

ISSN 1345-6520

岐阜県森林科学研究所

研 究 報 告

第 30 号

Bulletin of the Gifu Prefectural
Forest Science Research Institute

岐阜県森林科学研究所

岐阜県美濃市

平成 13 年 3 月

目 次

論 文

- 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 1
横 井 秀 一

資 料

- 下呂実験林の適地適木実験林における植栽樹種の成長過程 (I)
ーヒノキの成長と土壌型, 施肥の影響ー 9
井川原 弘 一
- ケヤキにおけるクワカミキリ幼虫の加害様式 17
大 橋 章 博
- アカマツ及びスギ丸太を使ったブクリョウの栽培 21
坂 井 至 通
今 井 和 重

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、粗放区ではス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、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

1 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蔵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。試験地は南西向きの斜面中部に位置し、標高は950m、傾斜は32～45度、土壌型はBd(d)型である。気象条件を最寄りの六蔵地域気象観測所（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月に先行地帯えがなされ、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。

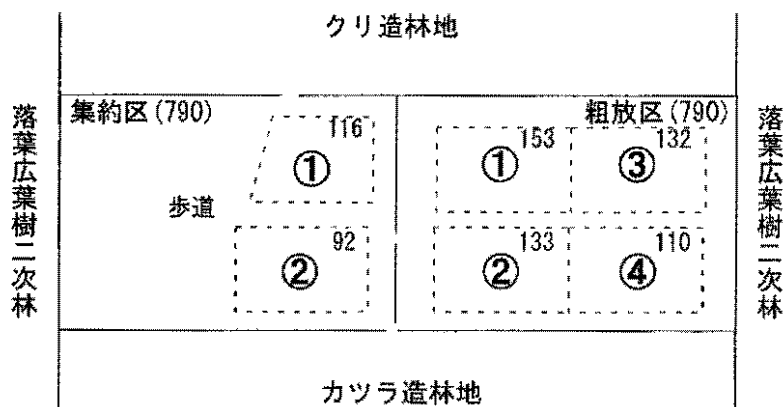


図-1 調査区の配置(模式図)

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 (本/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	3690
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。

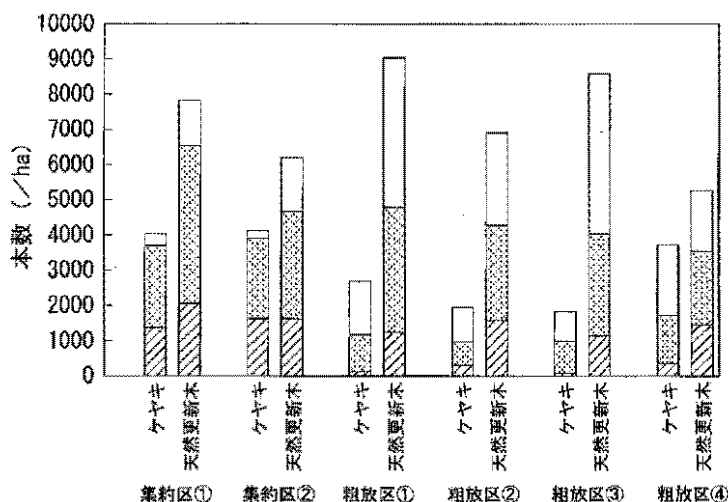
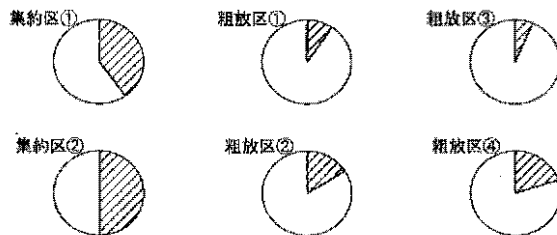


図-2 ケヤキと天然更新木の樹冠級別の密度

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

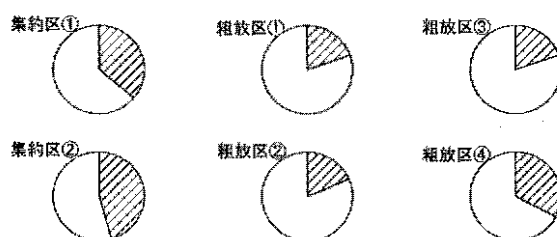


図-3 ケヤキと天然更新木の本数比

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

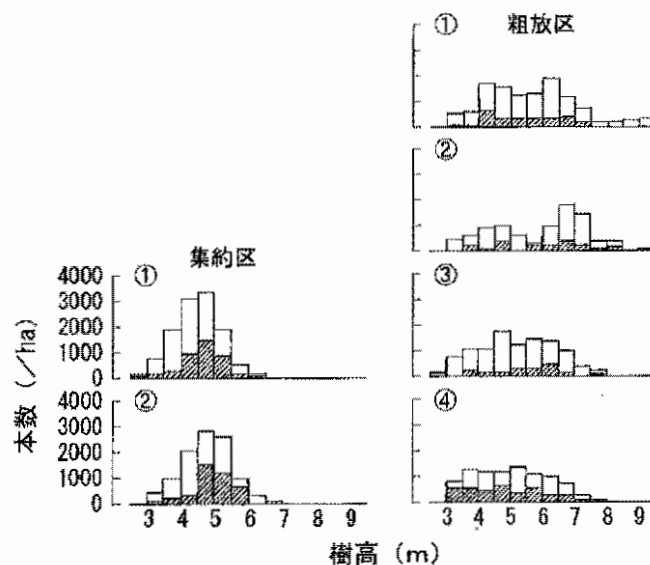


図-4 樹高階分布

斜線はケヤキ、白抜きは天然更新木を示す。

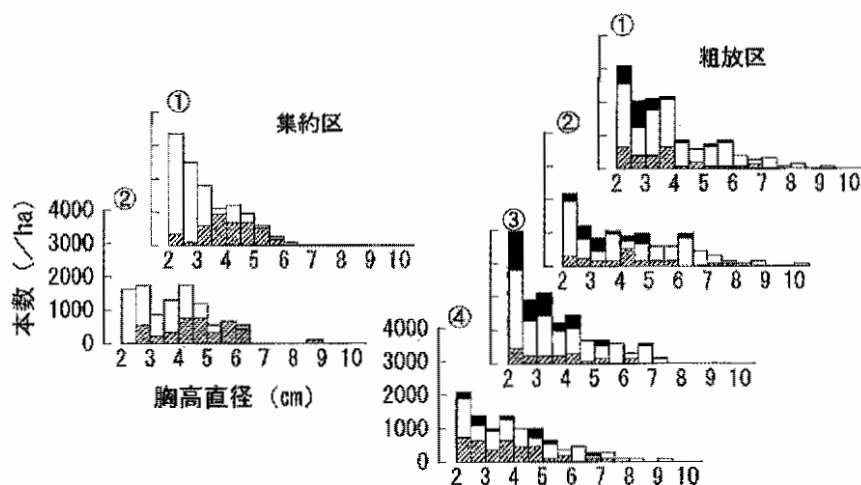


図-5 樹高直径階分布

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-2 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⁾	41.6 - 6.3	48.5 - 6.5	20.7 - 7.4	26.3 - 6.3	17.0 - 7.5	37.7 - 7.2
ミズキ	4.0 - 4.1	4.5 - 6.2	2.9 - 7.5	2.4 - 9.3	6.4 - 7.7	2.1 - 5.0
ミズメ	13.0 - 0.0	23.7 - 6.2	15.6 - 9.0	30.4 - 8.0	18.0 - 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	11.6 - 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 - 8.6	•	0.9 - 5.9
ヤマボウシ	1.0 - 4.0	2.1 - 4.2	•	•	•	•
クマシデ	0.0 - 5.4	0.0 - 4.0	•	•	1.0 - 6.0	•
キハダ	•	•	1.7 - 6.0	4.6 - 7.2	8.6 - 9.2	5.1 - 7.6
ヌルデ	•	•	8.4 - 6.1	18.1 - 9.3	24.6 - 6.6	37.8 - 7.1
イダヤカエデ	•	•	5.2 - 6.5	•	1.0 - 3.7	3.1 - 6.6
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	0.8 - 4.3	0.0 - 3.5	•	•	•	•
ヤマモミジ	0.5 - 3.7	•	0.6 - 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 - 5.6	•	•	•
チヨウジザクラ	•	•	3.8 - 6.3	•	•	•
ハルニシ	•	•	•	0.8 - 6.9	•	•
ヤマグワ	•	•	•	0.5 - 3.9	•	•
刈	•	•	•	•	0.4 - 4.8	•
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-2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。

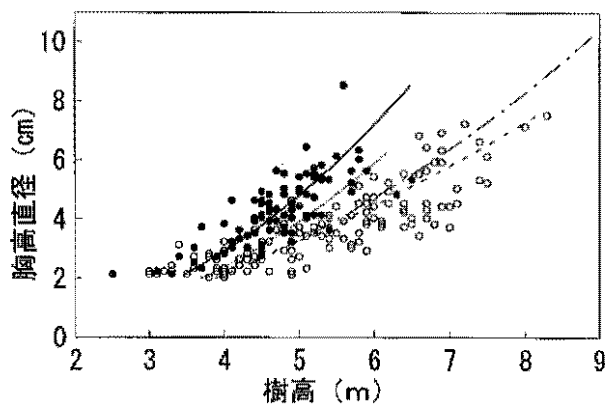


図-6 樹高と胸高直径の関係

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。

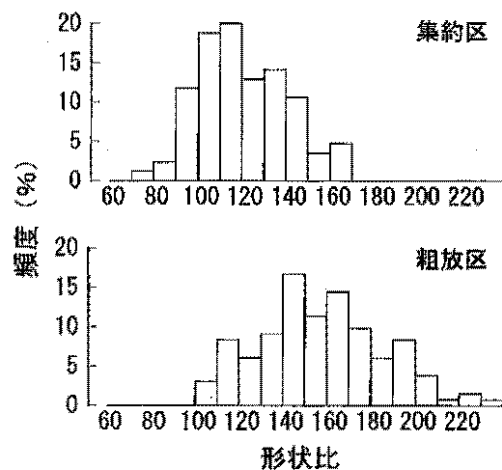


図-7 ケヤキの形状比の頻度分布

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

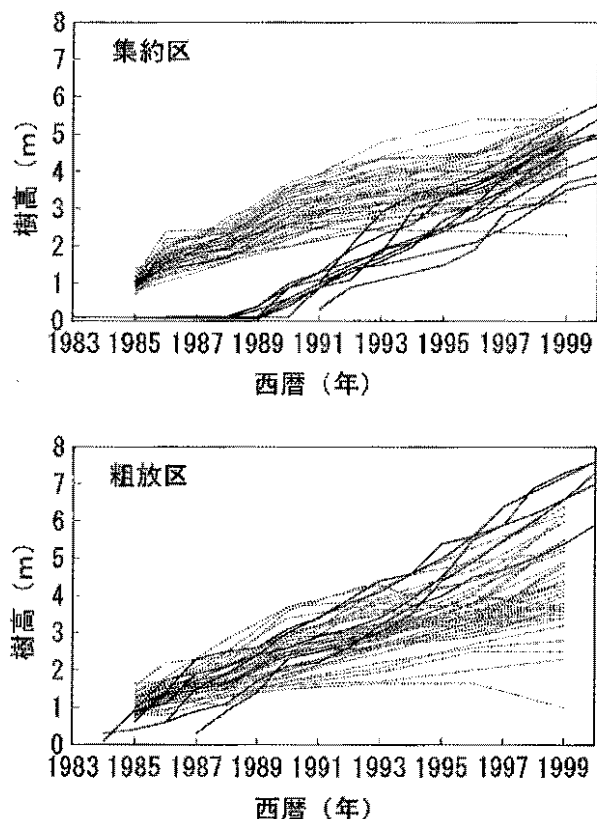


図-8 樹高成長過程

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が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、ミズギ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・岡田塞(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(1963) 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.

資 料

下呂実験林の適地適木実験林における植栽樹種の成長過程 (I)

— ヒノキの成長と土壌型, 施肥の影響 —

井川原 弘一

キーワード: 適地適木, 下呂実験林, ヒノキ, 施肥, BD, BD(d), BW

I はじめに

収穫期間の長い林業では造林木を成育に適した土地に植栽し, 最大の収穫を得ることが重要となる。そのため, 林業では「適地適木」という言葉がよくに使われ, この概念は古くは江戸時代の頃から「尾根マツ, 沢スギ, 中ヒノキ」などと言われ (塘, 1992) 経験的な知見としてあった。このように, 一度植えたら40年は伐採できない林業にとって適地適木は関心の高い問題である。

岐阜県林業試験場 (当時) は, 岐阜県における適地適木の指標を検討するために1965年に益田郡下呂町小川地内の下呂財産区有林実験林区域内 (下呂実験林) に, 適地適木実験林を造成した。この実験林は適潤性褐色森林土, 適潤性褐色森林土偏乾亜型, 乾性褐色森林土に主要造林木であるスギ, ヒノキ, アカマツが植栽された。そして, 施肥量別に試験区が設けられ, その成長の過程が継続調査されている。

幼齢林 (植栽後) 施肥の目的は, 植栽木の閉鎖を早めて, 皆伐による土壌の悪化をできるだけ防止することが目標である (塘, 1971)。また, 幼齢林の林冠が閉鎖して成木林になると成木林施肥が行われる。その目標は材積成長の低下を防止し林分の材積成長を増大し, 林地の生産性を高めることにある (藤田, 1977)。この試験地においても植栽時 (1~3年生) と閉鎖開始時 (8~10年生) に施肥が行われている。

適地適木実験林で行われた試験の結果を報告したものととして, 中川 (1982) による植栽17年後における樹種別の林地土壌の変化に関する報告があるが, 植栽木の成長と植栽土壌および施肥についての報告はない。

そこで, 本報告では適地適木実験林に植栽されたヒノキを対象に岐阜県森林科学研究所内に残されている調査データと資料を整理し, ヒノキの成長と土壌型および施肥の影響について検討した。

II 試験概要と解析方法

1. 試験地と施業履歴

適地適木実験林は, 標高約500m (BD, BD(d)試験地), 約630m (BW試験地), 年平均気温13.3℃, 年降水量2,530mm, 基岩は濃飛流紋岩類の溶結凝灰岩である。試験地は土壌型の異なる3試験地を設け, それぞれの試験地内で施肥量を違えた5つの試験区が表-1のように設定された。試験地の土壌型は, BD型 (BD試験地) とBD(d)型 (BD(d)試験地) およびBW型 (BW試験地) の3型であった。各試験地の配置を図-1に模式的に示した。BD試験地とBD(d)試験地は傾斜30~35°の北向き斜面にあり, 両試験地は約300m離れている。また, BW試験地は山頂緩斜面に設定された。この試験地は土壌型がBD(d)型に近い特徴を持つBB型土壌であったためBW型であるとし, BW試験地と名付けた。

適地適木実験林における施業履歴は表-2に示すとおりである。これらは岐阜県林業試験場業務報告および岐阜県林業センター業務報告と調査野帳の記録に基づいた。施肥は1965~1967年と1972~1974年に行われた。

表-1 適地適木実験林 (ヒノキ) の試験区

試験地	試験区	施肥量 (N成分)	
		1965-1967 (g/本)	1972-1974 (kg/ha)
BD	N 0	0	0
	N 4	4	35
	N 7	7	
	N 10	10	70
	N 13	13	
BD(d)	N 0	0	0
	N 4	4	35
	N 7	7	
	N 10	10	70
	N 13	13	
BW	N 0	0	0
	N 4	4	35
	N 7	7	
	N 10	10	70
	N 13	13	

2. 調査履歴とデータの整理

岐阜県森林科学研究所に残されている調査野帳と資料から得られた調査履歴を示したものが表-3である。1980年には、それ以前に調査対象木から外れていたヒノキも対象木とした。また、Bw試験地は管理不足などが原因で試験地の再設定が困難であったため、1980年以降には測定が行われていない。

1987年5月にはBd試験地、Bd(d)試験地の調査対象面積を精査した。精査の結果、1980年からの調査対象面積はBd試験地が314m²、Bd(d)試験地が372m²に確定された。

なお、林齢は植栽後、成長期間を経た回数で数えた。1975年3月、1993年5月、2000年4月は、まだ成長が始まっていないものと考え、それぞれの林齢を10年、28年、35年とした。樹高測定がサンプリング調査であっ

たものについては、胸高直径と樹高の関係からべき乗回帰により未測定木の樹高を推定した。

3. 解析方法

(1) 施肥による成長差

植栽後3年間（林齢1～3年）に行った施肥の効果を検討するために、各試験地における施肥後（林齢で4年）の樹高を試験区ごとに比較した。また、林齢8～10年時に行った施肥の効果を検討するために、施肥を行う前の7年生時の樹高と10年生時の樹高から成長量を求め比較した。しかし、10年生時の測定データは、Bd試験地のN0区とN13区、Bd(d)試験地のN0区とN10区、N13区、Bw試験地のN0区だけしか保存されていないため、この比較はBd試験地とBd(d)試験地における施肥と無施肥による比較とした。

(2) 土壌型による成長差

ヒノキ植栽地の土壌型による成長差を検討するため、試験地ごとにヒノキの成長を検討した。なお、各試験地には施肥試験区を設けてあるが、すべての試験地で等しい施肥量の試験区があることから、データはすべての試験区のデータを使用した。初期成長と土壌型との関係をみるためにBd試験地、Bd(d)試験地、Bw試験地の1～10年生時の樹高について検討した。

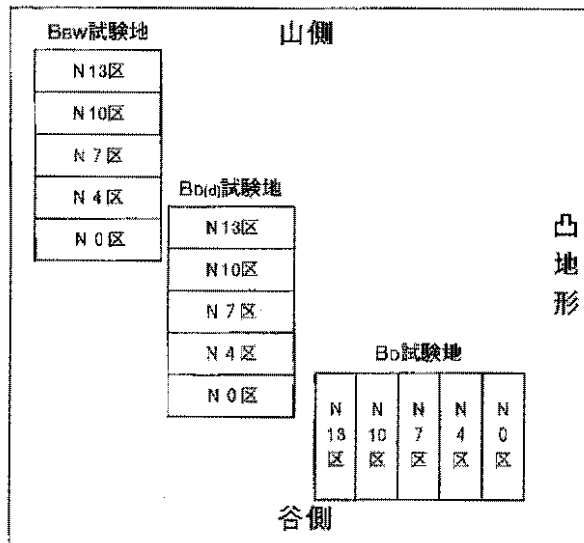


図-1 試験地の配置（模式図）

表-2 施業履歴

施業内容	施業年月
植栽	1965.4
補植	無
下刈	1966.6, 1967.6, 1967.9
施肥※	1965.6, 1966.6, 1967.5, 1972, 1973, 1974
枝打	1972, 1973, 1978
間伐	1981, 1987

※施肥量は1965-1997と1972-1974で異なる

表-3 調査履歴

調査年月	林齢	Bd試験地		Bd(d)試験地		Bw試験地	特記事項
		樹高	胸高直径	樹高	胸高直径	樹高	
1965.7	1	○	—	○	—	○	
1966.11	2	○	—	○	—	○	
1967.11	3	○	—	○	—	○	
1968.10	4	○	—	○	—	○	
1969.11	5	○	—	○	—	○	
1970.12	6	○	—	○	—	○	
1971.10	7	○	—	○	—	○	
1972.12	8	○	—	○	—	○	1本おきに測定
1973.12	9	○	—	○	—	—	
1975.3	10	△	—	△	—	△	N0区はすべて測定
1980.9	16	○	○	○	○	—	調査対象木：増
1987.5	22	○	○	○	○	—	調査対象面積の確定
1992.8	28	—	○	—	○	—	
1993.5	28	○	—	○	—	—	
1995.7	31	○	○	○	○	—	
2000.4	35	—	—	○	○	—	

注) ○：全木測定、○：サンプリング、△：測定データ不完全、—：未測定

その後、16～31年生時のデータからB D、B D(d)試験地における胸高直径および樹高成長と植栽土壌の関係について検討した。

III 結果と考察

1. 調査データの集計

調査データを集計した結果、表-4に示したものが試験区ごとの林齢1～10年生までの平均樹高であり、

表-5に示したものが試験地ごとの平均樹高と平均胸高直径である。31年生時の平均樹高を岐阜県の地位別上層樹高生長曲線（岐阜県林政部、1992）にあてはめ地位級を推定すると、B D試験地、B D(d)試験地ともに地位級は1であった。

2. 施肥による成長差

B D試験地、B D(d)試験地、B Bw試験地での樹高成長を検討する前に、各試験地における試験区間の1

表-4 試験区別のヒノキの平均樹高

		(単位: m)									
		N 0 区		N 4 区		N 7 区		N 10 区		N 13 区	
B D 試験地	1	0.63 ± 0.13	(21)	0.63 ± 0.13	(20)	0.62 ± 0.09	(24)	0.61 ± 0.09	(24)	0.67 ± 0.10	(24)
	2	0.88 ± 0.15	(20)	0.99 ± 0.24	(20)	0.98 ± 0.26	(22)	0.96 ± 0.17	(24)	1.10 ± 0.19	(23)
	3	1.01 ± 0.16	(20)	1.23 ± 0.32	(20)	1.33 ± 0.31	(21)	1.27 ± 0.27	(23)	1.44 ± 0.27	(22)
	4	1.23 ± 0.25	(20)	1.62 ± 0.38	(20)	1.75 ± 0.46	(22)	1.74 ± 0.35	(23)	1.94 ± 0.36	(22)
	5	1.60 ± 0.39	(20)	2.01 ± 0.45	(20)	2.14 ± 0.52	(23)	2.28 ± 0.40	(23)	2.39 ± 0.40	(22)
	6	2.00 ± 0.39	(20)	2.48 ± 0.44	(20)	2.67 ± 0.58	(23)	2.85 ± 0.48	(23)	2.88 ± 0.50	(21)
	7	2.65 ± 0.47	(20)	3.15 ± 0.52	(20)	3.27 ± 0.59	(23)	3.40 ± 0.47	(23)	3.47 ± 0.56	(22)
	8	3.11 ± 0.37	(10)	3.82 ± 0.51	(10)	4.04 ± 0.46	(12)	4.02 ± 0.50	(12)	3.77 ± 0.79	(11)
	9	3.90 ± 0.28	(14)	4.49 ± 0.61	(18)	4.57 ± 0.46	(16)	4.78 ± 0.38	(14)	4.55 ± 0.68	(17)
	10	4.38 ± 0.50	(18)	未測定		未測定		未測定		5.18 ± 0.65	(16)
B D(d) 試験地	1	0.66 ± 0.10	(38)	0.65 ± 0.12	(24)	0.62 ± 0.09	(28)	0.58 ± 0.13	(27)	0.59 ± 0.11	(27)
	2	0.88 ± 0.14	(38)	0.91 ± 0.23	(20)	1.03 ± 0.21	(26)	0.98 ± 0.25	(27)	0.95 ± 0.21	(26)
	3	1.12 ± 0.22	(38)	1.18 ± 0.31	(20)	1.38 ± 0.28	(26)	1.35 ± 0.34	(26)	1.33 ± 0.26	(26)
	4	1.52 ± 0.33	(36)	1.58 ± 0.37	(20)	1.88 ± 0.36	(26)	1.86 ± 0.45	(26)	1.87 ± 0.34	(26)
	5	1.96 ± 0.42	(36)	2.07 ± 0.44	(20)	2.35 ± 0.44	(26)	2.33 ± 0.54	(26)	2.22 ± 0.43	(26)
	6	2.57 ± 0.50	(36)	2.64 ± 0.46	(19)	2.90 ± 0.47	(26)	2.80 ± 0.62	(26)	2.74 ± 0.43	(26)
	7	3.20 ± 0.48	(36)	3.23 ± 0.48	(19)	3.54 ± 0.50	(26)	3.37 ± 0.79	(26)	3.32 ± 0.46	(26)
	8	3.73 ± 0.62	(16)	3.57 ± 0.60	(9)	4.17 ± 0.43	(11)	3.81 ± 1.20	(13)	3.82 ± 0.31	(13)
	9	4.40 ± 0.60	(33)	4.54 ± 0.72	(18)	4.65 ± 0.59	(24)	4.27 ± 0.94	(24)	4.33 ± 0.51	(23)
	10	4.97 ± 0.56	(33)	未測定		未測定		4.92 ± 1.17	(20)	5.01 ± 0.56	(23)
B Bw 試験地	1	0.69 ± 0.11	(42)	0.65 ± 0.09	(28)	0.63 ± 0.10	(27)	0.64 ± 0.12	(24)	0.68 ± 0.13	(27)
	2	1.12 ± 0.18	(42)	1.15 ± 0.19	(28)	1.05 ± 0.17	(28)	1.10 ± 0.17	(22)	1.10 ± 0.20	(27)
	3	1.42 ± 0.21	(42)	1.36 ± 0.21	(26)	1.27 ± 0.18	(29)	1.33 ± 0.22	(19)	1.38 ± 0.24	(27)
	4	1.80 ± 0.27	(41)	1.57 ± 0.26	(26)	1.65 ± 0.24	(30)	1.61 ± 0.29	(21)	1.77 ± 0.29	(27)
	5	2.12 ± 0.38	(42)	1.80 ± 0.39	(23)	2.04 ± 0.33	(31)	1.99 ± 0.27	(19)	2.13 ± 0.34	(27)
	6	2.58 ± 0.37	(42)	2.26 ± 0.39	(25)	2.38 ± 0.37	(32)	2.15 ± 0.46	(21)	2.47 ± 0.38	(27)
	7	2.93 ± 0.48	(38)	2.48 ± 0.50	(21)	2.71 ± 0.38	(21)	2.65 ± 0.55	(21)	2.76 ± 0.39	(24)
	8	3.41 ± 0.53	(18)	2.89 ± 0.54	(12)	3.04 ± 0.51	(11)	2.95 ± 0.37	(10)	3.18 ± 0.42	(13)
	9	未測定		未測定		未測定		未測定		未測定	
	10	4.19 ± 0.48	(12)	未測定		未測定		未測定		未測定	

主) 値は「平均値±標準偏差 (測定個体数)」を示す。

表-5 試験地別のヒノキの平均樹高および平均胸高直径

林齢	平均樹高 (m)			平均胸高直径 (cm)	
	B D試験地	B D(d)試験地	B Bw試験地	B D試験地	B D(d)試験地
1	0.63 ± 0.11 (113)	0.63 ± 0.10 (143)	0.66 ± 0.11 (146)		
2	0.99 ± 0.22 (109)	0.95 ± 0.20 (136)	1.11 ± 0.18 (146)		
3	1.26 ± 0.30 (106)	1.27 ± 0.28 (135)	1.36 ± 0.22 (141)		
4	1.67 ± 0.43 (107)	1.74 ± 0.36 (133)	1.70 ± 0.28 (142)		
5	2.10 ± 0.51 (108)	2.19 ± 0.45 (133)	2.03 ± 0.37 (138)		
6	2.59 ± 0.57 (107)	2.74 ± 0.47 (131)	2.40 ± 0.41 (142)		
7	3.20 ± 0.59 (108)	3.35 ± 0.50 (131)	2.74 ± 0.48 (125)		
8	3.77 ± 0.62 (55)	3.88 ± 0.55 (61)	3.13 ± 0.61 (64)		
9	4.47 ± 0.58 (79)	4.46 ± 0.59 (121)	未測定		
10	4.75 ± 0.70 (34)	5.03 ± 0.56 (75)	4.19 ± 0.46 (12)		
16	8.5 ± 1.48	7.9 ± 0.30	未測定	9.6 ± 2.44 (109)	10.1 ± 1.88 (139)
22	10.7 ± 1.42	12.4 ± 0.60	未測定	12.9 ± 2.55 (89)	13.5 ± 2.12 (100)
28	13.8 ± 0.79	14.6 ± 0.80	未測定	15.0 ± 2.46 (68)	15.6 ± 2.46 (82)
31	14.9 ± 0.97	15.2 ± 1.36	未測定	16.2 ± 2.92 (61)	16.3 ± 2.89 (82)
35	未測定	16.9 ± 1.34 (80)	未測定	未測定	17.4 ± 3.10 (80)

※: 数値は10年生までと35年生は「平均樹高±標準偏差 (測定個体数)」
それ以外は「平均推定樹高±標準偏差」

※: 数値は「平均胸高直径±標準偏差 (測定個体数)」

年生時の樹高に差があるか検討したところ、試験地内の各区間では有意な差はなかった (Kruskal-Wallis 検定)。このことから植栽時の樹高に試験区間の差はないものとして、樹高成長への施肥の影響を検討した。

(1) B D 試験地

B D 試験地における試験区ごとの平均樹高の推移を図-2に示す。平均樹高は3年生からN0区の樹高が他の施肥区と比較して低くなり、8年生の時点でN0区と他の試験区の平均樹高の差は大きく開いていた。

4年生時の樹高の頻度分布を図-3に示す。N0区では頻度のピークが1.5~2.0mにあったのに対し、N4区ではピークが1.5~2.5mにあり、N13、N10、N7区では2.0~2.5mにピークがあった。これらの試験区間の樹高に差があるか検定 (Dunnの多重比較検定) したところN0区とN4区*, N7区**, N10区**, N13区**との間に有意な差が認められた (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)。

これらの結果から、B D 試験地では植栽初期の3年間の施肥によって、施肥量による差は明確ではないものの施肥区と無施肥区の樹高成長に差が生じたものと考えられる。

次に8~10年生時に行った施肥についてN0区とN13区の7年生から3年間の樹高成長量に違いがあるか検討したところ、有意な差は認められなかった (Mann-WhitneyのU検定)。

(2) B D(d) 試験地

B D(d) 試験地における試験区ごとの平均樹高の推移を図-4に示す。4年生時にはN0区、N4区と比較してN7区、N10区、N13区の平均樹高が高かった。B D(d) 試験地の4年生時の樹高の頻度分布を図-5に示す。N13区、N10区、N7区がN0区、N4区と比較して頻度は樹高の高い方に分布していた。そこで、各試験区間の樹高の差を検定 (Dunnの多重比較検定) したところN4区とN10区*の間、N0区とN13区**, N10区**, N7区**の間に有意な差が認められた (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)。このことから4年生時では施肥量の多いN13区、N10区、N7区の成長が良かったことがわかる。

2回目の施肥について検討すると、N0区とN13・10区について、7年生から3年間の樹高成長量を検定した結果、両者の間には有意な差が認められなかった (Mann-WhitneyのU検定)。

(3) B B W 試験地

B B W 試験地の各試験区ごとの平均樹高の推移を図-

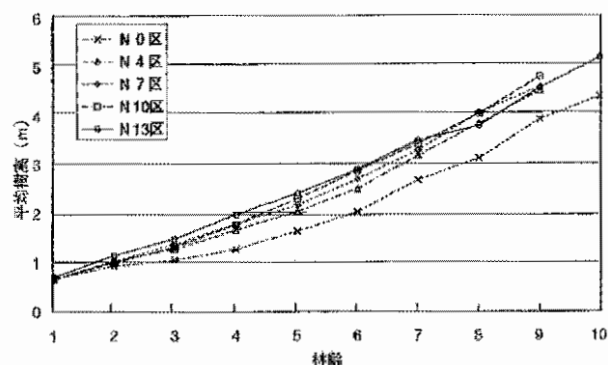


図-2 B D 試験地の試験区別平均樹高の推移

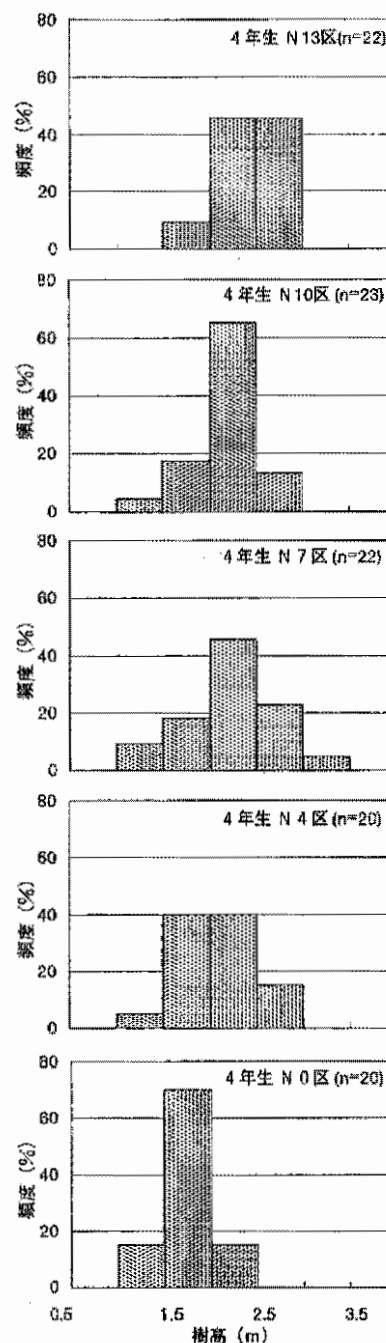
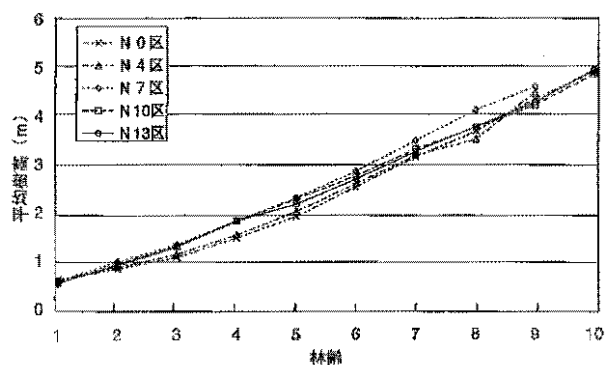
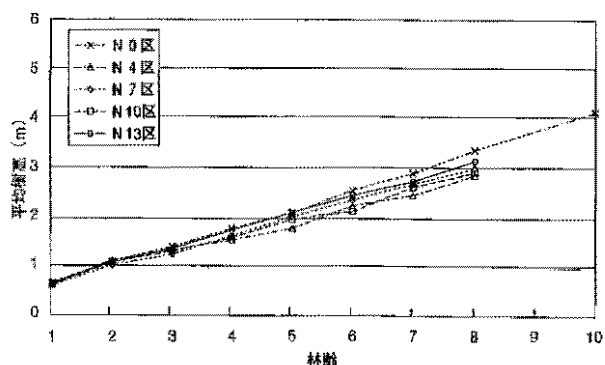


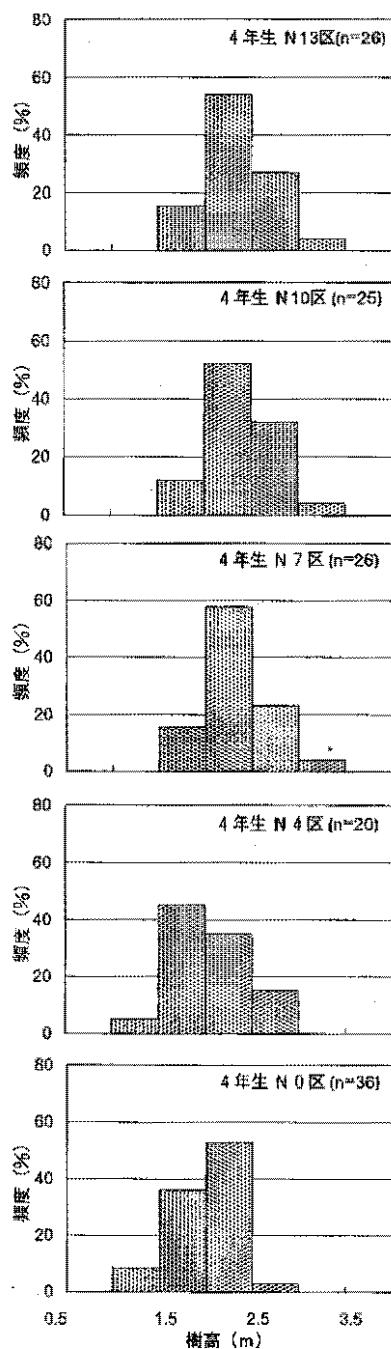
図-3 B D 試験地の4年生時の樹高階級頻度分布



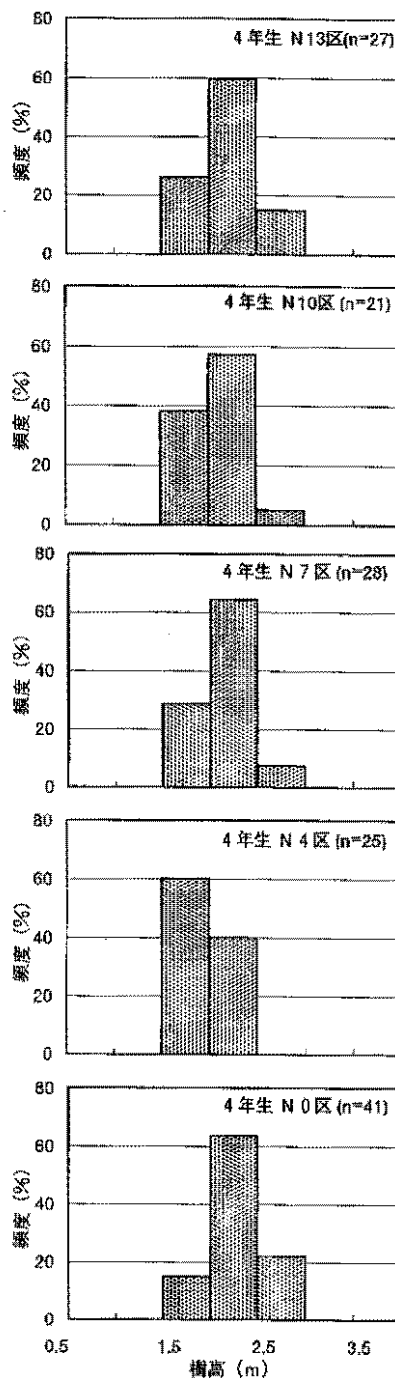
図一 4 B D(d)試験地の試験区別平均樹高の推移



図一 6 B W試験地の試験区別平均樹高の推移



図一 5 B D(d)試験地の 4 年生時の樹高階頻度分布



図一 7 B W試験地の 4 年生時の樹高階頻度分布

6に示す。8年生の時点で樹高はN0区、N13区、N7区、N10区、N4区の順で大きかった。4年生時の樹高の頻度分布を図-7に示す。N4区のピークが樹高1.5~2.0mにあり、他の試験区のピークが樹高2.0~2.5mにあった。試験区間の樹高の差を検定(Dunnの多重比較検定)したところN4区とN13区^{*}、N0区^{**}の間に有意な差が認められた(^{*}: $p<0.05$, ^{**}: $p<0.01$)。2回目の施肥については、10年生時の施肥区のデータがないため検討しなかった。

(4)施肥効果と植栽土壌型

ここまでの結果から幼齢時の施肥では施肥量とヒノキの成長に明確な関連はないが、BD試験地、BD(d)試験地においては施肥区と無施肥区の間で成長に差が認められた。しかし、BBw試験地においては施肥区と無施肥区の間には明確な差は認められなかった。

土壌条件による施肥の効果については、いくつかの研究事例がある。桑原(1964)は植栽したスギにおいてBB型では効果が大きく持続性は短いのに対し、BD(d)型では効果は小さく持続性があると報告している。一方で、岩川ら(1968)は植栽したスギにおいてBD型>BC型>BB型の順に効果があったとしており、施肥効果には土壌条件によってムラがあるものと考えられる。

BBw試験地で施肥効果が現れなかったのは、試験区の設定時において無施肥区が斜面の最下部に設置され、試験地内では最も肥沃な位置であったと考えられることから、立地差による可能性がある。

成木(閉鎖林)時の施肥効果は立木密度の高い林分では現れにくく、林分全体への施肥効果も少ないとされている(藤田, 1977)。このことから、当実験林の林分閉鎖開始時(8~10年生)の施肥においても、効果が現れにくかったものと考えられる。

3. 土壌型による成長差

(1)1~10年生の成長

試験地ごとの平均樹高の推移を図-8に示す。林齢で7年から10年ではBBw試験地の樹高が他の2つの試験地と比較して低かった。10年生時にはBD(d)試験地が最も大きく、BBw試験地とおおよそ0.8m、BD試験地とおおよそ0.3mの差があった。

そこで、植栽地の土壌型によって樹高成長にどの程度の違いがあるのか検討した。8、10年生時の調査データは実測数が少なく、9年生時はBBw試験地のデータがないため、1年生から7年生までの6年間の成長量を比較した。6年間の樹高成長量の頻度分布を図-9に示す。これを見るとBD試験地の頻度のピークは

3.0~3.5mにある。またBD(d)試験地のピークも3.0~3.5mにあるが、分布の幅がBD試験地と比較して狭かった。BBw試験地のピークは2.5~3.0mにピークがあった。試験地ごとの樹高成長量の差を検定(Dunnの多重比較検定)した結果、BD(d)試験地とBD試験地^{*}、BD(d)試験地とBBw試験地^{**}、BD試験地と

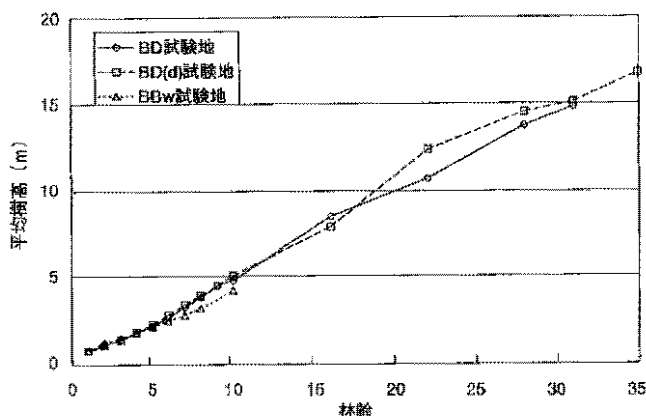


図-8 試験地ごとの平均樹高の推移

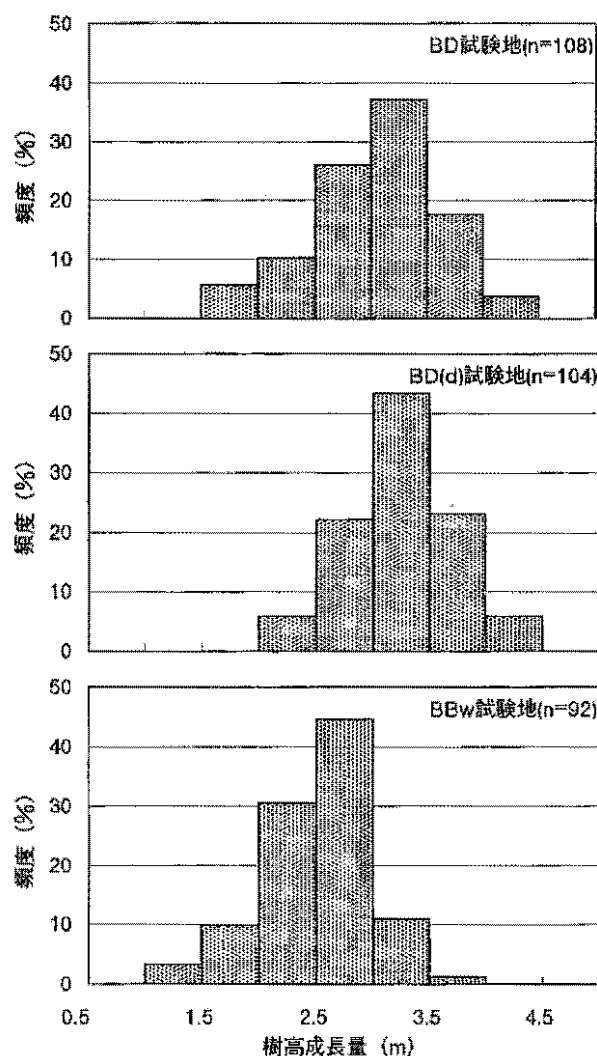


図-9 6年間(1~7年生)の樹高成長量頻度分布

BW試験地**の間に有意な差が認められた (* : $p < 0.05$, ** : $p < 0.01$)。

これらのことから、各試験地における初期の10年間の樹高成長には有意な差がありBD(d)試験地、BD試験地、BW試験地の順に樹高成長量が大きかったものと考えられる。

(2)16~35年生の成長

樹高データは16年生以降サンプリング調査となっている。16, 22, 28年生時の実測データは少なかったが、31年生時の実測データは半数近くあったので、31年生時のデータを使用してBD試験地とBD(d)試験地の樹高について検討した。図-10に示したのが31年生時の実測樹高と胸高直径の頻度分布である。樹高階頻度分布をみると頻度のピークはどちらも16~17mにあり、分布の幅はBD(d)試験地の方が広がった。試験地間の差を検定したところ有意な差は認められなかった(Mann-WhitneyのU検定)。

胸高直径階頻度分布をみると、BD試験地の頻度のピークは15~18cmにあり、BD(d)試験地では16~19cmにあった。分布の幅はどちらの試験地もほとんど変

わらない分布をしていた。胸高直径に差があるか検定した結果、有意な差は認められなかった(Mann-WhitneyのU検定)。

適地適木に関する報告として次のものがある。真下(1967)は関東・東海地方の古期堆積岩および変成岩において、ヒノキの成長は土壌型と良く対応しており $BA \cdot BB < BC < BD(d) < BD(\text{残積}) < BD(\text{崩行}) < BD(\text{崩積}) \cdot BE$ の順に成長が良くなる傾向があり土壌間の成長差はスギほど大きくないとしている。また、塘(1993)はヒノキの適地適木に関して次のようにまとめている。ヒノキは地位指数で約9~15mと良好な成長を期待でき、はじめて適木といえる。これを土壌型でいうとBD(d)型~BD型である。

下呂実験林の試験地の設定をみると、BD試験地とBD(d)試験地は斜面下部に位置し、谷からの距離にはほとんど差がない。しかし、試験地設定当時の土壌断面の層位や構造が異なっていたために土壌型が異なったものと考えられる。

BD(d)試験地の現在の土壌は、BD試験地に比べてA層の発達が少ないが構造は団粒状から塊状であり、BD型に非常に近い土壌である。したがって、前生樹

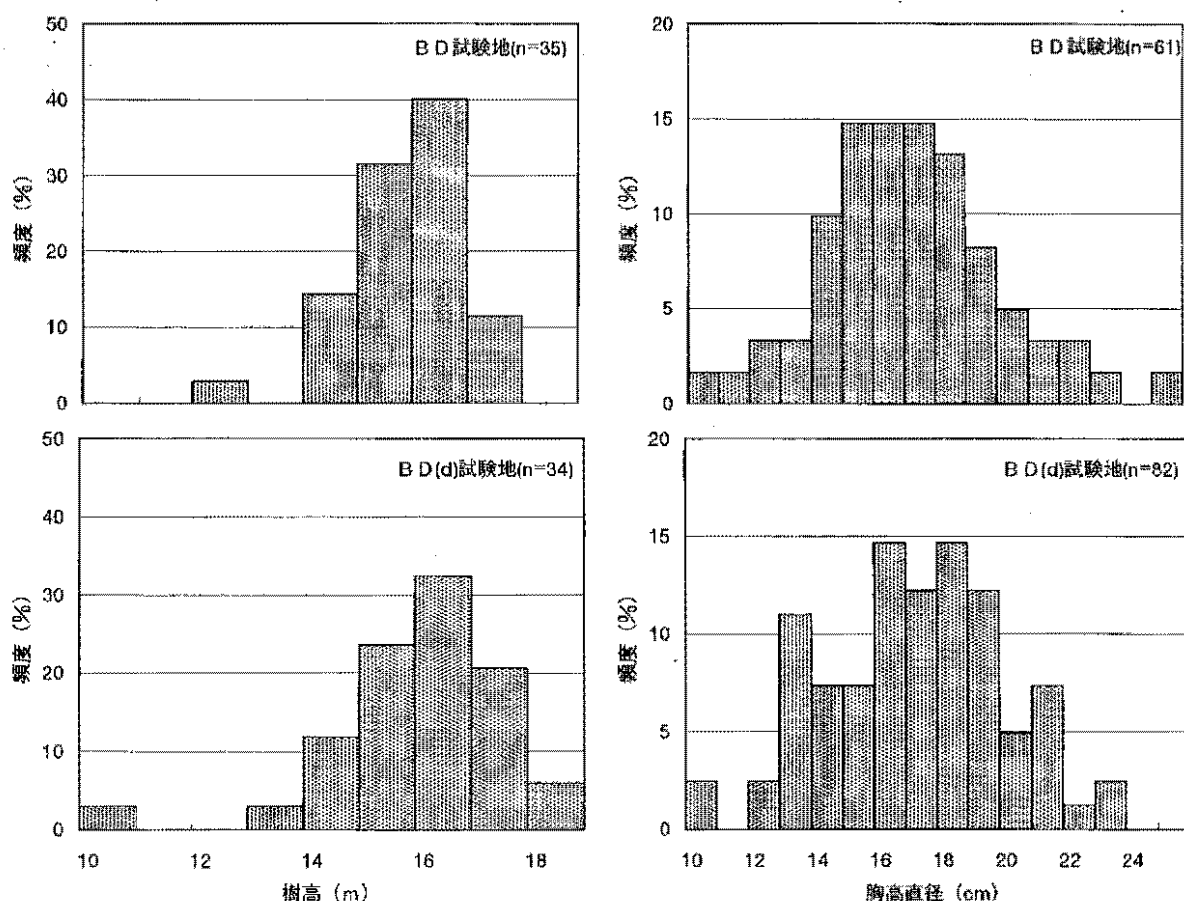


図-10 31年生時の試験地ごとの樹高・胸高直径階頻度分布

のヒノキ人工林伐採後に試験地が設定された時点では、傾斜のより急なB_D(d)試験地で表層のA層が剥がれて未発達となり、B_D(d)型と判定されたものと推定される。

つまり、B_D試験地とB_D(d)試験地における土壌水分条件は、ほとんど異なっていないため両試験地のヒノキの31年生時では差がなかったものと考えられる。

IV まとめ

植栽後10年間のヒノキの樹高成長はB_D(d) > B_D > B_{Bw}の順で良かった。しかし、31年生時にはB_D試験地、B_D(d)試験地の樹高と胸高直径には有意な差はなかった。

この実験林における植栽後3年間の施肥の効果はB_D試験地とB_D(d)試験地では認められたがB_{Bw}試験地では認められなかった。

V 謝 辞

適地適木実験林が設定されてから36年もの年月がたとうとしている。この間に、多くの人がこの実験林の造成や維持管理に時間を費やしてきた。

適地適木実験林造成時は竹下純一郎、野々田三郎、戸田清佐、中村 基、山口 清、東方喜之の各氏（いずれも当時岐阜県林業試験場）が担当し、その後の管理や継続調査は、中川 一、木村 等、川尻秀樹、茂木靖和の各氏（いずれも当時岐阜県林業センター）が担当した。ここに記して謝意を表する。

引用文献

- 藤田桂治（1977）成木施肥．182pp，全国林業改良普及協会，東京
- 岐阜県林政部（1992）ヒノキ人工林林分収穫表・林分密度管理図 一般地域（最新積雪深1 m未満の地域）．9pp．岐阜県
- 桑原武男（1964）乾性土壤に植えられたスギの肥培効果．日林講75：124-126
- 岩川雄幸・下野園正（1968）苗木形状，土壌ごとの肥培効果について．日林関西支講19：73-75
- 中川 一（1982）植栽17年後のスギ・ヒノキ・アカマツ林土壌について．日林中支講30：63-66
- 真下育久（1967）土壌のよしあしと造林木の成長．（造林適地のえらび方．橋本与良，226pp，全国林業改良普及協会，東京）．81-116
- 塘 隆男（1971）苗畑施肥と林地肥培．199pp，地球

出版，東京

- 塘 隆男（1992）古くて新しい問題－適地適木（その1）．林経協月報．375：13-26
- 塘 隆男（1993）古くて新しい問題－適地適木（その4）．林経協月報．381：26-38

資 料

ケヤキにおけるクワカミキリ幼虫の加害様式

大 橋 章 博

キーワード：クワカミキリ，ケヤキ，加害様式

I はじめに

クワカミキリ (*Apriona japonica* THOMSON) は古くからクワやイチジク、ビワの穿孔性害虫として知られていたが、近年ケヤキの人工造林が拡大するにつれて各地でクワカミキリの被害が顕在化し始め、ケヤキの重要害虫として注目されている (江崎, 1996; 大橋・野平, 1997)。クワカミキリ幼虫の生態についてはクワやポプラにおける研究がみられるが (村上, 1960; 西口・山中, 1964; 遠田, 1971)、ホストの違いによって加害様式に差が認められる。しかし、ケヤキにおけるクワカミキリ幼虫の加害形態についてはほとんど調査されておらず、防除技術を開発するためには、その基礎となるクワカミキリ幼虫の生態を明らかにすることが必要である。

今回、ケヤキにおけるクワカミキリの加害様式を把握するため幼虫の孔道を調査し、2, 3の知見を得たので報告する。

II 方 法

供試木は岐阜県林業短期大学校実験林に植栽されているケヤキの中から、クワカミキリによる被害を受け、脱出孔が認められる生立木を4個体選木した。調査木の形状は表-1に示すとおりである。調査は調査木を1999年8月3日に伐倒し、1mの長さに玉切りした。このうち断面に孔道がみられた部位についてはさらに細かく玉切りを繰り返して、幼虫の孔道を追跡した。

表-1 調査木の形状

	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	植栽
No.1	5.0	9.6	1983.3
No.2	8.0	5.2	1983.3
No.3	9.0	8.6	1983.3
No.4	7.0	7.9	1983.3

植栽地はいずれも、林業短大実験林。
伐倒は1999年8月3日に行った。

ケヤキ生立木を加害するカミキリムシは数種知られるが (小島・中村, 1986)、クワカミキリは特徴的な産卵痕を作ること、規則的に排糞孔を作ること、孔道内にフラスを詰めないことなどの点からクワカミキリの幼虫の孔道か否かを総合的に判断した。

また、産卵痕および脱出孔の巻き込み状況から産卵年、脱出年の推定を行った (図-1, 2)。

III 結果と考察

クワカミキリ幼虫による孔道の分布を模式的に示したのが図-3である。孔道はNo.1~No.4の各調査木か



図-1 産卵痕とその巻き込み

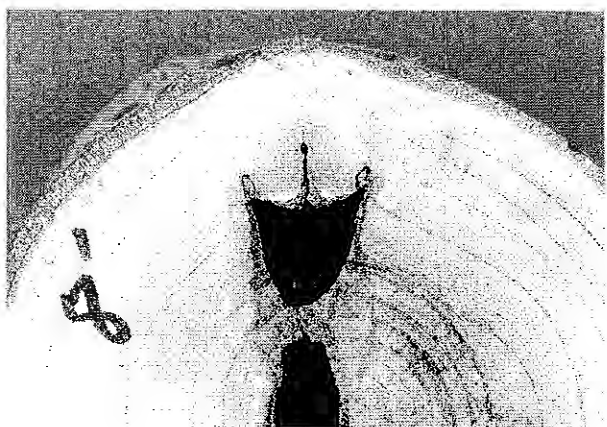
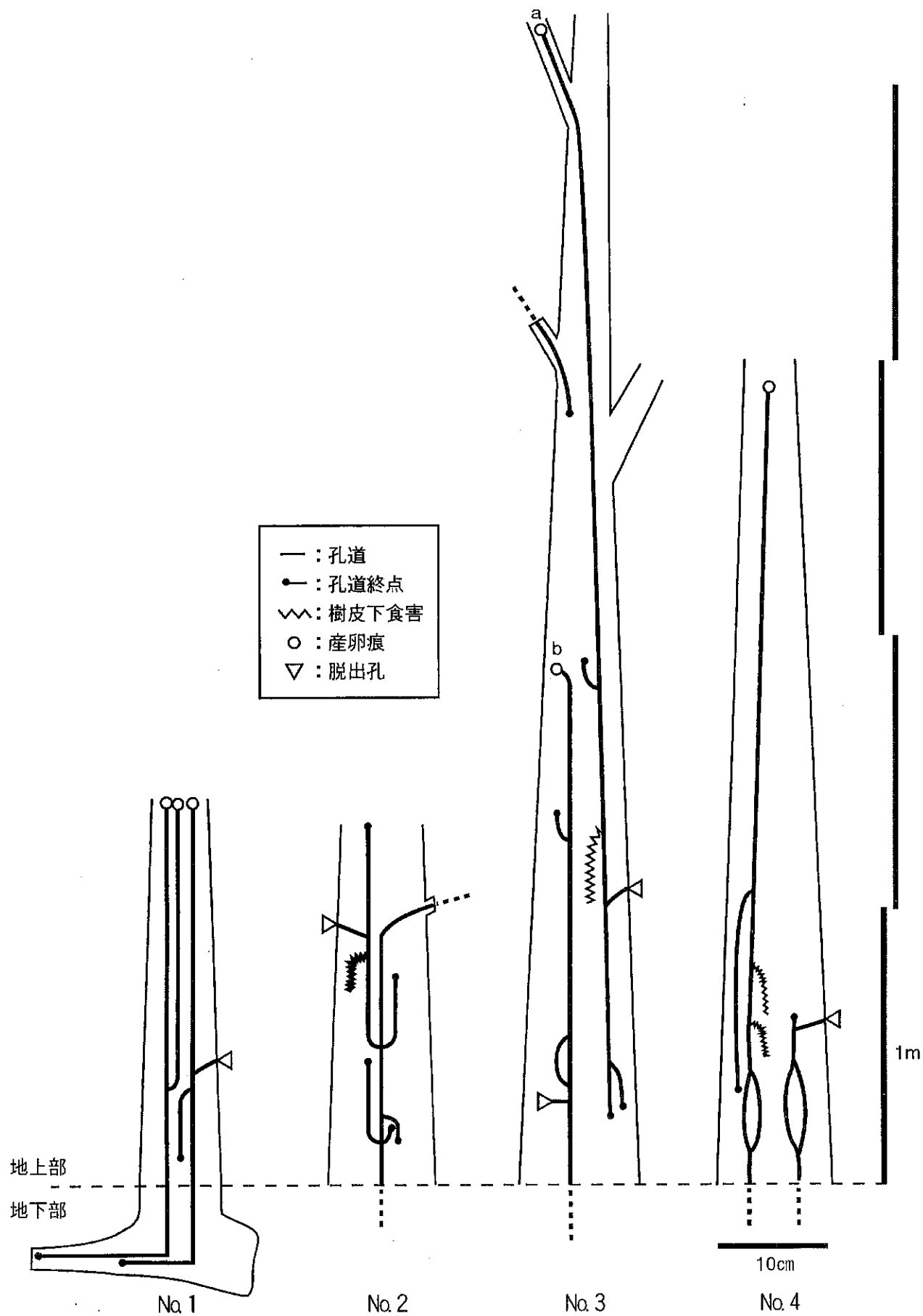


図-2 脱出孔とその巻き込み



図一3 ケヤキにおけるクワカミキリ幼虫孔道の分布

ら1～3本みられ、合計で7本が確認できたが、このうち脱出孔が形成された孔道は5本であった。孔道はいずれも産卵部位から下方へほぼ直線的に延びていた。また、5本の孔道のうち4本はその下端が地下部にまで延び、再び引き返して地上部に戻っていた。脱出孔はいずれも孔道の最下端から50～100cm程度上方へ戻った位置にみられたことから、幼虫は材内を食害して十分成長した後、孔道に戻り、斜め上方に脱出孔道をつくり、羽化脱出したと考えられる。しかし、No2では下方へ摂食した後引き返し、途中分岐してさらに上方へ摂食を続けたのち、再び下降し羽化脱出した。これは産卵部位の地上高が低かったため、下方への摂食だけでは十分な成長ができず、引き返してさらに上昇して摂食したと考えられる。

従来、クワカミキリの幼虫はフラスを排糞孔から排出しながら食害するため、孔道内はほとんど空洞であると報告されている(村上, 1960; 遠田, 1971; 河野・橋元, 1977; 岡田・永幡, 1996)。しかし、今回行った割材調査の結果、孔道の一部に数10cmにわたって木屑が詰まった部分がみられた(図-4)。また、地下部の孔道には排糞孔は認められず、孔道は細かい木屑

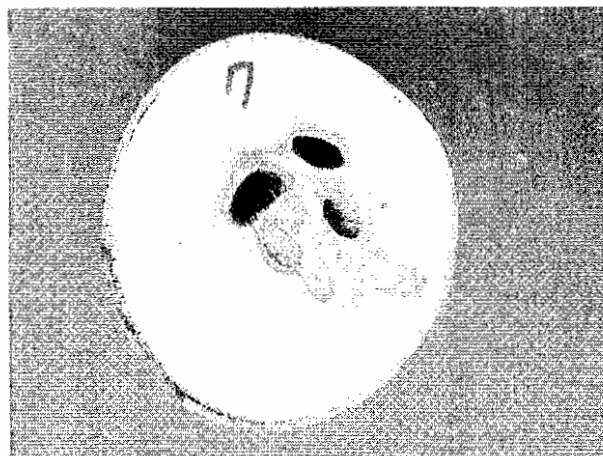


図-4 空洞な孔道とフラスの詰まった孔道

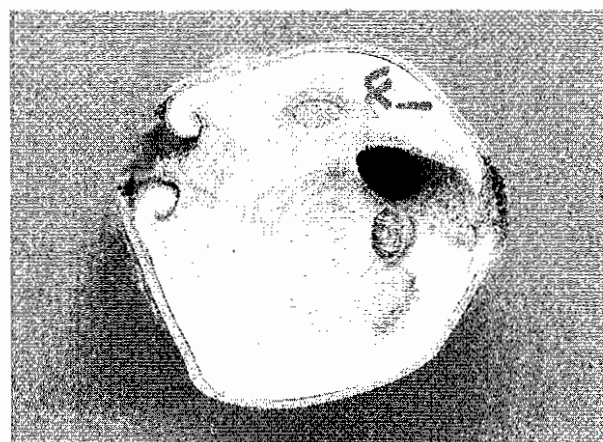


図-5 樹皮下食害

が詰められていた。地下部に孔道を空けてもフラスを排出できないことは想像に難くないが、地上部でフラスを排出しない部分がみられた理由は今回の調査では明らかにできなかった。孔道は枝、樹幹の中心に近いところを通っているが、多くの孔道で一部、樹皮下を食害した部分がみられ、その後の巻き込みによって樹幹表面の盛り上がりや、形成層の露出による変色腐朽が認められた(図-5)。この樹皮下の食害は、江崎・千木(1997)がケヤキで報告している「らせん穿孔」、布川(1999)がブナで報告している「樹皮下食害」と同じ加害形態と考えられる。樹皮下の食害は材内を加害する場合に比べ、鳥などの天敵に捕食される確率が高いと考えられるが、樹皮下を食害する理由は明らかにできなかった。

孔道の調査から求めた幼虫の孔道長および生育期間を表-2に示した。産卵痕から脱出孔まで完全に追跡できた孔道は2本であったが、その孔道長は210cm、394cmであった。このうち、No1は伐根部を掘り取り、地下部の孔道を調査した。地下部の孔道は2本みられ、その長さは30cmと40cmであった。調査木の根元直径に大きな差がみられなかったことから、地下部も同程度の大きさと考えて、他の孔道も同程度の長さで仮定すると、孔道長は2m～4mの範囲であると推定される。また、産卵年および脱出年から幼虫の生育期間は2～4年であった。これを他の樹種における調査と比較すると、クワでは生育期間が2年の場合孔道長は約2m、3年の場合約4m(村上, 1960)、ブナでは約5m(岡田・永幡, 1996; 布川, 1999)、ビワでは約1.3m(河野・橋元, 1977)であり、クワやブナと孔道長はほぼ同じであった。江崎(1999)はケヤキが幼虫生育のホストとして良好ではなく、このため幼虫期が長期化すると述べているが、今回の結果からは、幼虫の生育期間および孔道長などクワと比べて大きな差は認められなかった。

次に調査木の根元直径の成長過程を図-6に示した。クワカミキリの加害によりケヤキの成長に顕著な変化は認められなかった。このことから、この程度の被害ではケヤキの成長に及ぼす影響は小さいと考えられる。また、クワカミキリの被害は根元直径が60mm前後に達

表-2 幼虫の孔道長と生育期間

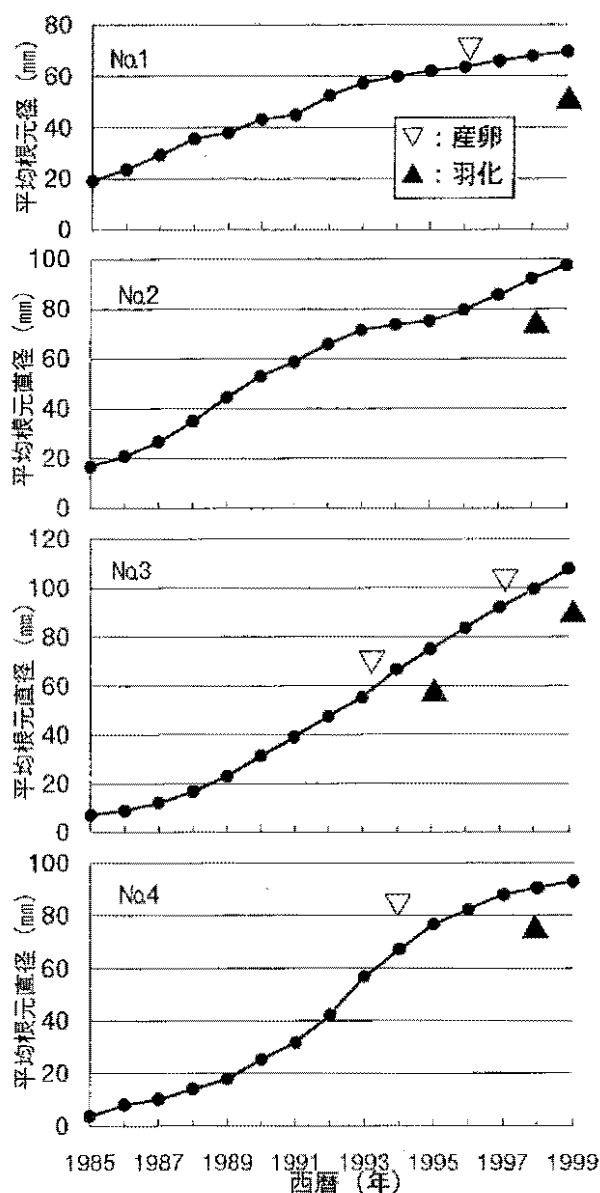
調査木	孔道の長さ	産卵年	脱出年	生育期間
No1	210cm	1996	1999	3年
No2	180cm以上	—	1998	—
No3a	394cm	1997	1999	2年
No3b	180cm以上	1993	1995	2年
No4	348cm以上	1994	1998	4年

IV 謝 辞

本研究の調査を行うに当たり岐阜県林業短期大学校講師・中村基氏および学生（当時）・山口栄貴氏に協力していただいた。ここに、記して感謝する。

引用文献

- 江崎功二郎（1996）クワカミキリによるケヤキ造林地の被害実態，森林防疫45：69-72。
 江崎功二郎・千木 容（1997）クワカミキリによるケヤキ公園緑化樹の被害実態，森林防疫46：153-156。
 江崎功二郎（1999）ケヤキ造林地におけるクワカミキリ次世代未成熟個体の生存率，森林防疫48：187-190。
 遠田暢男（1971）早成樹の重要害虫と生態，57pp，日本林業技術協会，東京。
 河野通昭・橋元祥一（1977）ビワ園におけるクワカミキリの生態と防除，九州病虫研会報23：157-159。
 小島圭三・中村慎吾（1986）日本産カミキリムシ食樹総目録，336pp，比婆科学教育振興会，広島。
 村上美佐男（1960）クワカミキリの食害生態と防除について，蚕糸試験場彙報77：25-40。
 西口親雄・山中寅文（1964）ポプラ類におけるクワカミキリの産卵部位，ポプラ21：14-17。
 西村正史（1994）スギ林におけるスギカミキリ個体群の年次変化の特徴，森林防疫43：124-127。
 布川耕市（1999）ブナにおけるクワカミキリの加害様式，新潟県森林研報41：27-32。
 大橋章博・野平照雄（1997）ケヤキ造林地に発生したクワカミキリ被害の実態，中森研45：175-176。
 岡田 滋・永嶋嘉之（1996）兵庫県北部においてブナ生立木を加害するカミキリムシについて，日林関西支論5：151-154。



図一6 ケヤキ根元直径の推移

する時期にみられた。生立木を加害する多くのカミキリムシは、木の大きさと加害時期に関係があることが知られており，例えばスギカミキリは平均胸高直径が8cmになる頃にスギ林へ定着することが報告されている（西村，1994）。今回の調査からクワカミキリも加害時期と木の大きさに関係があると考えられる。このことは，クワカミキリ被害の防除時期を考えるときに重要な目安となるので，今後は調査事例を増やして，加害時期と樹高や胸高直径などとの関係について検討していく必要がある。

資 料

アカマツ及びスギ丸太を使ったブクリョウの栽培

坂井至通・今井和重*

キーワード：ブクリョウ、アカマツ丸太、スギ丸太、薬用キノコ、栽培

I はじめに

ブクリョウ(茯苓：漢方薬名)は、サルノコシカケ科(Polyporaceae)に分類される担子菌マツホド(*Wolfiporia cocos*(Wolf) Ryvarden et Gilbertson)の菌核である。マツホドは、日本全土及び中国、韓国に分布し(日野, 1954; 橋本, 1954), アカマツ(*Pinus densflora* Sieb. et Zucc.)やクロマツ(*P. thunbergii* Parl.)などの針葉樹に寄生する。特に樹齢40年以上の樹木を伐採した後、3~4年を経た樹根の周囲に不定形塊状の菌核が形成される。中国ではアカマツ、クロマツの他に、タイワンアカマツ(*P. massoniana* Lamb.)や雲南マツ(*P. yunnanensis* Sieb. et Zucc.)などにも寄生している(袁, 1994)。また、カナダ、アメリカでは、古くからマツ属(*Pinus*)やモミ属(*Abies*)などに寄生する担子菌類として知られ、針葉樹以外にもモクレン属(*Magnolia*)、ミカン属(*Citrus*)、コナラ属(*Quercus*)、ユーカリノキ属(*Eucalyptus*)など広葉樹の根にも寄生すると報告されている(Weber, 1929)。

ブクリョウは、菌核を7~8月に地中から掘り上げて水洗し、そのまま乾燥するか又は菌核の外層をほとんど剥ぎ、数個に分割又は輪切りにして乾燥したものが漢方薬の原料として市場に流通している。市場に流通しているブクリョウには、白色の白ブクリョウと淡赤色を呈する赤ブクリョウがあり、日本薬局方(日本公定書協会編, 1996)には「質が重く帯赤白色で粘り気と潤いのあるものを良品としている」と記載され、後者が良品となっている。国内では茨城県、千葉県、鹿児島県、宮崎県などで産出されているが、最近では中国(湖北省、安徽省、河南省、広西省)で栽培されたブクリョウが、年間約700トン輸入されている(日本公定書協会編, 1996)。

現在日本におけるブクリョウの栽培は、橋本(1954)、富永(1987a, 1987b)、田端ら(1994)、猪狩(1998)などの試験的栽培から、厚生省健康政策局(1999)がまとめた「薬用植物栽培と評価Part8：ブクリョウの栽培法」のような普及栽培へと移行しつつある。これまでの栽

培研究は、漢方薬の原料に使用するブクリョウがアカマツの根に寄生した菌核を用いてきたため、ほとんどがマツ材を原木として研究したものであった。最近ではマツの材線虫病が広がりアカマツ原木の入手が困難となってきたことや、安価で資源量の多いスギ間伐材の有効利用が求められるようになったため、本試験ではアカマツ丸太とスギ丸太を原木に用いたブクリョウの比較栽培を検討した。スギ丸太を用いたブクリョウの栽培は、林業活性化のひとつとして重要な意味を持つと思われる。

II 栽培法研究の経緯

ブクリョウ栽培の試みは、初期の段階では菌核や子実体を形成させる研究が行なわれた。Weber(1929)は、菌核内部の白色組織をジャガイモ寒天培地で培養し、発育した綿毛状の菌糸体から子実体の発生を確認した。中国では、南北朝時代の陶弘景がブクリョウの栽培を試みた記述があり、明代には李時珍により移植栽培の検討が行われた。1920年代にはブクリョウの人工栽培が確立し、東南アジア、インド、日本及びヨーロッパやアメリカへ輸出した記録が残されている。中国のブクリョウ栽培については、陳(1988)、楊(1988)らの著書にまとめられている。

一方、日本では、橋本(1954)が野外で採取した菌核を温室内に移植し、数ヶ月後に子実体が形成されたことを報告したが、栽培できるまでには至らなかった。富永(1987a, 1987b)は、東広島市のアカマツ伐採跡地と岡山県のアカマツ林で菌核を採取し、菌核及び子実体の形態、解剖的観察、菌糸の分離培養、培養菌糸からの子実体の発生などを報告した。さらに原木栽培と木屑屑屑袋栽培(オガクズ3：米ヌカ1：フスマ1、含水率60%)で菌核を形成させ、ブクリョウの栽培法を示した。田端ら(1994)は、石川県のクロマツ林と香川県のアカマツ林で採取した菌核から菌糸を分離培養し、アカマツ丸太に接種し握り拳ほどの菌核を得た。猪狩(1998)は、ブクリョウ資源の安定確保と品質向上を目的に、茨城県、千葉県、静岡県、東京都などで産

*勤務先：岐阜県林業短期大学校

出する菌核およそ100菌株から菌糸を分離し、品質の良いとされる赤味を帯びたブクリョウの選抜育種を行った。白ブクリョウと赤ブクリョウ両者の胞子由来株を対峙培養し交配株を得、圃場栽培並びに室内栽培で赤ブクリョウの菌核形成に成功した。その後、厚生省健康政策局(1999)は、日本での薬用植物資源の安定確保と品質向上を目的に、ブクリョウ栽培法を「薬用植物栽培と評価Part8」にまとめた。

これらの研究報告から栽培条件、栽培法、栽培地、気象などの要因を検討し、アカマツ及びスギ丸太を用いて栽培したときの材の違いを比較出来るよう考慮した。

Ⅲ 実験方法

1. 材料

(1)ブクリョウの菌糸

ブクリョウの菌糸(以下菌糸と略す)は、1999年12月16日に株式会社ツムラ漢方生薬研究所より分与を受けた。斜面培地に培養された菌糸は、使用するまで4℃で保存し、種菌として用いた。

(2)原木の準備

アカマツ原木は、1999年11月15日に岐阜県恵那市内の山林でアカマツ(樹高約12m、5本)を切り倒し、葉の付いたまま放置した。翌年3月22日に枝を払い長さ約1mに切断した丸太を、樹皮を剥離せずに原木(直径8-25cm)として用いた。スギ原木は、2000年3月10日に岐阜県美濃市内の山林でスギ(樹高約3m、2本)を切り倒し、アカマツと同様にして原木(直径10-17cm)として用いた。

2. 栽培地

森林科学研究所内苗畑(岐阜県美濃市曾代1128-1、北緯35度33分、東経136度82分、標高140m)で栽培を行った。土壌は褐色低地土で、排水はやや不良であまり肥沃でなかった。日当たりは良好であった。

3. 菌糸の培養と接種

(1)種菌の増殖

供与を受けた種菌は、PDA培地(直径6cmシャーレ)に移植し30℃で培養した。シャーレ全体に菌糸が伸展したら寒天ごと約5mm角に切り出し、オガクズ米糠培地を入れたポリプロピレン培養ビンにそれぞれ4～5個を移植した。オガクズ米糠培地は、オガ粉(ブナ粉末)30Lと米ヌカ10Lを混合し、水分60～65%になるように加水し練合した。これを約800mLの培養ビン

に入れ、120℃で1時間オートクレーブで滅菌して用いた。移植後紙キャップを付け、25℃で増殖し植菌に使用した。

(2)植菌方法

アカマツ原木及びスギ原木は、一列7～8穴(10～15cm間隔)とし、6～7列(5～8cm間隔)を目安に、千鳥になるよう交互にドリルで穴を開けた。穴の深さは5cm、径1.5cmとした。この穴に鶏の卵大の種菌を詰め、発泡スチロール(径1.5cm、厚さ約5mm)でフタをした。

4. 栽培管理

(1)伏せ込みと埋設

伏せ込みは2000年3月から7月までの間、苗畑の南の斜面を下った林地の陽が差し込む所で行った。植菌したそれぞれの原木は、数本ずつ段組(3段)し菌糸を蔓延させた。原木に菌糸の蔓延が認められた時、それぞれのほだ木を苗畑に上げた。アカマツほだ木は、幅1.2m、長さ5m、深さ30cmの穴を掘って埋設した。スギほだ木は、その北側に隣接して幅1.2m、長さ3m、深さ30cmの穴に埋設した。覆土は約10cmを目安にした。

(2)除草及び肥培

除草剤の使用は行わなかったが、草が繁茂しない程度に埋設地の草刈りを行った。肥料は特に施さなかった。

(3)ブクリョウの調製及び重量測定

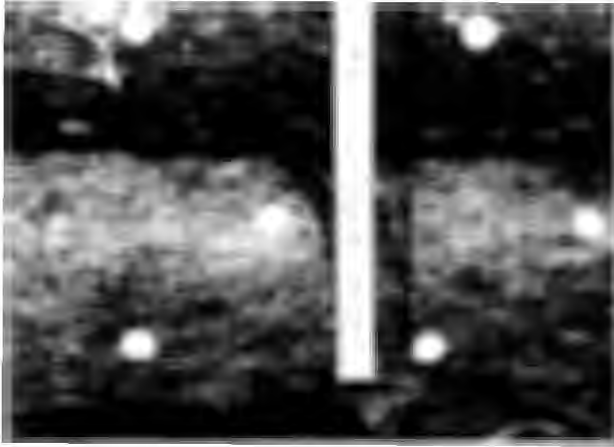
収穫した菌核は、土を出来る限り除き生重量を測定した。次に菌核を水で良く洗い、小石、砂、木片及び菌糸束を取り除き湿重量を測定した。さらに外層を手か又は包丁で剥離し、輪切り又サイコロ状に切り分け、それぞれの湿重量を測定した。自然乾燥又は45℃で乾燥し、菌核の外層と菌核内部(ブクリョウ)についてそれぞれの乾重量を測定した。

Ⅳ 結果及び考察

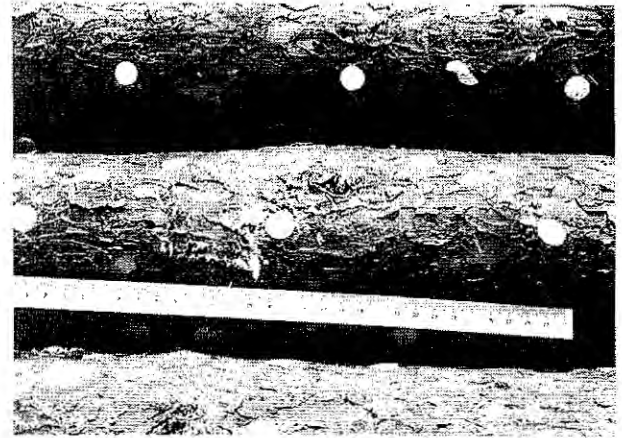
1. 栽培法の検討

(1)種菌の増殖と植菌

2000年1月21日に、種菌を4枚のPDA培地に移植し30℃で培養した。およそ2週間後の2月4日にはシャーレ全体に菌糸が伸展した。2月25日に寒天ごと約5mm角に切り出し、オガクズ米糠培地を入れたポリプロピレン培養ビン(20本)にそれぞれ4～5個を移植した。



図ー１ アカマツ原木(1列での間隔)



図ー２ アカマツ原木(列間での間隔)



図ー３ 林地での伏せ込み



図ー４ 菌糸の伸展

表ー１ 2000年3月～11月の最高及び最低気温(美濃市)

月	最 高 気 温				最 低 気 温			
	平均最高 気温(℃)	15℃以上	日数 25℃以上	30℃以上	平均最低 気温(℃)	15℃以上	日数 25℃以上	30℃以上
3	11.8	6	0	0	0.5	0	0	0
4	18.1	23	0	0	7.1	0	0	0
5	24.5	31	12	0	13.8	10	0	0
6	26.6	30	18	17	17.9	27	0	0
7	32.7	31	31	25	22.1	31	2	0
8	34.1	31	31	30	23.3	31	2	0
9	28.7	30	26	13	19.3	28	0	0
10	23.2	30	11	0	13.6	10	0	0
11	17.5	25	0	0	8.4	1	0	0

オガクズ米糠培地で順調に菌糸が成長し、およそ一ヶ月後の3月24日には植菌できる状態になった。増殖した菌糸は硫化水素の特徴的な臭いがした。3月30日～4月6日にかけて、アカマツ原木30本及びスギ原木10本にそれぞれ接種し(図-1、図-2)、林地に伏せ込んだ(図-3)。伏せ込み3ヶ月後に、それぞれの原木の心材部まで菌糸が蔓延し、幹軸の方向に沿って伸展していたため(図-4)、7月19日に埋設した。

(2) 気温

楊(1988)は、圃場栽培での研究結果、温度条件が10～35℃の範囲内で菌糸が成長し、最適温度が25～28℃の間にあり、温度が35℃を過ぎると菌糸体は衰弱しこれが長時間続くと枯死すると報告している。また、反対に20℃以下の低温では菌糸体の成長が緩慢で、温度が0～4℃では菌糸の成長が停止すると述べている。

本実験を実施した2000年3～11月までの美濃市における気温と雨量を調査した(岐阜地方気象台、2000)。気温については、表-1に月別の平均最高気温と平均最低気温を、また15、25、30℃以上の日数を記載した。7月と8月は、最高気温がほとんど毎日30℃以上で最低気温も毎日15℃以上であった。また、平均最高気温は32.7℃と34.1℃で、平均最低気温は22.1℃と23.3℃であった。本実験においては菌糸の発達に十分な最適温度が確保され、平均最高気温も35℃を越えず、平均最低気温も20℃以下でないことが菌核が発達するための良い条件であったと思われる。

(3) 土壌、雨量及び日射量

これまで雨量について考察した研究報告はないが、楊(1988)は、ほだ木の埋設場所について、砂質土壌(砂70%)で菌核が良く発達し、土壌水分は50～60%が適度で、粘土性があり通気性のない土質では菌核が発生しないとしている。また日光が不足したり、気温と地温の格差が小さい所やシロアリの発生しやすい場所は栽培には不向きとしている。田端ら(1994)は、日当たりの良い果樹園跡地のゆるやかな西向斜面で栽培を試み、菌核の発達には適度の湿気と十分な酸素の供給が必要であると報告している。

本実験で検討した苗畑は、排水の良好な場所ではなかったが、他の条件は楊(1988)の条件をほぼ満していた。表-2に示したように、7月及び8月の2ヶ月間にほとんど降雨のなかったことが、土壌水分が過剰にならず菌核形成を発達させた要因の一つになったと思われる。

2. 菌核の形成

10月12日に土中から露出した菌核の一部を採取し、12月18日にはアカマツほだ木(10本)及びスギほだ木(5本)をそれぞれ掘り出し菌核を採取した。この時、菌糸の蔓延したほだ木の状態、ほだ木から伸展した菌糸束の形状、菌核及び子実体の形成などを観察した。

(1) 菌糸束及び菌核の観察

アカマツの場合、並べた外側のほだ木(1本目)から2カ所、内側(5本目)から1カ所で菌糸束が伸びていた。菌糸束はほだ木の切り口から伸び(図-5)、細いもので2cm程度、太いもので10cm程に達していた。菌核の伸展は、ほだ木の切り口から5cm程度伸びた菌糸束に菌核が発達したものから、一つの菌糸束から5個(10cm～30cm)の菌核が団子状に成長し約80cmに達したものまで見られた(図-6)。また、太い菌糸束の一部には、内部に土が混じり込んで粘土色を呈し、周囲の土とは明らかに色が異なった部分があり、組織も融解し菌糸束として分別できなかった。

スギの場合は、丸太の枝を払った切り口付近から菌糸束が発達し、菌核が覆土を突いて地表を這うように伸展していた(図-7、図-8)。菌糸束が伸展している場所は、内側のほだ木の2カ所(2本目と5本目)であった。

菌核の大きさはアカマツとスギで差はなく、球形、卵円形、長円形など不定形で、長径が5～40cmの種々な大きさのものが得られた。菌核の表面は3～10mmほどの暗褐色か茶褐色で強靱な外層で保護され、新鮮なときは柔軟だったが乾燥すると固くなりしわができていた。外層の下から中心部は白色から淡紅色の顆粒状で乾燥すると固くなった。

菌核は切断するとその断面に多数の通道孔が見られ、栄養分の通路になっていた。切り口からは褐色帯びた栄養液が流出してきた(図-9)。この通道孔は、ほだ木に着いた菌糸束から通道組織を通して菌核の先まで繋がっており栄養液が送られていた。菌核内部に分泌された栄養液は多糖顆粒の固まりとして菌核内部に蓄積されると考えられている(藤田、1954)。

(2) 子実体の観察

Weber(1929)は、菌核を湿潤な室内で間欠照明下で放置したとき、表面上に繁殖した菌糸体から発生した背着性の子実体の形成を観察した。木村(1934)は、地表に露出した大きな菌核が日光を受けて子実体を形成したことを報告し、橋本(1954)は子実体形成には乾燥状態と地表への部分的露出が要件であると述べている。富永(1986a)は、菌糸と菌核、菌核と子実体の関係を

表-2 2000年3月～11月の雨量及び日照時間(美濃市)

月	降水量(mm)		日数		日照時間(h)
	月合計	最大日雨量	10mm以上	30mm以上	月合計
3	139	34	5	1	174.3
4	185	57	7	2	157.2
5	258	46	9	3	144.7
6	319	55	7	5	100.9
7	94	48	2	1	161.8
8	52	18	2	0	225.8
9	500	217	8	7	156.2
10	130	31	6	1	147.5
11	116	34	5	1	126.2



図-5 アカマツ丸太の木口からの菌糸束



図-6 アカマツ丸太での菌核先端



図-7 スギ丸太の木口からの菌糸束



図-8 スギ丸太での菌核形成

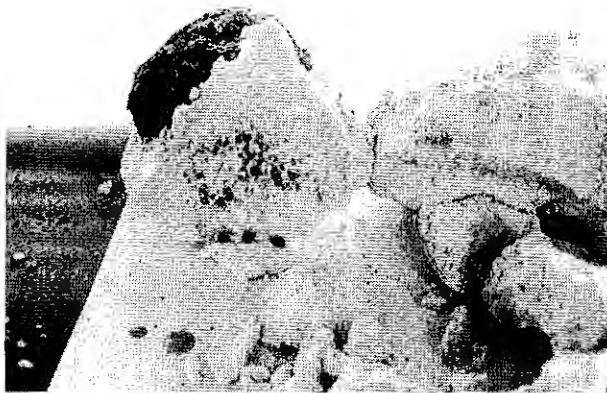


図-9 ブクリヨウの切断面

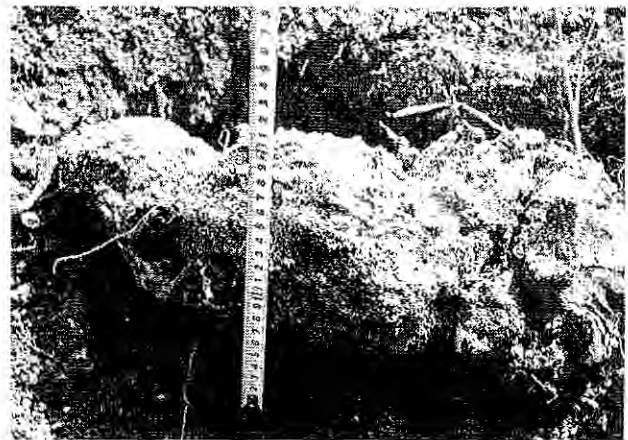


図-10 地表に露出したブクリヨウ(スギ科)



図-11 地表に露出したブクリヨウ(スギ科)



図-12 アカマツ材への菌糸の蔓延

表-3 アカマツ及びスギ丸太を使って栽培したときのブクリヨウの収量

	菌核 個数	堀上げ時 生重量 (a)	水洗後 湿重量(b)	内部 湿重量(b1)	外層 湿重量(b2)	乾燥後内部 乾重量(c)	水分*1 含量
アカマツ	10個	12.51kg	7.75kg	5.39kg	2.36kg	3.65kg	32%
スギ	5個	6.06kg	2.88kg	2.33kg	0.55kg	1.18kg	49%

*1 水分含量=(b1.c)/b1x100

考察し、菌糸が宿主内に充満し成熟すると地中や被覆物の多い場合にはまず菌核を形成するが、露出している場合には直ちに子実体を発生して多数の胞子を形成して飛散させると報告した。田淵ら(1994)は、地中から掘り上げた菌核に子実体が見られないことや黒色の外皮の一部が剥離した状態で受光すると子実体が形成されることから、光誘導効果の重要性を述べた。菌核上に不定形か多角形で管孔ができ子実体の形成を確認している。

本実験では、10月12日にアカマツとスギの両方で地表に露出した菌核を発見したが、これらに記述されたような子実体は観察できなかった(図-10、図-11)。

(3)ほだ木の観察

菌糸は生きているマツの根の周皮間隙に寄生し、組織から出る有機栄養素を摂取して増殖し、根の周辺に菌核組織を形成するが、伐採等の損傷により根が腐朽すると根の内部組織に侵入して大量の栄養を獲得し、巨大な菌核を発達させる(田端ら、1994)。また、菌糸が樹皮部と木部の間に不均等の厚さで一様に浸入し、組織を犯すがそれほど強くはなく、次に形成層、柔組織、木部を消化する(藤田、1954)。

本実験では、埋設後約3ヵ月ではだ木の表面に菌糸体組織が蔓延していた。菌糸体組織は、茶褐色で革質の外層と白色で緊密な内層からなる厚さ3~5mmの帯状で、ほだ木の周囲に付着していた。各ほだ木の間は強靱な菌糸束によって連結した箇所が見られ、ヒダ状の菌盤がほだ木全体に被覆していた(図-12)。ほだ木は埋設時より軽くなっていたが、丸太を消化するほど腐朽してはいなかった。2年栽培したときと比較するため、菌核を採取した後のほだ木は再び同じ所に埋設した。

(4)収穫

アカマツとスギと比較したときのブクリョウの収量を表-3に示した。掘りあげ時の砂、小石、菌糸束などを含む生重量はアカマツで約12.5kg、スギで約6.1kgであった。水洗してこれらを除いた湿重量は両者とも約7割程度になり、さらに外層を除去すると菌核内部の湿重量はおおよそ半分になった。さらに菌核内部を乾燥して漢方薬原料のブクリョウに調製すると、掘りあげ時の約3割が収量となった。菌核数はアカマツで10個収穫でき、小さいもので0.3kg、大きいもので3.1kgあった。また、スギでは、菌核が5個収穫でき小さいもので0.2kg、大きいもので2.5kgあった。ブクリョウ栽培は通常2年間かけて行い、1㎡当たり30~40kgが収穫目標とされている。今回スギよりアカマツの方

で収量が多かった。

富永(1986a)は、オガクズ米糠培地(オガクズ3:米糠1:フスマ1の容量比で混合し、水を加えて水分60%としたもの)をポリプロピレン袋に入れた袋栽培を行ったが、この菌核にはオガ粉が巻き込まれてしまうため、原本栽培の検討は重要であると述べている。今後、原木の大きさや埋設方法など収量を上げるための検討が必要と思われる。

V まとめ

アカマツ及びスギ丸太を用いてブクリョウの栽培を検討した。掘りあげたブクリョウの外観は、アカマツ及びスギとも特に異なった点は観察されなかった。

現在日本では、薬用天然物の利用に関する規制緩和が進み機能性食品等への天然物利用が広がりつつある。中国では古くからブクリョウを食品として利用しており、日本でもブクリョウの薬用以外への利用が認められ需要が増すと思われる。

今回、スギ丸太を使ってブクリョウの栽培が可能なることを明らかにできたが、ほだ木の違いによって薬効成分の組成が異なる可能性があり、マツ丸太で栽培されたブクリョウと同じ効果があるか検討する必要もある。しかし、近年のマツの材線虫病の広がりやアカマツ原木の入手が困難となっているため、スギ材の利用も可能になったことは、林業の活性化や薬用資源の確保において有用な結果が得られたものと思われる。

VI 謝 辞

アカマツを提供いただいた岐阜県恵那市の西尾直弓氏並びにブクリョウの栽培において菌株の提供やご助言をいただいた株式会社ツムラ研究開発本部漢方生薬研究所の猪狩直樹氏に感謝いたします。なお、本栽培研究は、厚生省健康政策局「薬用植物栽培・品質評価指針作成検討委員会」の薬用植物栽培事業の一環として実施したもので、ご指導、ご助言をいただいた国立医薬品食品衛生研究所薬用植物栽培試験場の方々に感謝いたします。

引用文献

- 陳守常(1988)四川森林薬用真菌。四川民族出版、成都。210-215。
岐阜地方気象台(2000)岐阜県気象月報。財団法人日本気象協会岐阜支部、岐阜。3月-11月。
藤田路一(1954)日本産茯苓の寄生性。植物研究雑誌29



この研究報告の本文は、古紙配合率100%再生紙を使用しています。
(表紙は古紙配合率50%の再生紙です。)