

広葉樹林化技術の実践的体系化研究

清水香代・小山泰弘

広葉樹林や針広混交林への誘導にあたって必要な施業方法を検討するため、カラマツ林の下層に植栽されたブナやカツラ及び天然生広葉樹について成長を調査した。その結果、低木層の広葉樹の成長は、上木を残存させることにより植栽木、天然生に関わらず停滞するため、低木層の個体が成長停滞する前に上木を伐採する必要があった。また、カラマツ人工林の樹冠下で亜高木層に達した天然生広葉樹の動態を明らかにするため、上木の皆伐及び上下木を間伐した結果、その効果は10年程度しか発揮されなかった。これらのことから、カラマツ人工林から広葉樹林への誘導の可能性は見いだされたものの、樹冠下に健全な広葉樹が生育する複層型の針広混交林は継続的に維持できないと考えられた。

キーワード：広葉樹林化，針広混交林化，カラマツ，樹下植栽，天然生広葉樹

1 緒言

多様化する森林の管理目標に対応するためには、森林管理の方法についても多様化することが求められている。その一つに、水源涵養機能などの公益的機能を高度に発揮するために針葉樹人工林の樹下に植栽または天然更新により広葉樹を誘導し、針広混交林とする森林管理目標がある。長野県でも、立地条件等から木材生産の高度化に適さない針葉樹人工林で、針広混交林や広葉樹林へと転換する目標が立てられている(長野県 2005)。

針葉樹人工林から針広混交林に誘導するためには下層に生育する前生稚樹の存在が不可欠である(森林総研 2010, 森林総研 2012, 杉田ら 2009)とされるものの、県内に広く分布するアカマツ林やカラマツ林では収量比数の高い過密林分でも下層植生が発達し、高木性広葉樹が多く認められている(小山・山内 2011)。これまで、下層植生の発達したカラマツ林でも、下層植生の発生初期(小山・山内 2011)から亜高木層における広葉樹を調査した報告(古川 2002, 小山・山内 2011, 小山ら 2013)があるが、樹冠層でカラマツと広葉樹が混交する針広混交林や、広葉樹林となるまでの過程については不明な点が多い。

そこで本研究では、カラマツ人工林の樹下植栽したブナやカツラの成長経過を調査するとともに、カラマツ人工林の下層に発生した広葉樹が亜高木層まで成長した林分を調査し、最終的にカラマツ人工林が針広混交林や広葉樹林に移行する可能性について検討した。

なお、本研究は、攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業「広葉樹林化技術の

実践的体系化研究」(2014~2015 年度)により実施したものである。

2 カラマツ林に樹下植栽したブナの樹高成長

2.1 目的

カラマツ林の樹下で生育した広葉樹は、成長するにしたがって、成長が停滞する事例が報告されている。これらの停滞の原因は、下木が成長し、上木の枝下高に近づいたことによるものと考えられていた(小山 2013)。

本研究では、強度間伐を実施したカラマツ林の樹下にブナを植栽し、その樹高成長とカラマツの枝下高との関連性を調査することにより、ブナがカラマツの樹冠層に到達する可能性について検討した。

2.2 調査地と調査方法

調査は、長野県東部の上田市真田瀧の入の標高 1,380m, 斜面傾斜 20° の北西向き斜面のカラマツ人工林(120-I-5)で行った。25 年生のカラマツを 1993 年に本数間伐率 50%の強度間伐を実施した後、ブナを下層木として 1 箇所あたり 3 本の巣植え(1,000 箇所/ha・3,000 本/ha)で植栽した(表 1)。植栽当初、カラマツ林の林床には平均桿高 1m のチマキザサが密生していたため、植栽後の保育作業として、年 1 回の下刈りが植栽後 8 年間実施された。植栽から 2 年が経過した 1995 年に 900m² (30×30m の方形プロット)の試験区を設け、試験区内に植栽されている下層木のブナ(以下、下木ブナとする)の樹高と胸高直径を 2015 年まで継続的に測定した。また、上層木のカラマツ(以下、上

木カラマツ)は、1995年、2009年10月と2015年7月に樹高及び胸高直径と枝下高を測定した。

2.3 結果

2.3.1 樹下植栽ブナの動向

1995～2009年にかけて下木ブナの樹高は、1995年の調査開始時には平均樹高0.5mだったが、植栽後6年目にチマキザサの平均幹高である1.0mを超えてからは年間樹高成長量が良好なり、2007年までの平均値で32.7cmと良好な成長であった。しかし、2008年には、年間樹高成長量が13.0cmに低下していた(図2-1)。その後、2009年以降の平均年間成長量は10.4cmと依然停滞していた(図1-1)。

2.3.2 上木カラマツの伐採と動向

上木カラマツは、2009年時点で、平均樹高が24.0mあるにもかかわらず、平均枝下高は7.8mで低い状態を維持していた(図2-2)。その後、2015年には、平均樹高は25.8mとなっていたが枝下高は平均11.9m(図2-2)となり、2009年からの6年間で4.1m枯れ上がっていた。しかし、樹冠長率は53.8%と依然大きかった。2009年から2015年までの樹高成長量は、0.3m/年に留まり(表1)、胸高直径成長量は3.9cmの増加で、長野県民有林のカラマツ地位Ⅱ相当の成長を維持していた。

2.4 考察

2009年の調査では上木カラマツの枝下高が低いことで下木ブナの樹高成長が抑制されたものと考えられたが(小山2013)、2015年の調査で上木カラマツの枝下高は上がっていたにもかかわらず、下木ブナの成長は回復していなかった(図2-2、図2-3)。上木カラマツの下枝が枯れ上がって空間が開いても下木ブナの成長は改善しなかったことから、下木ブナの樹高成長の抑制の原因は、上木カラマツの枝下高が低いことによる物理的な影響ではなく、林分内全体の光環境が下木ブナの成長に適さない光環境となったためと考えられる。このため、同一収量比数における相対照度がスギやヒノキより高いカラマツ(片倉ら1995)を上木とし、下木に耐陰性の高いブナ(古川・片倉2001)を植栽した場合においても、上木伐採による光環境の改善が必要と考えられた。

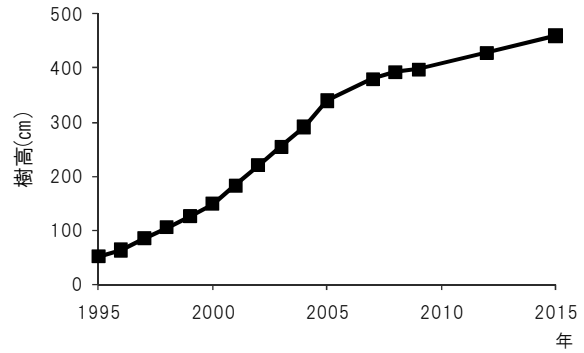


図2-1 下木ブナの樹高成長経過

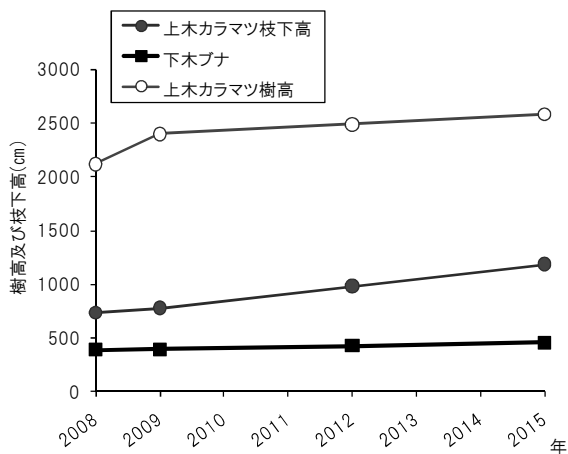


図2-2 上木カラマツの樹高及び枝下高と下木ブナの樹高の変化(2008～2015年)

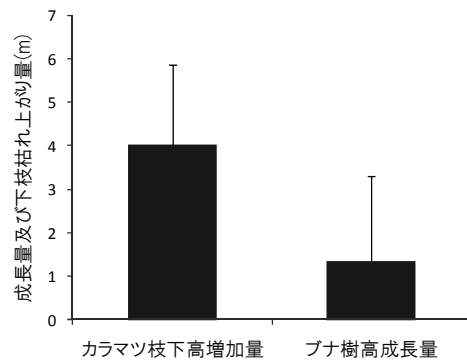


図2-3 上木カラマツの枝下高枯れ上がり量と下木ブナ樹高成長量比較(2009～2015年)

表1 毎木調査結果

樹種	植栽年	成立本数(本/ha)			平均樹高(m)			平均枝下高(m)		
		1995年	2009年	2015年	1995年	2009年	2015年	1995年	2009年	2015年
カラマツ	1969	211	211	211	16.7	24.0	25.8	-	7.8	11.9
ブナ	1993	3,211	1,789	1,778	0.5	4.0	4.6	-	-	-

1995年:(試験地設置時)

3 カラマツ林の樹下に植栽されたブナへの上木伐採による効果

3.1 目的

前章で、カラマツ林の樹下で成長したブナは、樹高 4.0m 程度に達する植栽から 15 年目頃に成長停滞することが観察された。よって、成長停滞が発生する前と考えられる 10 年生のブナが生育するカラマツ人工林（以下、植栽ブナ）を対象として、奈川調査地では、上木であるカラマツを伐採することによる成長促進効果を検討した。また、この時期に上木を伐採することで、林床が明るくなり、植栽ブナ以外の自然侵入した天然生の高木性広葉樹も成長が促進される可能性が考えられることから、合わせて生育状況調査を行った。

3.2 調査方法

調査は、長野県松本市奈川（2059-に-61 ハ林班）で行った。試験地は、標高 1,400m、平均傾斜 18.4° の南西向き斜面である。1955 年に植栽したカラマツを 44 年生時の 1998 年に間伐し（間伐後：平均立木密度 560 本/ha）、1999 年 5 月にブナを 1 箇所あたり 5 本の巣植えて樹下植栽した（600 箇所/ha・3000 本/ha）。10 年経過した 2009 年 10 月に植栽ブナと天然更新した高木性広葉樹が合わせて 2,500 本/ha 程度になるように下層木を除伐し、その後に植栽地のの上木であるカラマツを全て伐倒搬出した。なお、カラマツ伐採時には、作業上やむを得ない一部の支障木を除いて、下層木はすべて残存させた。

調査地は、一連の作業開始前にあたる 2009 年 9 月に設定し、上木伐採区（以下、伐採区）が 500m²（10×50m の方形プロット）、隣接して上木を残存させた 200 m²（10×20m の方形プロット）の上木残存区（以下、対照区）を設置した（図 3-1）。調査は 2009 年の調査地設定時と 2010 年の上木伐採直後、2011 年 4 月と、2014 年 4 月に行った。調査対象は、成立している樹高 2.0m 以上の高木性樹種とし、調査項目は、生残状況、樹種、樹高、胸高直径とした。

3.3 結果

3.3.1 植栽ブナ

植栽ブナの樹高は、上木伐採翌年の 2011 年と 4 年後の 2014 年ともに、伐採区が対照区と比較して有意に大きかった（t 検定、 $p < 0.05$ 、図 3-2）。また、胸高直径も、2011 年と 2014 年ともに、伐

採区は対照区と比較して有意に大きかった（t 検定、 $p < 0.05$ 、図 3-3）。

3.3.2 高木性広葉樹

対照区では、光環境が改善しなかったことから、2009 年は 650 本/ha だった植栽ブナ以外の高木性広葉樹は、2011 年には 450 本/ha となり、枯死する個体が発生していた（図 3-4）。一方、伐採区では枯死は認められず、除伐時または除伐以前の下刈りに時に地上部を伐採した個体も再生したため、2010～2014 年の間に約 4,000 本/ha が増加した（図 3-4）。2014 年の調査時に伐採区で確認できた高木性広葉樹（13 種類・119 本）のうち萌芽個体は全体の約 40% を占め、樹種では、ミヤマザクラ、ミズナラが多かった。次に、各調査年に成立していた天然生の高木性広葉樹の平均樹高及び平均胸高直径を対照区と伐採区で比較した。その結果、伐採翌年の 2011 年の調査までは対照区の平均樹高 2.5m、胸高直径 1.5cm、伐採区の平均樹高 2.7m、胸高直径 2.2cm と両者に差が認められなかった。しかし、5 年後の 2014 年は、対照区で平均樹高 2.8m、胸高直径 2.2cm に対し、伐採区の平均樹高 3.9m、胸高直径 3.3cm と成長量でも差があった。

3.4 考察

今回の結果では、上層木のカラマツを伐採したところ、伐採後 4 年で伐採区と対照区の下木の成長に差が生じた。このことから、下層の光環境に優れたカラマツ林（片倉ら 1995）であっても、比較的短期間で成長に差が生じるほど下層木の光環境に影響があることが確認された。加えて、下刈りを繰り返して高木性広葉樹が減少した林分であっても、上木伐採により光環境を改善すれば、植栽木だけでなく高木性広葉樹の実生または萌芽による新規加入やその成長が促進され、早期広葉樹林化する可能性が高くなると推察された。一方で、対照区においては、伐採区と比較して高木性広葉樹の新規加入は少ないうえ、枯死した個体も散見された。これらのことから、カラマツ人工林から針広混交林、広葉樹林への移行を速やかに図るためには、下層の広葉樹が下刈り時期を脱した早い時期に、下層に高木性広葉樹が十分な本数で生育していることを確認した上で、上木を伐採することが望ましいと判断できた。

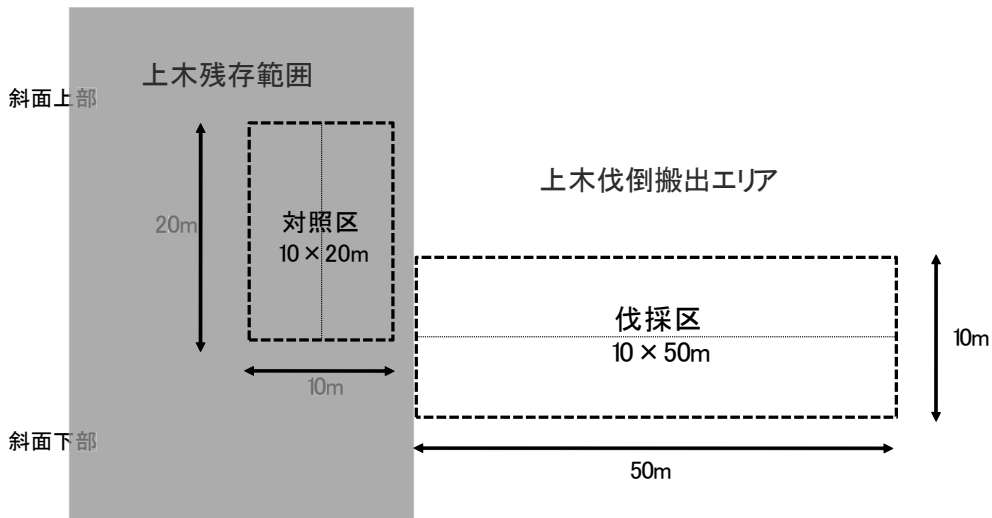


図 3-1 調査区配置図

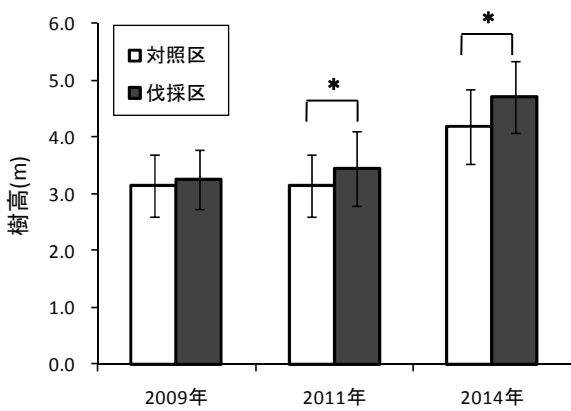


図 3-2 対照区と伐採区の樹高比較 (植栽ブナ)

* : $p < 0.05$ (t検定), 対照区 $n=27$, 伐採区 $n=74$

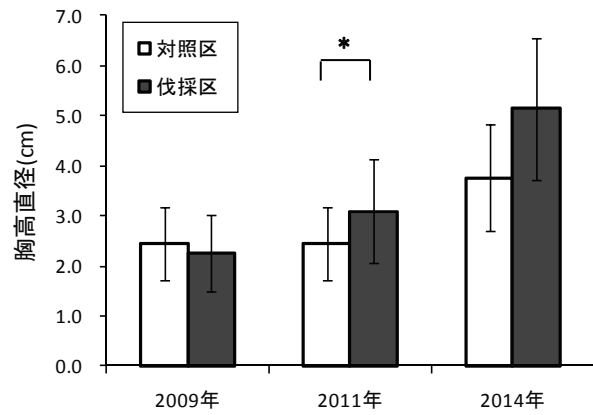


図 3-3 対照区と伐採区の胸高直径比較 (植栽ブナ)

* : $p < 0.05$ (t検定), 対照区 $n=27$, 伐採区 $n=74$

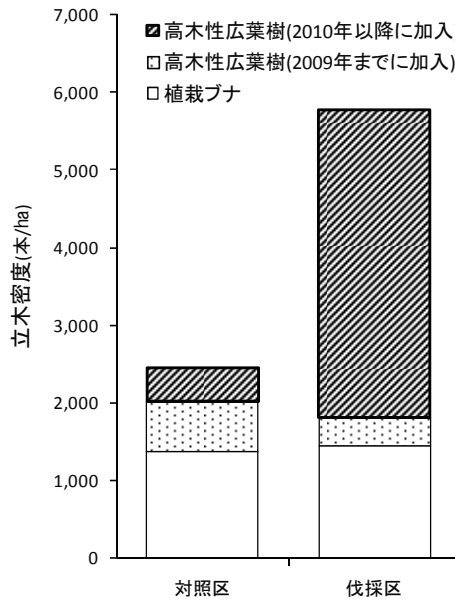


図 3-4 対照区と伐採区の植栽ブナ・高木性広葉樹の立木密度比較 (2014年調査時)

4 カラマツ-カツラ複層林における下木カツラの樹高成長

4.1 目的

第2章と第3章では、ブナの成長に上木カラマツが影響し、樹高成長が停滞した事例について報告した。広葉樹の樹形は、2つに分けることができるが、前章で報告したブナは幹の途中から枝分かかれが生じて、幹と枝との区別が明瞭でなくなり、上に大きく広がる樹冠を呈する筈状型で、ブナを含め大多数の広葉樹がこれに属する(藤森 1994)。もう一つは、上の方まで幹と枝との区別が明瞭で、枝が四方に均等に派生し針葉樹の円錐型の樹形に似るがやや膨らみのある羽状型である。本章では、この羽状型に属するカツラを植栽し、その成長が停滞した後に上木のカラマツを伐採した場合、下木の成長が回復するかについて調査した。

4.2 調査方法

調査は、長野県中部の塩尻市片丘にある長野県林業総合センター構内の標高 800m、ほぼ平坦な北西向き斜面で行った。調査地は、以前は耕作地であったが、1951年にカラマツが植栽された面積 0.028ha の林分である。1993年春にカラマツを強度間伐した後、2m 間隔で樹高 50cm のカツラを 41本植栽した。その後、植栽 12年目にあたる 2005年 12月に試験区の半分の区画を対象として上木のカラマツを全て伐採し、被圧が継続した場合(以下、被圧個体、N=23)と上木の被圧が解消した場合(以下、疎開個体、N=5)及び部分的に被圧を受けている個体(以下、一部被圧個体、N=10)に区分し成長比較を行った。なお、伐採にあたっては、原則として試験区外方向へ伐採を行ったため、下木のカツラへの損傷は発生しなかった。上木の伐採から4年が経過した 2009年までのカツラの樹高成長及び胸高直径成長量は、疎開個体が被圧及び一部疎開個体と比較して大きかったことが判明している(小山 2013)。本研究では、上木カラマツ及び下木カツラの樹高、枝下高、胸高直径を 2015年に再測し、2009年以降の両者の成長を評価した。

4.3 結果

4.3.1 カラマツの成長

上木のカラマツは、複層林の下木生長が期待できる相対照度(片倉ら 1995)を確保するため、42年生時の 1993年に成立本数の半分を間伐する強度間伐を行い、収量比数を 0.58に調整した。間伐

から12年が経過した 2005年でも林冠は閉鎖していなかった(小山 2013)が、2015年の調査では、林冠が閉鎖していた。64年生時の 2015年の平均樹高は 27.3m、平均胸高直径は 48.9cmで、地位Ⅱに相当する成長だった。また、平均枝下高は 13.5mで、2009年よりも 0.54cm 上昇していた。

4.3.2 カツラの成長

各区分のカツラの樹高成長及び胸高直径成長の推移を示す(図 4-1, 図 4-2)。上木のカラマツを一部伐採した 2005年時点でのカツラの平均樹高は 9.3m と、カツラの人工造林の中でも良好な成長で(深沢 1999, 松浦 2006)、このうち、2005年の伐採後の疎開個体は、樹高成長及び肥大成長ともに一部被圧個体及び被圧個体よりも増大傾向にあった。一方、被圧個体 23個体のうち5個体で、梢端の枯損などにより樹高が低下する個体が確認された。

次に、2015年の各区個体の平均樹高及び平均胸高直径を比較した(図 4-4, 図 4-5)。その結果、疎開個体の樹高及び胸高直径は、一部被圧個体とは有意差はなかったが、被圧個体と比較して大きかった(一元配置の分散分析・Tukey-Kramer の多重比較検定、樹高: $p < 0.01$)。疎開個体の年間樹高成長量は 2005~2009年は 0.56m/年だったが、2009~2015年は 0.36m/年に低下しており、疎開区においても林冠の再閉鎖が進行したと考えられた(表 2)。

表 2 年間成長量の変化

区分	平均樹高	平均DBH	平均樹高成長量	
	(m)	(cm)	(m/年)	
調査年	2009	2015	'06~'09	'10~'15
疎開	13.6	15.3	0.56	0.36
一部被圧	11.4	13.2	0.29	0.36
被圧	8.0	9.1	0.07	0.24

4.4 考察

一時的に成長が停滞した後に上木カラマツが伐採された疎開個体は、伐採後から成長は回復した一方で、被圧個体の成長は停滞したまま推移し、一部で、梢端が枯損し樹高が低下する個体が発生した。このことから、筈状型広葉樹に限らず羽状型広葉樹も複層林の下木として維持することは、下層の光環境が良好なカラマツ(片倉ら 1995)であっても困難と考えられた。

しかし、疎開個体も 2015年には再度成長が停滞したことから、筈状型と同様、羽状型でも林冠閉鎖前の上木伐採が必要であることが推察できた。

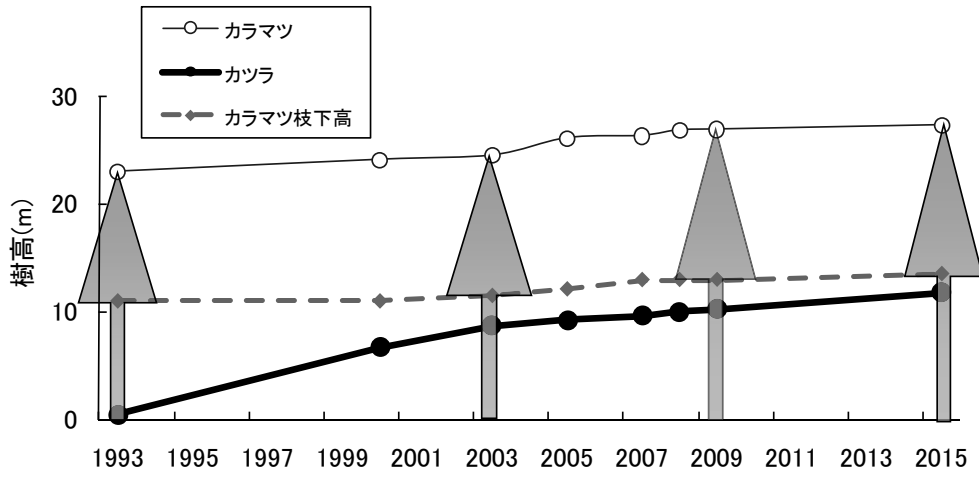


図 4-1 カラマツとカツラの平均樹高の推移 (1993~2015 年)

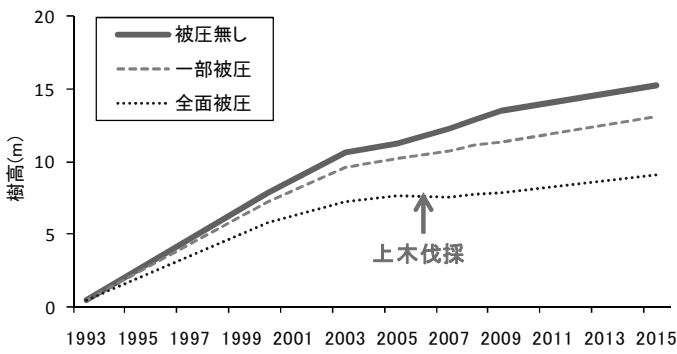


図 4-2 カツラの平均樹高の推移 (1993~2015 年)

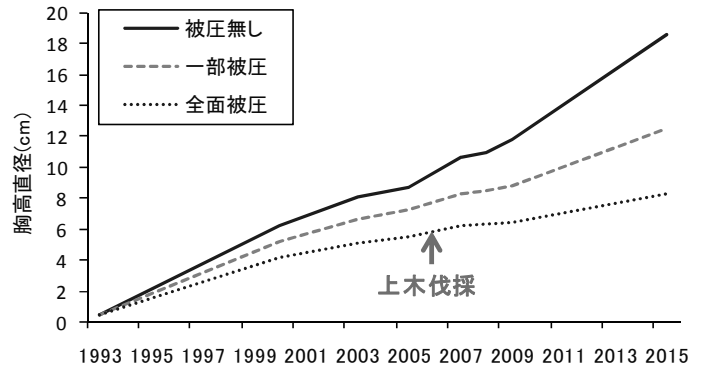


図 4-3 カツラの平均胸高直径の推移 (1993~2015 年)

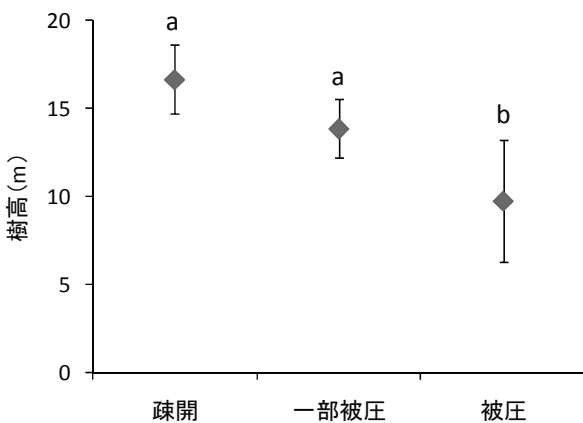


図 4-4 被圧区分別のカツラの樹高 (2015 年)

※エラーバーは標準偏差、同じ記号を含む区間に有意差無し
(一元配置の分散分析・Tukey-Kramer の多重比較検定, $p < 0.01$)

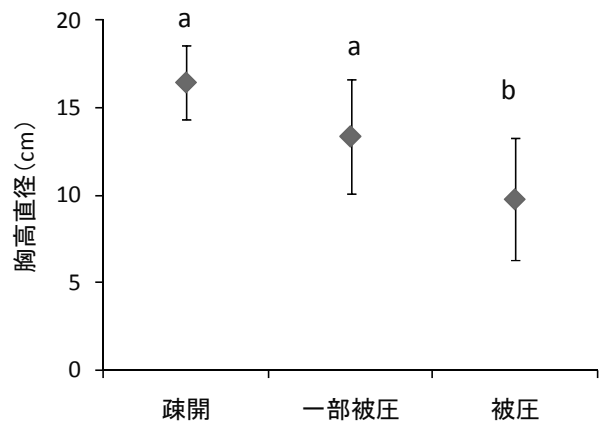


図 4-5 生育状況別のカツラの胸高直径 (2015 年)

※エラーバーは標準偏差、同じ記号を含む区間に有意差無し
(一元配置の分散分析・Tukey-Kramer の多重比較検定, $p < 0.01$)

5 上木の施業方法と下木広葉樹の成長

5.1 目的

前章までの結果から、カラマツ樹下に植栽されたブナやカツラ及び低木層の天然生広葉樹を成長停滞させることなく成長させるためには、上木の伐採が必要であることがわかった。しかし、実際の林分には、低木層に広葉樹が侵入した林分だけでなく、下木の樹高が亜高木層まで達している林分も存在する。そこで、本章では、カラマツの樹下で亜高木層に達した広葉樹の下木も含めた施業方法の違いによって、施業前から成立していた広葉樹の成長がどう推移するかについて継続調査を行った。

5.2 調査方法

調査は、県北部の長野市大岡にある大岡県有林(県有林6-イ-4)で行った。試験地は、標高1,200m、平均傾斜25.5°の北東向き斜面である。2002年に試験地を設定し、67年生の上木カラマツと樹高2.0m以上の下木広葉樹の胸高直径を毎木調査した。その後、2005年10月に上木のカラマツと下木広葉樹の両方を本数間伐率3割で伐採した区(以下、上下木間伐区)、上木のカラマツのみ皆伐した区(カラマツ皆伐区)、施業を実施しなかった区(以下、無処理区)の3区を設置した。各区の面積は900m²(30m×30m方形区)とした。なお、カラマツ皆伐区の伐採時には、作業上やむを得ない一部の支障木を除いて、下木はすべて残存させた。その後、2008年11月、2010年8月、2015年12月に上木カラマツと広葉樹の成長及び生残状況について調査を行った。

5.3 結果

5.3.1 広葉樹の成立本数及び枯死本数

2005年、2008年及び2015年の各区の広葉樹の成立本数は、2005年から2008年にかけては一度増加し、その後減少していた(表3)。これは、施業を実施したことで一時的に下木広葉樹の成長が促進されたためと考えられた。しかし、2015年には全ての区で本数が減少した。特に無処理区では、施業3年後から10年後の7年間で下木広葉樹の残存割合は39.7%まで減少していた。

5.3.2 広葉樹の直径階分布

2008年と2015年の各区の胸高直径階分布を図5-1、図5-2に示す。施業10年後の2015年の調査では、無処理区では、0~15cm未満における本数の

表3 広葉樹の成立本数

	成立本数 本/ha		
	2005年	2008年	2015年
上下木間伐区	1,067	1,300	700
カラマツ皆伐区	1,378	1,589	744
無処理区	1,978	2,067	822

減少が著しく、特に胸高直径5cm未満では、当初の700本/haから67本/haまで減少した。一方のカラマツ皆伐区では、2008年と2015年の胸高直径階分布において、20~25cm未満の個体が増加していた。カラマツ皆伐区では上木の伐採により最下層に位置していた広葉樹が成長したものと判断できた。

5.3.3 各区の階層別の胸高直径成長量比較

2008年と2015年の結果を示す(図5-3、図5-4)。2005年の施業時に樹冠層まで届いていた個体を大とし、樹冠下の個体については、胸高直径10cm以上を中、10cm未満を小で分類し比較した。その結果、2008年には無処理区と比較して上下木間伐区及び皆伐区では各胸高直径区分ともに年間成長量の大きい個体の割合が高かった。特に、上下木伐採区で年間成長量1.0cm以上の個体が大で49.9%、中で80%と高かった。これらは、下木についても間伐を行ったことにより、カラマツ皆伐区よりも林内全体の光環境の改善効果が得られたためと考えられた。しかし、伐採後10年が経過した2015年には、成長量の差は縮小しており、特に大では、3区間で差が無かった。また、中の成長量は各区ともに少なく、各区の成長量1.0cm以下(中・小)の割合は2008年では94.4~100%で、2015年でも59.9~88%と高かった。

5.4 考察

施業を実施した上下木間伐区及びカラマツ皆伐区では、施業3年後には下層の光環境が改善されたことにより、広葉樹の成立本数は一旦増加したものの、その後減少した。これは、上木のカラマツの有無だけでなく、広葉樹間の個体競争が生じた結果と考えられた。残存した個体の胸高直径別の成長量も大では、施業3年後には無処理区と比較してカラマツ皆伐区と上下木間伐区で成長量が多かったが、施業後10年では3区ともに差はなかった。これは、施業により一度は光環境が改善し、成長が促進されるものの、経年成長により、広葉

樹同士の競争が生じることで再び成長停滞が発生することが考えられた。さらに、大や中に区分した個体は施業と関係無く成長したのに対し、小に区分した個体は成長しなかった。これは、樹冠層や亜高木層に達している大や中に区分した優勢個体から被圧を受けているためと考えられ、過密人工林において劣勢木は間伐を行っても成長の停滞が

継続し、優勢木は間伐の有無にかかわらず成長量に大きな変化がなかった (大矢・近藤 2013) ことも一致した。よって、当該調査地のように、様々な樹高サイズの混在する広葉樹林においては、胸高直径 10cm 未満の小径個体は、個体間競争に勝てず衰退するため、健全な広葉樹林の維持や成林には貢献しないと考えられた。

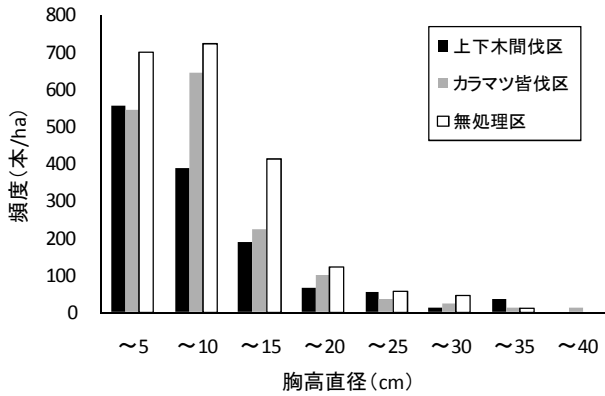


図 5-1 各区の胸高直径階分布 (2008 年)

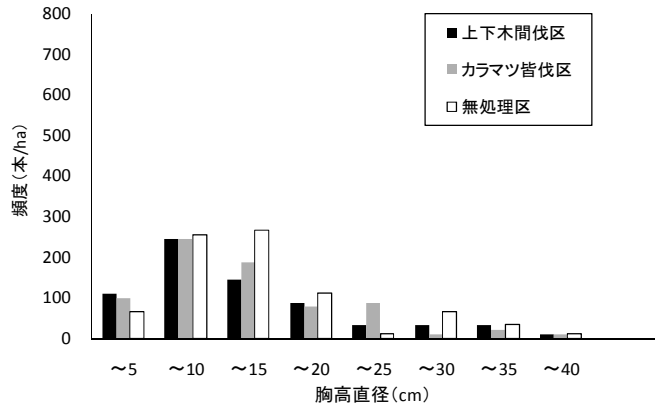


図 5-2 各区の胸高直径階分布 (2015 年)

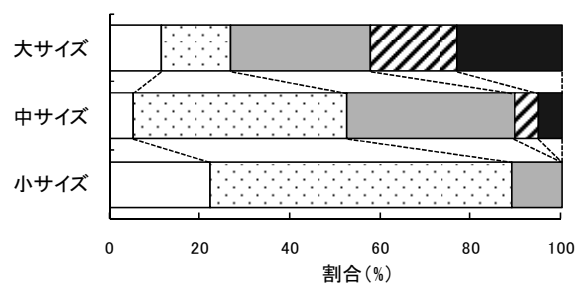
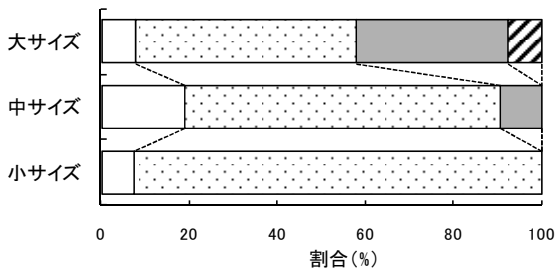
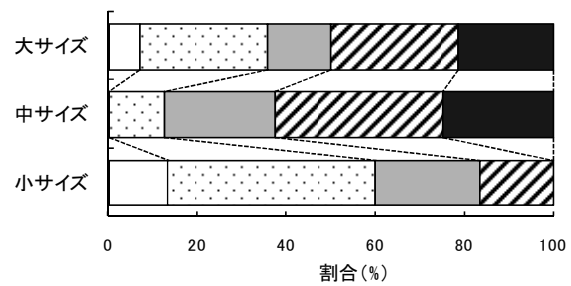
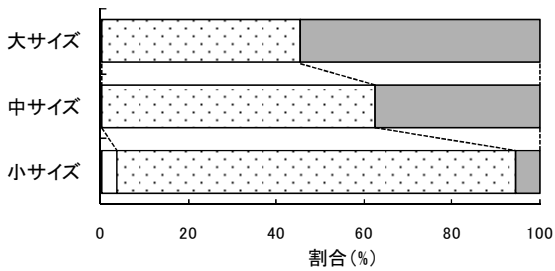
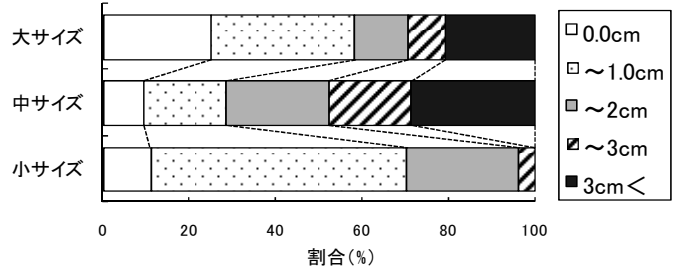
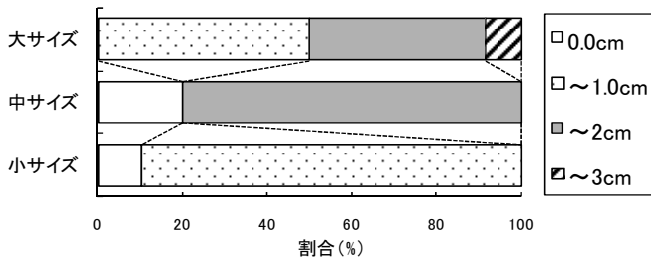


図 5-3 広葉樹の階層別胸高直径成長量 (2008 年) 図 5-4 広葉樹の階層別胸高直径成長量 (2015 年)
(上: 上下木間伐区・中央: カラマツ皆伐区・下: 無処理区)

6 まとめ

森林の管理目標が多様化する中で、公益的機能を高度に発揮するために選択される針広混交林化や広葉樹林化について、県内の民有林面積において最も面積割合が高く、比較的下層の光環境が良好で広葉樹が侵入するカラマツ林（小山・山内2011）における広葉樹の動態を調査した。

その結果、上木にカラマツが存在することにより、下木の植栽ブナは比較的耐陰性の高い樹種（片倉・古川1995）であるにも関わらず、成長停滞した。ブナ以外の天然生広葉樹も、上木伐採により新規加入やその成長は促進されたが、カラマツ樹下での侵入本数は少なかった。

次に、広葉樹自体の樹冠形状が筈状樹形ほど空間を必要としない羽状型樹形のカツラでカラマツ樹下における成長量を評価したが、羽状樹形でも成長停滞した。

また、亜高木層から低木層にかけて、樹高サイズの異なる広葉樹が生育しているカラマツ林分で広葉樹の成長を促進させるための施業方法を検討した。その結果、上木の皆伐を行った林分でも上下木の間伐を行った林分でも、施業後10年が経過した時点で無施業区との成長差は消失した。これは、施業時に残存した個体が成長することにより、広葉樹間の競争が生じたことが要因と考えられた。このことから、広葉樹の成長を回復させるためには再度間伐を行う必要があると考えられる。さらに、樹高サイズが異なる広葉樹が混在する林分の場合は、亜高木層を占めている優勢個体を中心に成長し、低木層に位置する胸高直径10cm未満の小径個体は、優勢個体による被圧が恒常的に生じているため、広葉樹林化や針広混交林化には貢献しないと推察された。

本研究の調査結果より、広葉樹の成長を促進するためには、その成長に必要な光環境を継続して維持することが重要であるため、カラマツ林では、上木を皆伐することによる広葉樹林の成林の可能性が見出された。しかし、カラマツを上木とする針広混交林については、一時的にカラマツと広葉樹が複層型で混交することはあっても、樹冠層で混交する林分は形成されないと判断できた。

本研究における成果の一部は、日本森林学会中部支部大会（清水2014、清水2015）や公開シンポジウム（清水2015）で報告した。

謝辞

本研究を進めるにあたり、佐久地方事務所、上小地方事務所及び長野地方事務所の関係者の皆様には、試験地の提供及び調査において多大なるご協力を賜りました。

また、森林総合研究所の正木隆氏を始めとする皆様には、現地調査や調査結果の解析等に関わる指導や、研究成果の検討などの場において多大なご協力を頂きました。この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 藤森隆郎（1994）広葉樹林の特性とその取り扱いの基本。（広葉樹林施業. 藤森隆郎. 河原輝彦編著, 林業改良普及双書 118, 175pp, 全林協, 東京.）. 10-36.
- 古川仁・片倉正行（2001）混交林等多面的機能発揮に適した森林造成管理技術の開発. 長野県林総セ研報 15 : 4-8.
- 古川仁（2002）カラマツ- ミズナラ複層林造成の一方法 -カラマツの強度間伐に伴うミズナラの萌芽発生, 中部森林研究 49:23-24.
- 古川仁・片倉正行（2001）混交林等多面的機能に適した森林造成管理技術の開発, 長野県林総セ研報 15号 : 12-25. 大矢信次郎・近藤道治（2013）過密人工林管理技術の開発. 長野県林総セ研報 27 : 1-24
- 片倉正行・遊橋洪基・大木正夫・古川仁（1995）カラマツおよびアカマツを上木とする二段林の管理技術に関する研究. 長野県林総セ研報 9 : 16-29.
- 小山泰弘・山内仁人（2011）針広混交林造成に向けた更新技術の開発, 長野県林総セ研報 25号 : 29-44.
- 小山泰弘・近藤道治・大矢信次郎（2013）針広混交林の育成に向けた下層広葉樹の育成管理技術-広葉樹林化のための更新予測及び誘導技術の開発-. 長野県林総セ研報 27 : 25-44.
- 長野県（2005）長野県森林づくり指針. 30-34. 長野県林務部.
- 清水香代・小山泰弘（2015）カラマツ林の樹下に植栽されたブナへの上木伐採による効果. 中部森林研究 63 : 51-52.
- 清水香代・小山泰弘（2016）カラマツ林に樹下植栽したブナの樹高成長の停滞. 中部森林研究 64 : 17-18.

森林総合研究所 (2010) 広葉樹林化ハンドブック
2010－人工林を広葉樹林へと誘導するために
－. 48pp, 森林総合研究所.

森林総合研究所 (2012) 広葉樹林化ハンドブック
2012－人工林を広葉樹林へと誘導するために
－. 48pp, 森林総合研究所.

杉田久志・高橋誠・島谷健一郎 (2009) 八甲田ブナ
施業指標林のブナ天然更新施業における前更
更新の重要性, 日林誌 91:382-390.