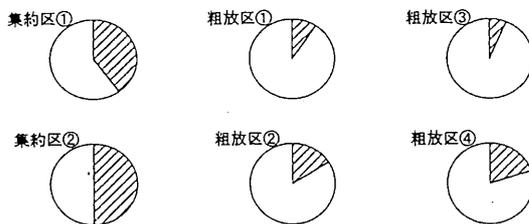


図-2 ケヤキと天然更新木の樹冠級別の密度

斜線は優勢木、ドットは準優勢、白抜きは被圧木を示す。

優勢木



上層木

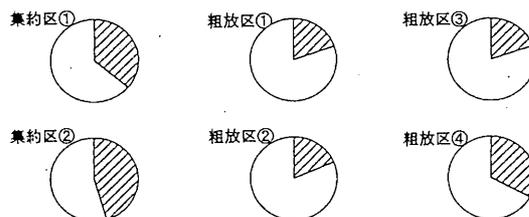


図-3 ケヤキと天然更新木の本数比

斜線はケヤキ、白抜きは天然更新木を示す。

た、被圧木の密度も、粗放区④を除いてケヤキが天然更新木より低かった。試験区間の比較では、ケヤキの優勢木の密度と準優勢木の密度は集約区で高かった。図-3には、優勢木あるいは上層木に占めるケヤキと天然更新木の割合を示した。優勢木に占めるケヤキの割合は集約区で40~50%、粗放区で6~20%であった。同じく上層木では、集約区が36~46%、粗放区が19~33%であった。

(2) 樹高と胸高直径

樹高階分布を図-4に示す。全体の分布の形は、集約区では明瞭な1山型、粗放区では緩やかな1山型から2山型であった。ケヤキと天然更新木それぞれの分布も、全体とほぼ同じ形であった。U検定の結果、ケ

ヤキと天然更新木の樹高は集約区では2調査区とも有意に異なり(①: $p < 0.01$; ②: $p < 0.05$)、粗放区では4調査区いずれにおいても異ならなかった。また、ケヤキ、天然更新木ともに、集約区よりも粗放区に樹高の高い個体が多くみられた。

図-5は、胸高直径階分布である。全体の分布は、最小直径階とそれ以外に複数のピークを持つ形であった。集約区のケヤキの分布は、やや1山型に近かった。粗放区のケヤキは、集約区に比べて小径のものが多かった。また、粗放区には少なからぬ枯死木があり、そのほとんどはヌルデであった。

樹高と胸高直径の関係を図-6に示した。ケヤキの近似曲線は、集約区と粗放区とで分離し、粗放区の方が樹高に対する胸高直径が小さかった。図-7は、ケ

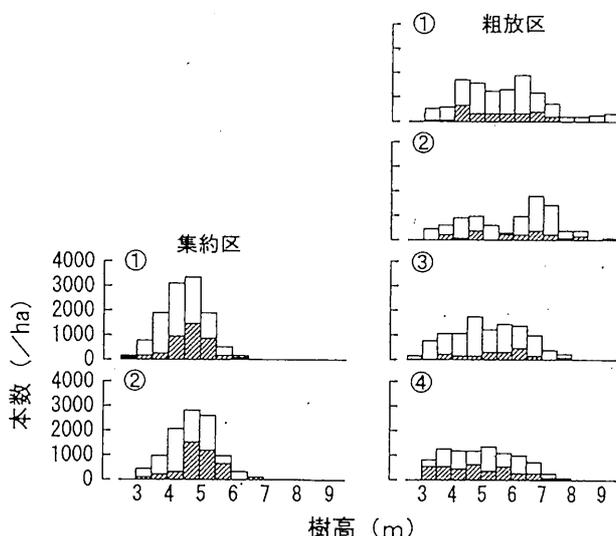


図-4 樹高階分布

斜線はケヤキ、白抜きは天然更新木を示す。

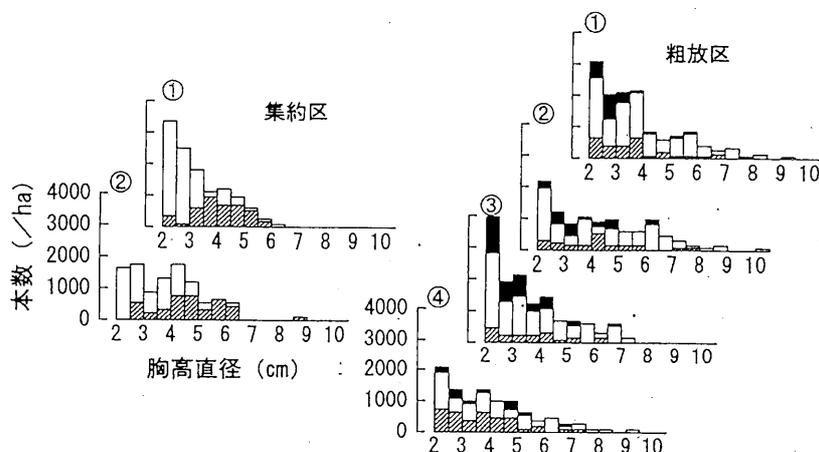


図-5 樹高直径階分布

斜線はケヤキ、白抜きは天然更新木、黒塗りは枯死木を示す。

表一 出現樹種

樹種	積算優占度 ¹⁾ (%) - 最大樹高(m)					
	集約区①	集約区②	粗放区①	粗放区②	粗放区③	粗放区④
ケヤキ ²⁾	41.5 - 6.3	48.5 - 6.5	20.7 - 7.4	20.3 - 8.3	17.0 - 7.5	37.7 - 7.2
ミズキ	4.0 - 4.1	4.5 - 5.2	2.9 - 7.6	2.4 - 9.8	6.4 - 7.7	2.1 - 5.0
ミズメ	13.6 - 6.0	23.7 - 6.2	15.6 - 9.0	30.4 - 8.0	18.6 - 7.5	9.0 - 7.3
ホオノキ	3.0 - 4.3	3.5 - 4.2	6.6 - 7.5	8.2 - 7.9	12.6 - 7.3	3.0 - 5.5
アカシデ	27.4 - 5.7	11.5 - 5.1	6.4 - 7.2	4.5 - 7.3	.	.
エゴノキ	1.2 - 4.4	.	2.7 - 6.3	1.0 - 4.8	4.4 - 6.4	.
シナノキ	3.8 - 3.9	2.8 - 3.8	3.1 - 6.9	2.7 - 6.4	.	.
バッコヤナギ	1.4 - 5.2	1.1 - 6.0	0.4 - 6.2	3.7 - 8.0	.	0.9 - 5.9
ヤマボウシ	1.0 - 4.0	2.1 - 4.2	.	.	.	.
クマシデ	0.6 - 5.4	0.9 - 4.6	.	.	1.0 - 5.9	.
キハダ	.	.	1.7 - 6.0	4.6 - 7.2	8.6 - 6.2	5.1 - 7.6
ヌルデ	.	.	8.4 - 6.1	18.1 - 8.3	24.6 - 6.8	37.8 - 7.1
イタヤカエデ	.	.	5.2 - 6.5	.	1.0 - 3.7	3.1 - 6.5
タニウツギ	.	.	0.7 - 3.1	.	1.6 - 3.3	0.6 - 3.6
ツノハシバミ	.	.	0.3 - 3.8	.	1.0 - 4.3	0.6 - 3.7
ノリウツギ	.	.	0.8 - 3.4	1.6 - 3.4	1.5 - 6.8	.
カスミザクラ	.	0.7 - 4	.	.	.	.
リョウブ	0.5 - 3.7	.	.	.	.	.
ハリギリ	0.6 - 4.3	0.8 - 3.5	.	.	.	.
ヤマモミジ	0.5 - 3.7	.	0.8 - 4.7	.	.	.
ウワミズザクラ	.	.	14.7 - 9.2	0.7 - 5.3	.	.
マユミ	.	.	0.3 - 3.3	0.6 - 3.7	.	.
カマツカ	.	.	0.7 - 4.5	.	0.9 - 4.9	.
ツリバナ	.	.	0.3 - 3.1	.	0.5 - 3.7	.
ミズナラ	1.0 - 3.1	.	.	.	.	.
サウシバ	.	.	3.7 - 5.8	.	.	.
チョウジザクラ	.	.	3.8 - 6.3	.	.	.
ハルニレ	.	.	.	0.8 - 6.9	.	.
ヤマグワ	.	.	.	0.5 - 3.9	.	.
ク	.	.	.	.	0.4 - 4.9	.
出現種数	14	11	21	15	15	10

1)積算優占度=(相対密度+相対胸高断面積合計)/2
2)植栽木のみ

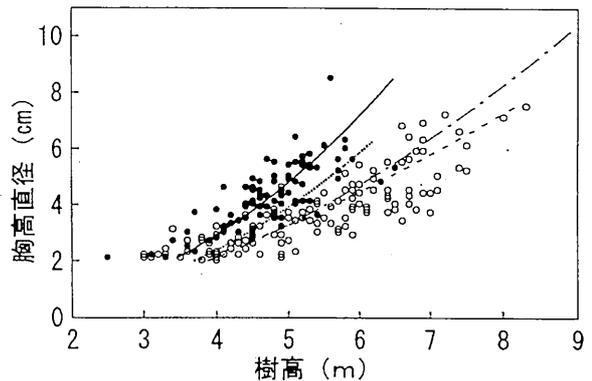
ヤキの形状比(樹高/胸高直径)の頻度分布である。ケヤキの形状比は、集約区に対して粗放区で大きく、両者の違いは有意であった(U検定, $p < 0.01$)。

(3) 出現樹種とその優占度

出現樹種とその積算優占度(以下、優占度)、最大樹高を表一に示す。ケヤキの優占度は集約区において特に高かったものの、それは50%までには至らなかった。粗放区におけるケヤキの優占度は集約区よりも低く、粗放区①を除いてケヤキが優占度第1位の樹種ではなかった。天然更新木は全て落葉広葉樹であった。その出現種数は9~20種で、粗放区でやや多かった。ミズキ、ミズメ、ホオノキは全ての調査区に出現し、この内ミズメは多くの調査区で優占度が高かった。アカシデは粗放区①と粗放区②にもみられるものの、集約区で特に優占度が高かった。一方、粗放区だけに出現した樹種は多く、中でもヌルデは優占度が高かった。

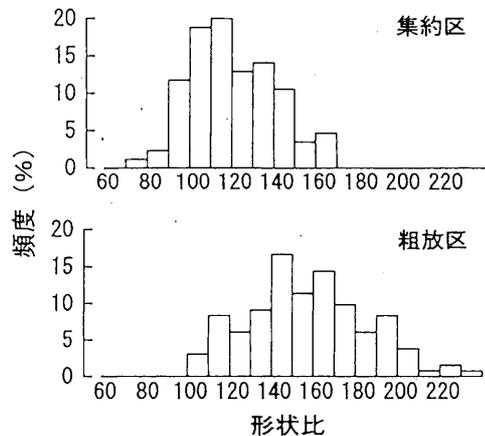
各調査区における最大樹高の大きい樹種は、ケヤキ、ミズキ、ミズメ、ホオノキ、バッコヤナギ、アカシデ、キハダ、ウワミズザクラ、ヌルデなどであった。同じ樹種の最大樹高は、ケヤキ、天然更新木ともに、粗放区が集約区より大きかった。

また、調査時の観察によると、伐根から萌芽で更新したと確認できたのは、粗放区①のウワミズザクラだけであった。形態からみて、天然更新木の多くは実生からの更新であると考えられた。



図一 6 樹高と胸高直径の関係

黒丸と実線は集約区のケヤキ、白丸と破線は粗放区のケヤキ、点線は集約区の天然更新木、一点鎖線は粗放区の天然更新木を示す。



図一 7 ケヤキの形状比の頻度分布

2. ケヤキ植栽木と天然更新木の成長過程

1985年から1999年の継続調査の結果、15年間のケヤキの生存率は集約区で100%、粗放区で92.9%であった。両者の生存率に、有意な差は認められなかった(χ^2 検定)。粗放区における枯死木の多くは植栽翌年の春には枯死していたことから、それらの枯死原因は活着不良であったと考えられた。残りの枯死木の枯死原因は、雪圧による幹折れであった。また、1999年の胸高直径が2 cm未満のケヤキの割合は、集約区で2.6%、粗放区で28.6%であった。

ケヤキと天然更新木の樹高成長過程を図-8に示す。ケヤキは継続調査の結果から、天然更新木は樹幹解析の結果から再現したものである。ケヤキの樹高成長は個体間のばらつきが大きく、それは粗放区でより大きかった。天然更新木の発生は、どちらの区もケヤキの植栽前後に多かった。集約区の天然更新木は1989年前後まで樹高成長が抑制されているのに対し、粗放区の天然更新木には樹高成長の抑制期間はみられなかった。樹高成長曲線の傾きは、天然更新木がケヤキより大きかった。

IV 考察

1. ケヤキの成長と林分構造に対する下刈りの省略の影響

集約区の継続調査区では、誤伐が発生しなかった。また、16年生時に設定した集約区の調査区では、ケヤキの密度は植栽時と同じ4,000本/ha程度であった。これらのことは、集約区全体において誤伐が発生しなかったことを示している。これは、試験地であるために慎重に下刈りがなされた結果であると考えている。

集約区では、下刈りが終了してから10年が経過した2000年でも植栽されたケヤキのほとんどが上層木として存在していた。しかし、上層木に占めるケヤキの割合やケヤキの優占度は、50%に満たなかった。樹高成長過程をみると、ケヤキと天然更新木との競合が激しくなったのは1997年頃からだと推定できる。したがって、2000年に上層木の半数以上を天然更新木が占めていたのは、ケヤキが天然更新木に被圧されたためではなく、ケヤキによって林冠が閉鎖されないうちに天然更新木の樹高がケヤキに追いついたことが理由であると考えられる。

一方の粗放区では、2000年に上層木として存在したケヤキは植栽された本数の半数以下で、上層木に占めるケヤキの割合やケヤキの優占度は集約区よりもさらに低かった。粗放区の樹高成長過程は、ケヤキと天然更新木との競合が1986年には既に始まっていることを

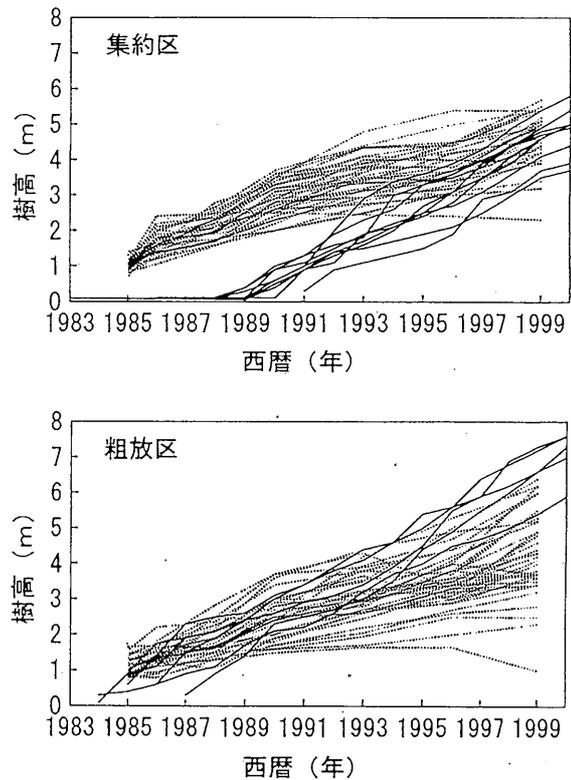


図-8 樹高成長過程

点線はケヤキ、実線は天然更新木を示す。

示している。これらのことから、粗放区では樹種を問わず15年間の競争に勝ち残ってきたものが上層にあり、その過程で多くのケヤキが被圧されたことがわかる。

以上のことは、植栽後数年間の植栽木と天然更新木との関係がその後の植栽木の成長や林分構造に大きく影響することを示している。植栽木の健全な生育にとって、下刈りの果たす役割は大きいといえる。

2. ケヤキ林の成林と下刈りの省略の可否

集約区では、上層木の半数近くをケヤキが占めていることから、ケヤキと競合する天然更新木を除伐することで、早い段階からケヤキの優占度を高めることができると考えられる。したがって、集約区をケヤキ純林かそれに近い林型に誘導することは、それほど困難ではないといえる。

ウダイカンバやカツラなど6種を植栽した造林地(横井, 2000)では、6年間の下刈り(最後の2年はツルの除去だけだったので、実質4年間の下刈り; 誤伐の発生なし)が行われ、6年生時には既に植栽木によって林冠が閉鎖していた。この造林地で早期の林冠閉鎖が実現した理由には、下刈りによる雑草木の除去に加え、このときの植栽密度が6,300本/haと高かつ

たこと、植栽木が雪害や獣害を受けなかったことをあげることができる。このことは、成林に対する下刈りの効果は、他の条件がプラスに作用することでより大きくなることを示している。

一方の粗放区では、上層木に占めるケヤキの割合が低いこととケヤキの形状比が高いことから、1回の除伐でケヤキ以外の天然更新木を全て除去することはできない。これは、形状比の高い個体が点在する状態になると、雪害や風害といった気象害の発生、下枝や後生枝の発達による樹形の乱れなど、弊害が生じる危険性が高くなると考えられるからである。そのため、粗放区でケヤキの優占度を高くしてゆくには、弱度の除伐を何回か繰り返すことが必要となる。したがって、粗放区をケヤキ純林に誘導することは、時間と手間がかかることから現実的ではないといえる。

以上のことから、下刈りの実施は植栽木による成林のための必要条件であることがわかる。さらに、ここで求められる下刈りには誤伐が伴ってはならないため、そのコストが現行の下刈りに比べて大きくなることは避けられない。

3. 広葉樹造林における下刈りの省略の可能性

植栽による広葉樹造林は、下刈り一誤伐問題だけでなく植栽適地や獣害などの問題も抱えているため、現行のようにスギやヒノキを広葉樹に置き換えただけの方法で成林を望むことは難しい。したがって、広葉樹植栽木による成林を実現させるためのコストとそれに伴うリスクは、針葉樹人工林施業よりも大きくなることが多い。広葉樹植栽木による成林を頑なに望むのであれば、このことを常に念頭に置く必要がある。

ここで、本試験の結果を別の視点から見直してみたい。前述のとおり、粗放区ではケヤキによる成林は期待できないと考えられた。しかし、そこにはミズメやホオノキ、ミズキなどの市場価値が高い広葉樹が上層木として存在した。これらの天然更新木をケヤキと同等に扱ってもよいのであれば、粗放区においても木材生産を目的とした広葉樹林の成林は期待できる。すなわち、植栽木だけに固執するのをやめれば、成林の可能性はそうでないときよりもずっと高くなるといえる。こうした考え方が許される場合には、下刈りの省略も可能となる。むしろ、せっかく更新した天然更新木を伐採し、その上植栽木を誤伐してしまう危険のある下刈りを実施する方が、成林にとってマイナスである。このことは広葉樹造林に限ったことではなく、スギやヒノキの造林地においても下刈りを省略することで針広混交林が成立する可能性が報告されている(赤井ら、1997a; 赤井ら、1997b)。なお、集約区ではケヤキ林

が成林する可能性がある」と述べたものの、市場価値の高い天然更新木が生育していたことから、ここでもそれらを交えた広葉樹林を目標にすることは可能である。

本試験では植栽による造林にとっての下刈りの重要性が再確認できたと同時に、場合によっては下刈りの省略も可能であることが示唆された。ただし、このことは直ちに広葉樹造林では下刈りが必要ないということの意味するものではない。下刈りのことだけにとどまらず、最適な作業は場合場合で異なると考えられるが、そのことはまだ何も議論されていない。さらに多くの知見を集めた上での、広葉樹造林の目的の再確認までもを含めた総合的な議論が望まれる。

V 謝 辞

本研究の試験地の設定は稲部正徳、中垣勇三、水谷和人の各氏が担当し、その後の試験地の管理と継続調査は谷口好文、山口清、水谷嘉宏の各氏(いずれも当時岐阜県寒冷地林業試験場)が筆者とともに担当した。2000年の調査には井川原弘一、渡邊仁志、大橋章博、大洞智宏の各氏(岐阜県森林科学研究所)の協力を得た。また、本研究の実施に当たり農林水産省の「集約施業等導入実験事業」(1985~1989年)と同省の農林水産新技術実用化型研究開発「多様な広葉樹林の育成・管理技術の開発」(2000年)の補助を受けた。各位に感謝する。

引用文献

- 赤井龍男・吉村健次郎・青木隆(1997a) 下刈りを省いた若い造林地の生長について(Ⅰ) 多雪地帯の広葉樹繁茂地におけるスギの生長. 日林論98: 285-286.
- 赤井龍男・吉村健次郎・岡田寔(1997b) 下刈りを省いた若い造林地の生長について(Ⅱ) 少雪地帯の広葉樹繁茂地におけるヒノキの生長. 日林論98: 287-288.
- 草下正夫(1965) 雑草木の生態と下刈. (造林ハンドブック, 935pp, 養賢堂, 東京). 249-254.
- 前田雄一(1999) 広葉樹人工林の成林阻害要因について—大面積造林地で発生する下刈り時の誤伐被害—. 森林応用研究8: 125-128.
- 日本気象協会岐阜支部(1992) 岐阜県気象年報平成3年版. 75pp, 日本気象協会岐阜支部, 岐阜.
- 高橋喜平(1968) 最深積雪指示計について. 雪氷30: 111-114.
- 谷口真吾(1994) 広葉樹人工造林地の下刈りに関する

研究 (I) ケヤキ造林木の根元周囲を不織布シートで被覆した場合の雑草木の抑制効果. 兵庫林試研報41 : 22-31.

横井秀一 (2000) 単木混交で植栽された広葉樹 6 種の初期成長. 岐阜県森林研研報29 : 9-14.

横井秀一・水谷嘉宏・横谷祐治・山口清 (1999) 多雪地域に植栽された広葉樹 8 種が植栽後 7 年間に受けた諸被害. 岐阜県森林研研報28 : 1-8.