

## 単木混交で植栽された広葉樹 6 種の初期成長

横井 秀一

キーワード：広葉樹，混植，初期成長，人工林

### I はじめに

広葉樹林を積極的に造成しようとする社会情勢の中で、植栽による広葉樹林の造成が各地で行われている。しかし、多くの現場では、幼齢時に受ける獣害や雪害などの諸被害によって成林が阻害され、問題となっている。これらの被害を回避するための方法としては、個々の被害に対してその防除を行うことのほかに、数樹種を混植することで危険分散を図ることが考えられる。しかし、広葉樹を混植した事例は少なく、その危険分散に対する効果やそれが植栽木の成長に及ぼす影響などは十分に解明されていない。

そこで、幼齢時の被害に対する危険分散を目的に広葉樹 6 樹種（ウダイカンバ、ミズメ、ブナ、クリ、ケヤキ、カツラ）を単木混交で植栽する試験を行った。本報告は、この試験地の植栽後 6 年間の被害状況と各樹種の成長状況をとりまとめたものである。

### II 試験地と方法

#### 1. 試験地

試験地は、岐阜県大野郡清見村巣野俣に設置した。海拔高は 890m、地形は斜面中下部の凹地形である。斜面方位は北東、斜面の傾斜は 29～36 度、土壌型は BD 型、最深積雪深は 1.0～1.5m である。

1993 年秋から 1994 年春にかけて前生の広葉樹（オニグルミ、ミズキなど）を伐倒し、1994 年 5 月に 6 種の広葉樹を植栽した。植栽樹種と配置は、ウダイカンバ、カツラ、ケヤキ、ミズメ、ブナ、クリを、この順番の繰り返しで等高線方向に北西から南東に向かって単木的に混交させた。植栽密度は 6,300 本/ha である。植栽後の保育は、下刈りと雪起こしを毎年実施した。

#### 2. 方法

1995 年 5 月、試験地の中央付近に標準地（面積 124 m<sup>2</sup>）を設定し、調査を開始した。調査対象木の本数は、ウダイカンバ 12 本、ミズメ 15 本、ブナ 16 本、クリ 8 本、ケヤキ 13 本、カツラ 14 本の計 78 本である。成長調査は、設定時と 1995 年から 1999 年の毎年 10 月か 11 月に、標準

地内の全植栽木について主幹の直径と樹高を測定した。主幹の直径は、1995 年から 1997 年は地上高 20cm での根元直径を、1997 年から 1999 年は地上高 1.2m での胸高直径を測定した。樹高は、地際から主幹の先端までの直線距離を測定した。また、1999 年には枝下高と樹冠幅を測定した。樹冠幅は、等高線方向と傾斜方向の 2 方向を測定し、以下の検討にはその相乗平均を使用した。さらに、1996 年から 1998 年のそれぞれ 4 月に樹幹の倒伏状況を、1997 年と 1998 年の成長調査時には樹冠の受光環境を調査した。樹幹の倒伏状況は、植栽木の根元からの鉛直線を基線として、基線と主幹とが作る角度が 0～29 度であれば直立、30～59 度であれば斜立、60 度以上のときを倒伏とした。樹冠の受光環境は、樹冠のほぼ全体が直射光を受けられる状態にあるものを受光度 1、他の樹冠に妨げられて樹冠の一部しか直射光を受けられないものを受光度 2、完全に下層になって直射光をほとんど受けることができないものを受光度 3 として区分した。また、1997 年 2 月に植栽木の雪上に出ている部位にマーキングをして、その年の 4 月に地際からマークまでの長さを測定した。

### III 結果と考察

#### 1. 植栽木の被害状況

調査期間中にみられた植栽木の被害を表 1 に示す。期間中の枯死は、ミズメとブナ、クリに計 4 本発生した。植栽木に発生した被害は虫害と雪圧害で、獣害はみられなかった（ただし、病害は未調査）。虫害は、穿孔性害虫（加害種は不明）による食害がウダイカンバとミズメ、ブナに発生した。この内ブナの被害個体は枯死したが、虫害と枯死との因果関係は明らかにはできなかった。雪圧害（樹幹の斜立や倒伏は雪起こしによって回復させたため、ここでは被害に含めず、後述する）は、幹折れがケヤキに、梢端折れと幹曲がりミズメに、根浮きがミズメとブナに発生した。この内、それが原因で被害木が枯死したのは根浮きのみであった。また、クリの枯死個体には虫害や雪圧害はみられず、枯死の原因は特定できなかった。

当試験地では獣害が発生しなかったものの、同じ斜

表-1 調査期間中の植栽木の被害状況

樹種	標本数	枯死木	被害木(うち枯死木)					
			獣害	虫害		雪圧害		
				穿孔性害虫	幹折れ	梢端折れ	幹曲がり	根浮き
ウダイカンバ	12	0	0	1	0	0	0	0
ミズメ	15	1	0	2	0	1	1	2(1)
ブナ	16	2	0	1(1)	0	0	0	1(1)
クリ	8	1	0	0	0	0	0	0
ケヤキ	13	0	0	0	1	0	0	0
カツラ	14	0	0	0	0	0	0	0

いずれも本数で示す。

表-2 1995年5月と1999年11月における植栽木のサイズ

樹種	1995年5月			1999年11月				
	標本数	根元直径(cm)	樹高(m)	標本数	胸高直径(cm)	樹高(m)	枝下高(m)	樹冠幅(m)
ウダイカンバ	12	2.06±0.44	2.11±0.24	12	6.44±1.12	8.60±1.22	3.39±0.57	3.03±0.58
ミズメ	15	1.39±0.20	1.56±0.26	14	3.87±1.36	5.37±1.20	1.34±0.53	1.95±0.54
ブナ	16	0.90±0.18	0.89±0.20	14	1.29±0.26	2.50±0.31	0.53±0.27	1.29±0.23
クリ	8	1.03±0.23	1.48±0.29	7	3.94±1.51	5.64±1.09	0.90±0.50	3.13±0.64
ケヤキ	13	1.18±0.16	1.63±0.28	13	3.62±0.92	4.95±0.75	1.22±0.21	2.59±0.49
カツラ	14	1.50±0.21	1.59±0.19	14	5.47±1.09	6.68±0.90	0.63±0.24	2.34±0.30

標本数以外の数値は、平均値±標準偏差で示す。

面上にあるブナ植栽試験地ではノウサギによる食害が、ミズメとホオノキの植栽試験地ではカモシカによる食害が発生している(横井, 未発表)。また, 試験地内で雪上についたノウサギの足跡が確認されており, これらの動物が付近に生息しているのは確実である。それにも関わらず当試験地で獣害が発生しなかった理由は, 不明である。

一方, 雪圧害も成林や植栽木の成長を阻害するほどではなかった。最深積雪深が当試験地と同程度である庄川村の広葉樹混植試験地では雪圧害による枯死や成長不良が発生しており(横井ら, 1999), これと比較すると当試験地の雪圧害は軽微であったといえる。これは, 以下の理由によるものであろう。庄川試験地では地形が平坦なために幹折れの被害が多かったのに加え, 雪圧害を軽減させるための作業を行わなかった。これに対して当試験地では, 地形が適度な傾斜の斜面だったことと雪起こしを実施したことが雪圧害の軽減につながったものと考えられる。

## 2. 成長過程

初回調査時(植栽後1成長期間経過後; 以下, 期首と呼ぶ)と最終調査時(植栽後6成長期間経過後; 期末と呼ぶ)における植栽木のサイズを表-2に, 植栽木の平均樹高の成長過程を図-1に示す。期首の平均樹高は, 最大のウダイカンバが最小のブナの約2.4倍であった。樹高の樹種間の差は年々拡大する傾向にあり, 期末における平均樹高はウダイカンバが最大で,

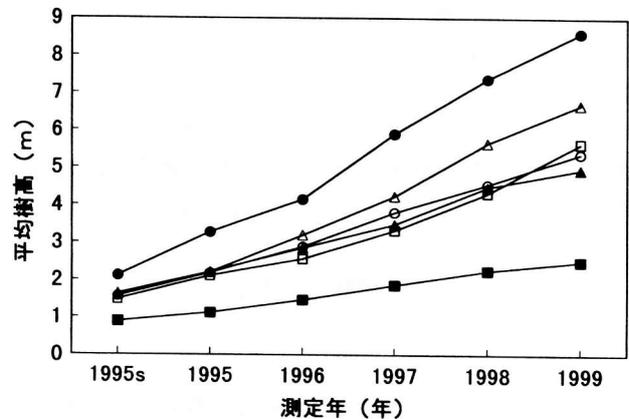


図-1 植栽木の樹高成長過程

●: ウダイカンバ, ○: ミズメ, ■: ブナ, □: クリ, ▲: ケヤキ, △: カツラ  
1995sは1995年の春, 他は各年の秋の測定。

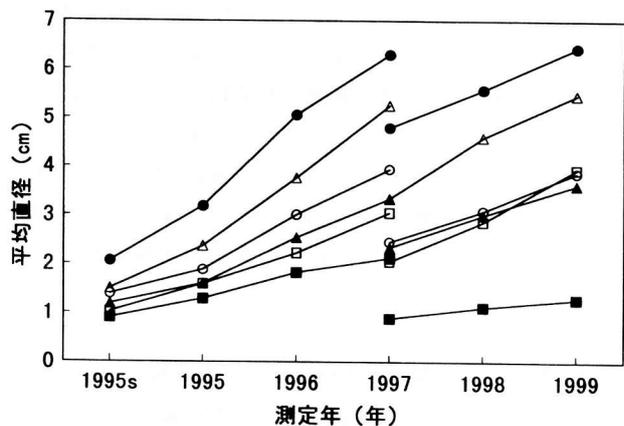


図-2 植栽木の直径成長過程

●: ウダイカンバ, ○: ミズメ, ■: ブナ, □: クリ, ▲: ケヤキ, △: カツラ  
1995sは1995年の春, 他は各年の秋の測定。  
1997年以前は根元直径, 1997年以降は胸高直径の成長過程を示す。

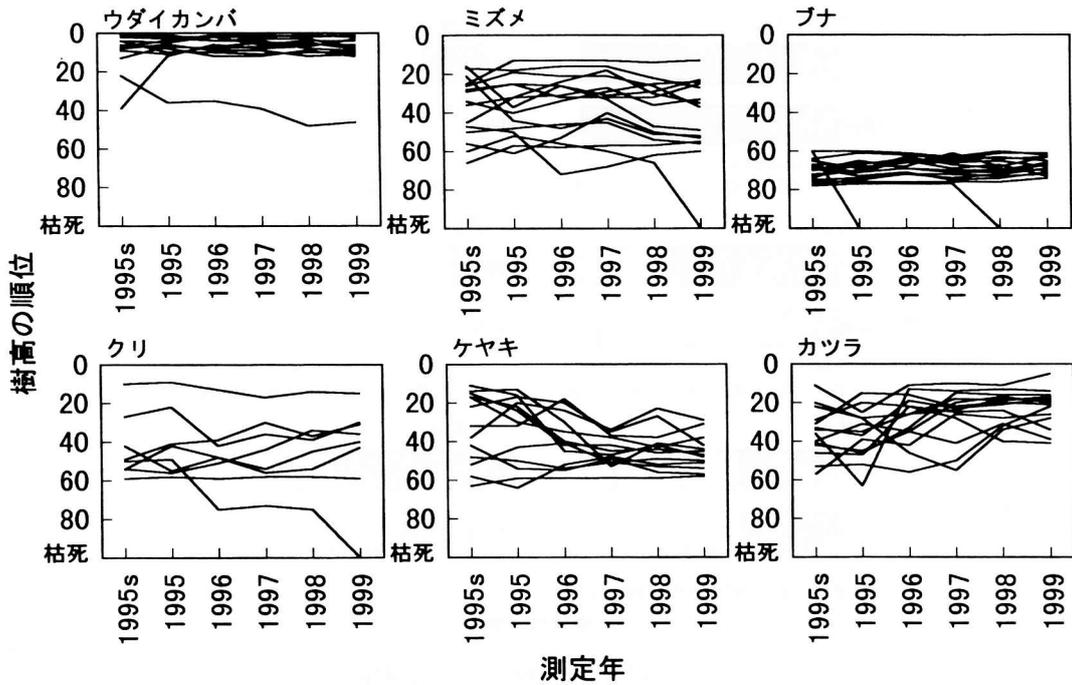


図-3 樹高の順位の経年変化

以下大きい順にカツラ、クリ、ミズメ、ケヤキ、ブナであった。期末の樹高には樹種間の差が認められ (Kruskal-Wallis検定,  $p < 0.05$ ), ウダイカンバに対するミズメ、ブナ、ケヤキの組み合わせ、カツラに対するブナ、ケヤキの組み合わせ、クリとブナの組み合わせで有意な差が認められた (Tukey-Kramer型の多重比較,  $p < 0.05$ )。調査期間中の平均樹高成長速度は、大きいものから順にウダイカンバ130cm/年、カツラ102cm/年、クリ83cm/年、ミズメ76cm/年、ケヤキ66cm/年、ブナ32cm/年であった。図-2には、平均根元直径と平均胸高直径の成長過程を示す。ウダイカンバとカツラの成長が良く、ブナの成長が悪かったのは樹高成長と同様であった。ウダイカンバが同時に植栽した他の広葉樹よりも成長が良かったことは寺澤ら (1997) も報告しており、同種が初期成長の速い樹種であることがわかる。

全個体の樹高を高いものから順に並べたときのある個体の順位を樹高順位とし、その経年変化を樹種ごとに示したのが図-3である。調査期間を通してウダイカンバは常に上位を、ブナは常に下位を占めた。これは、期首の樹高と平均樹高成長速度のどちらもが、ウダイカンバは他樹種より大きく、ブナは他樹種より小さかったことによるものである。他の4樹種の順位は、期首にはどの樹種もあまり偏りなくウダイカンバとブナの間に分散していた。そして、年数の経過とともにカツラは上位に、ケヤキは下位に収束する傾向がみられた。これらのことは、ミズメとクリ以外の樹種では、樹種間の成長差のほうが種内の個体差よりも大きいと

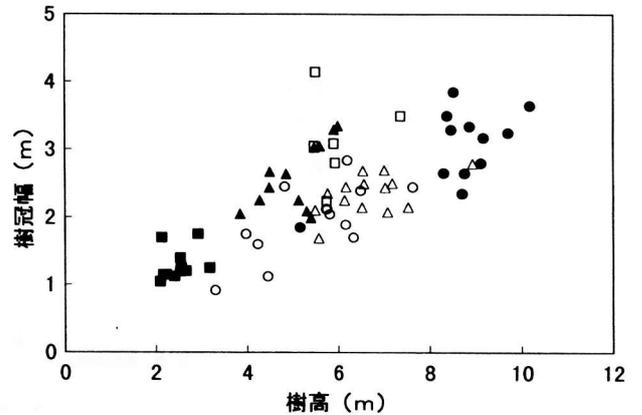
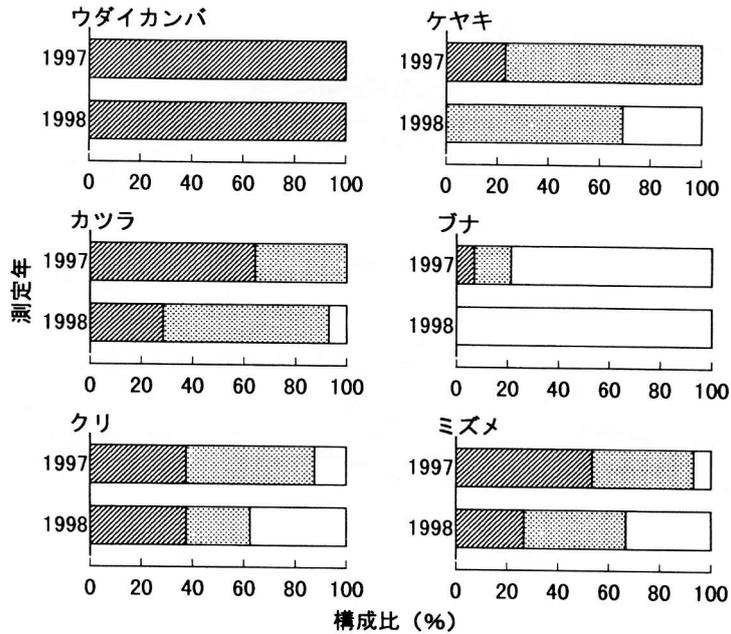


図-4 1999年の樹高と樹冠幅の関係

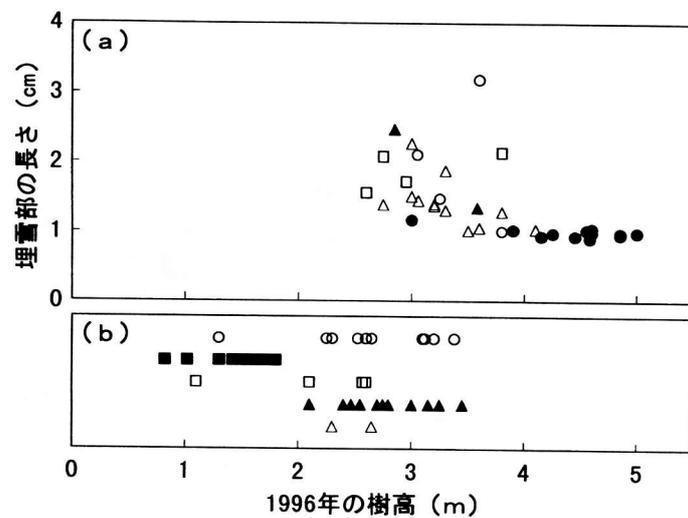
●: ウダイカンバ, ○: ミズメ, ■: ブナ, □: クリ, ▲: ケヤキ, △: カツラ

いうことを示唆している。今回のように単木混交したときには、初期の競争相手が常に他樹種であるため、樹種間の成長の優劣が明瞭に現れるものと考えられる。

植栽木の競争とは、樹冠の空間占有をめぐる競争である。図-4は、期末における樹高と樹冠幅の関係を示したものである。全樹種をまとめてみると、樹高と樹冠幅とは正の相関関係がみられた ( $p < 0.01$ )。樹種ごとにみた場合でも、両者の相関係数は正の値になり、クリとブナ以外の樹種でその関係は有意 ( $p < 0.05$  または  $p < 0.01$ ) であった。樹高の高い個体の樹冠幅が大きいことは、樹冠の拡張に成功した個体の成長量が大きかったことを示唆するとともに、高い位置にある樹冠ほど大きいことを意味している。したがっ



図一 5 1997年と1998年の受光環境  
斜線は受光度1、ドットは受光度2、白抜きは受光度3を示す。



図一 6 雪上木の樹高と埋雪部の長さの関係(a)と埋雪の樹高(b)  
●: ウダイカンバ, ○: ミズメ, ■: ブナ, □: クリ, ▲: ケヤキ, △: カツラ

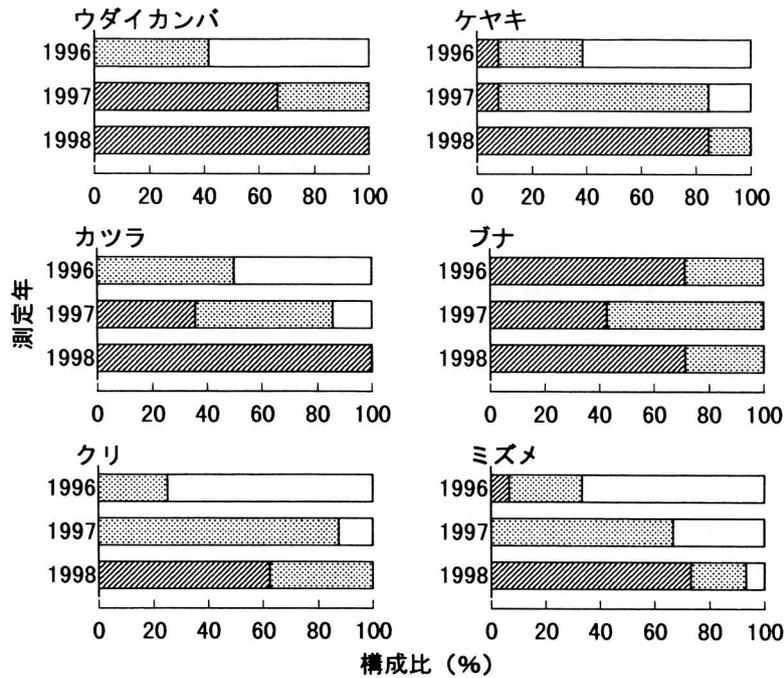
て、成長の良い個体ほど他個体に対する影響力が大きいといえる。

### 3. 受光環境の変化

競争によって劣勢になった個体の樹冠は、優勢な樹冠による被陰が原因で受光環境が悪くなる。このため、各個体の受光環境を指標する受光度から、その個体が優勢木であるかどうかを評価することができる。図一5は、1997年と1998年における受光度を樹種ごとに示したものである。ウダイカンバは両年ともすべての個体が受光度1であった。他の樹種は、1997年に比べて

1998年の方が受光環境が悪化していた。1998年には、ケヤキで受光度1の個体がなくなり、ブナはすべての個体が受光度3になった。受光環境が悪くなれば成長量は低下する。したがって、平均樹高や平均直径の樹種間の差が年々拡大したのは樹種特性としての成長速度の違いに加えて、このことが影響していることができる。また、各樹種の受光環境の変化は、混植された造林地の中で特定の樹種が優占していく過程を示している。

受光度1の個体は1997年で全個体の47.4% (立木密度に換算すると2,903本/ha), 1998年は30.3% (1,855



図一七 1996年から1998年の樹幹の倒伏状況  
斜線は直立、ドットは斜立、白抜きは倒伏を示す。

本/ha)である。これに受光度2の個体を含めると、その比率と立木密度は1997年が82.9%と5,080本/ha、1998年が64.5%と3,950本/haとなる。受光環境が1年間でこのように大きく変化したことは、被圧木が次々に生じていることを示しており、この試験地では既に立木密度が過密な状態になっていることがわかる。

#### 4. 樹幹の倒伏と埋雪

図-6は、1996/1997冬期における雪上木の埋雪部の長さや1996年の樹高の関係(a)と埋雪木の樹高(b)である。埋雪部の長さの下限が約1mであることは、この冬期の積雪深(マーキング時)が約1mであったことを示している。雪上木の樹高の下限は2.6m、埋雪木の樹高の上限は3.5mであった。ウダイカンバは樹高が3m以上になっており、全個体が雪上木であった。ブナは樹高が2mに達する個体がなく、すべて埋雪木であった。他の4種では雪上木と埋雪木の両方がみられた。クリとカツラは樹高2.6~2.7mで雪上木と埋雪木とがはっきり分離した。これは、スギの雪上木になる樹高が積雪深の2~2.5倍である(四手井ら, 1950)のとほぼ等しい。これに対して、ミズメとケヤキではおおむね3mから3.5mの樹高で雪上木と埋雪木とが混在していた。したがって、ミズメとケヤキは、クリやカツラに比較して埋雪しやすい樹種である可能性がある。また、積雪深に対する樹高の関係から、ブナは斜立あるいは倒伏した状態で埋雪し、他の樹種の埋雪木の多くは倒伏した状態で埋雪していた

ものとみることができる。

雪上木は、ごく一部の例外を除いて、樹高が低いものほど埋雪部の長さが長かった。このことは、樹高の低い個体ほど樹幹の倒れ方が大きかったことを示している。これは、樹高が低いものは根系の発達が悪く、また、樹幹の柔軟性が大きいことによると考えられる。

図-7は、1996年から1998年の樹幹の倒伏状況である。ブナ以外の樹種では、年々倒伏個体あるいは斜立個体が減少し、直立個体が増加していた。その内、ウダイカンバとカツラは1998年に全個体が直立になっていた。これらのことは、雪起こしの効果であるとみてよいであろう。ブナは、他の樹種では直立個体がほとんどない1996年に約70%が直立していた。ブナの直立個体は1997年に減少したものの、1998年では再び約70%になった。また、ブナには倒伏個体がみられなかった。ブナは1996/1997冬期には斜立か倒伏した状態で埋雪したと考えられたのに対して、直後の春には倒伏個体がないばかりか直立個体も存在した。このことは、ブナが消雪後に速やかに立ち上がったことを示しており、ブナが雪圧に対して強いことがうかがえる。

#### 5. 単木混交植栽の評価

当試験地では問題となるような被害が発生しなかったことから、混植の目的の一つである被害に対する危険分散に関しては、ここまでのところ評価することはできない。このように外的要因による成長不良などがみられなかったことから、当試験地では樹種ごとの成

長速度の違いが反映して、ウダイカンバやカツラといった特定の樹種が優占しつつあるという結果になり、これには単木混交という植栽配置が影響していると考えられた。これに対して、同一樹種の一斉造林では同種内の個体差によって優勢木が生じていくため、優劣の差の発生のしかたが異樹種の単木混交の場合よりも緩やかであると考えられる。したがって、早期に優勢木を生じさせ、その土地に適した樹種の初期成長を速める上で、今回の植栽方法は有効であったといえる。

クリとケヤキを混植した試験林で、当初優勢であったクリが植栽後20余年たってからケヤキに被圧され始めたことから、植栽後数年間の時期における成林状況をみてその将来を速断することは危険であることが指摘されている（前橋営林局計画課，1972）。したがって、当試験地をこのまま推移させたとき、将来ウダイカンバが優占する森林が成立すると現時点で判断することはできない。ただ、当分の間はウダイカンバが優占した形で推移することは確実であり、その間に被圧に耐えられなくなった樹種から消失していくことが考えられる。そのため、劣勢になった樹種が衰弱する前にどの樹種を将来にわたって育成していくのかを検討し、その検討結果に応じた除伐を行うことが必要であろう。

#### IV 謝 辞

本研究の現地調査では、岐阜県寒冷地林業試験場（当時）の水谷嘉宏氏と横谷祐治氏、岐阜県森林科学研究所の井川原弘一氏と大洞智宏氏に協力していただいた。ここに、記して感謝する。なお、本研究は農林水産省の補助事業・新技術地域実用化研究の「冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立」で行ったものである。

#### 引用文献

- 前橋営林局計画課（1972）小根山見本林報告書．271pp，前橋営林局．
- 四手井綱英・高橋喜平・塩田勇（1950）幼齡林の雪害．林業試験集報58：1-24．
- 田中豊・垂水共之（1999）Windows版統計解析ハンドブック．ノンパラメトリック法．164pp，共立出版，東京
- 寺澤和彦・梅木清・滝谷美香（1997）群状植栽された広葉樹9種の植栽20年後の成績．日林北支論45：53-56．
- 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．岐阜県森林研報28：1-8．