

信州大学西駒演習林におけるブナ植栽木の15年間の成長経過

米山ひかる・城田徹央・岡野哲郎

信州大学農学部森林科学科

要 約

信州大学西駒演習林のカラマツ人工林を自然植生の落葉広葉樹林に戻す試みとして、1995年にカラマツ伐採跡地におけるササ刈り及びブナ苗の植栽が行われた。この試みに対する評価として約5年間隔の定期調査が行われており、本研究はその3回目にあたる。今回は、まず植栽から15年目のブナ植栽木の成長傾向を把握するために、毎木調査を行った。ブナ植栽木の樹高は樹高100cm未満に集中し、年間平均成長量が $-2.2 (\pm 4.1)$ (cm/year) となった。根元径は年間平均成長量が $0.4 (\pm 0.5)$ (mm/year) となり、以前の調査と比較して成長が停滞した。この成長不良の原因を明らかにするために、カモシカの食害及び枯れ下がりの有無の記載を行った。カモシカの食害率は樹高階60~80cmで最も高くなったが、頂端部の食害(頂部食害)は樹高100cm以上では0%となった。一方、枯れ下がりには樹高100cm以上の個体で多く見られ、全て1年枝のみで起こった。枯れ下がりの原因としては、積雪量の少ない太平洋側の調査地に、積雪量の多い日本海側の長野県飯山市産の苗木を用いたことが考えられた。以上より、ブナ植栽木の成長阻害要因として、カモシカの食害と枯れ下がりを含んだ日本海側と太平洋側の産地間における生理特性の違いが考えられた。

キーワード：ブナ植栽木, カモシカ食害, 枯れ下がり, 産地間差, 中央アルプス

1. はじめに

ブナ林は日本の冷温帯、垂直的には山地帯を代表する森林であり、鹿児島県の高隅山から北海道の黒松内低地帯まで分布する³⁹⁾。一般的に、ブナ林の組成種や出現の仕方及び成立する領域の広さが太平洋側と日本海側で異なることが知られている³⁹⁾。また、ブナの葉の形態学的特性や生理学的特性なども、太平洋側と日本海側で異なる^{14,23,33)}。

本調査地のある信州大学西駒演習林はブナースズタケ群集の南限に位置し³⁷⁾、標高約1400~1600mがブナ林に該当する¹¹⁾。西駒演習林では、1955年の信州大学農学部への移管以降、1967年まで木材生産を主な方針とし^{9,25)}、山地帯から亜高山帯までの森林を薪炭材として伐採、その一部にカラマツを植栽した²⁵⁾。そのため、現在はブナの分布域にカラマツ人工林が広がっている。しかしながら、1968年に西駒演習林での木材生産は中止となり、天然生林の保護をはかりつつ、教育研究を中心とした管理方針へと転換した²⁵⁾。このような背景を踏まえ、1995年に西駒演習林のカラマツ人工林を自然植生の落葉広葉樹

林へ戻す初めての試みが始まった²⁹⁾。西駒演習林のカラマツ人工林の林床は大部分がササに覆われている。ササは稚樹の更新や成長を阻害するとされ^{7,34,46)}、そのままの状態での早期の広葉樹林化は難しい。そこで1995年には、カラマツ伐採跡地において、ササ刈りと自然植生の落葉広葉樹林を構成する一種であるブナの植栽が行われた²⁹⁾。この試みは約5年間隔の定期調査として引き継がれ、1998年、2004年にブナ植栽木の毎木調査が行われた^{41,48)}。2009年に行われた本研究は、この定期調査の15年目にあたる。

ブナ林再生の研究は、拡大造林を経て、ブナ材資源の枯渇や多雪地域及び高標高地での造林成績の低下、また公害問題や環境・自然保護の関心の高まりを契機に^{10,28)}、全国で多く行われてきた^{1,3,12,26,30~32,38,40,47)}。植栽更新によるブナ林再生は、過去の伐採によって母樹となるブナが少なくなった林分で有効であり²⁷⁾、天然更新より迅速かつ確実な更新が望める方法とされている¹⁰⁾。しかしながら、その研究の多くが日本海側で行われ、太平洋側で行われた例は少ない³⁾。本研究では、15年間のブナ植栽木の成長傾向や成長阻害要因を明らかにすることで、今後、太平洋側に位置する西駒演習林のカラマ

受付日 2009年12月28日

受理日 2010年2月3日

ツ人工林を広葉樹林化させる際の施業方法を検討することを目的とした。

本研究では、植栽から15年目までのブナ植栽木の成長傾向を把握するために、毎木調査を行うと同時に、その結果を天然生ブナの樹幹解析の結果と他のブナ植栽地と比較した。また、樹高の調査結果から、カモシカによる食害⁴¹⁾、頂端部の枯れ下がり^{18,19,20)}、及び光環境の悪化¹⁾などの要因に分けて考察した。

2. 調査地と方法

2.1 調査地

信州大学西駒演習林は中央アルプスと称される木曾山脈の天竜斜面の一角をなしている⁹⁾。南は宮田国有林に接し、西は奈良井国有林に、北と東は伊那市の財産区有林に接している^{9,11)}。標高は1,350~2,670m、面積は250.15haである²⁵⁾。山地帯のブナ・ミズナラ林から高山帯のハイマツ林までを含む¹¹⁾。

本調査地は信州大学西駒演習林の1林班い小班の47年生カラマツ人工林に位置する(図1)。標高1,550m、傾斜34°の北東斜面で、土壌は強酸性の乾性ポトゾルを呈する⁴¹⁾。林床はクマイザサが優占している。調査地周辺の植生は、1,400~1,600m間はカラマツの人工林が広がり、ブナやミズナラ、カツラの大径木が点在する¹¹⁾。1,600m付近になるとブナやミズナラ、ウラジロモミと共にコメツガ、ダケカンバが分布し始め、1,800m付近まではコメツガ林やダケカンバ林を主とした、ナナカマドやネコシデなどの混在する森林が続く¹¹⁾。

本調査地では1994年にカラマツが伐採された。翌1995年に10m×10mの調査地が設けられ、ササ刈りと82本のブナ苗の植栽が行われた²⁹⁾(図2)。植栽苗として、長野県北部の飯山産の2年生ブナが使用された²⁹⁾。植栽間隔は1mであった²⁹⁾。後述するように1998年までにいくつかの個体が枯死したため、調査地近傍に仮植されていた同じ飯山産の苗が補植された⁴¹⁾(図2)。また、1998年のブナの補植作業以降、毎年5月に剪定鋏によるササの刈り取りが行われてきた。

ササ刈りの効果を比較するために、2009年9月に調査地内及び調査地付近のササ密生地に1m×1mのプロットを8つ設け、ササの稈密度及び稈高を計測した。その結果、調査地内では、平均稈密度は15.0(±7.5)本/m²、平均稈高は30.3(±13.6)cmであった。一方、ササ密生地では、平均稈密度は32.0(±12.7)本/m²、平均稈高は136.8(±17.0)

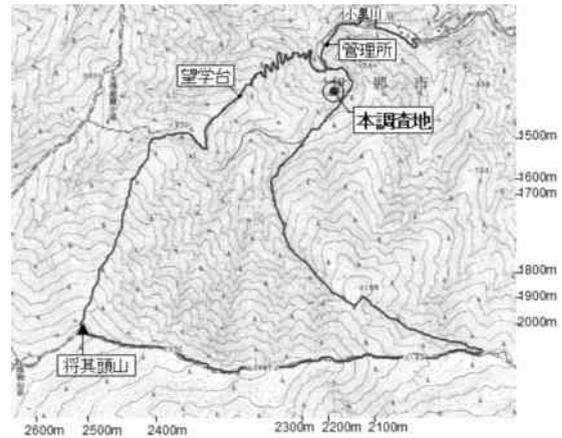


図1 西駒演習林における調査地の位置図

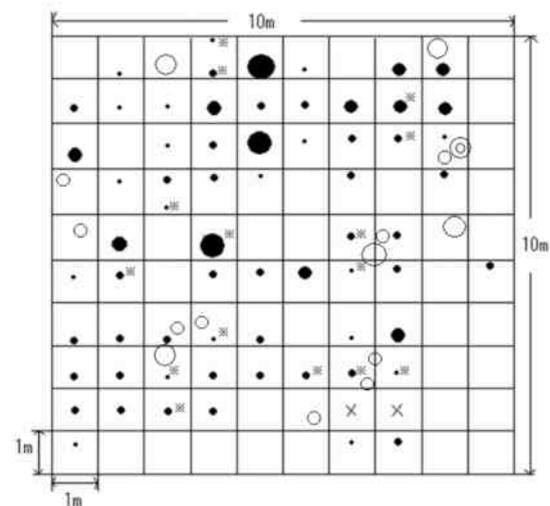


図2 ブナ植栽地内の位置図

黒丸はブナ植栽木を示し、丸が大きくなるほどに樹高50cm未満、樹高50~100cm、樹高100~150cm、樹高100cm以上の個体を示す。また、ばつ印は枯死したブナ植栽木、米印の付いたブナ植栽木は補植ブナを示す。加えて、残存する広葉樹について、白丸(小)を樹高2~5m、白丸(大)を樹高5~10m、二重丸を樹高10m以上として示す。

cmであった。

2.2 調査方法

本調査地では、1995年から約5年間隔の定期調査として、1998年、2004年、2009年に樹高及び根元径測定のみ木調査が行われてきた。樹高の測定にはスチールテープと測稈を用いた。根元径測定にはノギスを用い、直径2方向の平均を測定値とした。調査は冬芽の形成が完了した9月に行われた。ただし、本植栽試験の初期段階では、1996年、1997年、1998年の5~9月(欠損月あり)にも調査が行われた⁴¹⁾。

また、食害などのブナの成長に影響を与える現象が存在した場合は、個体ごとに被害の有無の記載を



図3 ブナ植栽木におけるカモシカの食害痕

行った。2009年は、図3のような食害痕をカモシカによる食害痕とし、個体ごとに被害の有無を判別した。また、食害箇所によって、樹高成長に直接影響すると考えられたブナ苗頂端部及び上部の食害（頂部食害）と樹高成長に直接影響しないが葉量を減少させる側枝の食害（側部食害）とに区別した。両方の食害を受けている場合には、頂部食害として記載した。また、最も高い食害痕の高さ（食害の高さ）を測定した。一方、図4のように主軸や側枝が冬芽を付けたまま先端から枯死し、その下部では葉が繁茂している状態を「枯れ下がり」とし、個体ごとにその有無の記載を行った。

3. 結 果

3.1 個体数の経年変化

1995年に植栽されたブナ（植栽ブナ）及び1998年に補植されたブナ（補植ブナ）の個体数と年間枯死率の変化を表1に示す。植栽ブナにおいて、個体数は年々減少したが、年間枯死率も低下した。また、2009年に観察された枯死木2個体に関しては両個体とも主軸折れが見られたものの、その関連は不明であった。補植ブナにおいては、個体数はほとんど変化がなかった。年間枯死率は年々低下し、2009年に0%となった。

3.2 樹高及び根元径の成長推移

植栽ブナ及び補植ブナの樹高の成長推移を図5に示す。植栽ブナにおいて、年間平均樹高成長量は



図4 ブナ植栽木における枯れ下がりの例
矢印の部分の冬芽は黒く変色し、開舒していない。一方、矢印より下部では葉が全開している。

表1 ブナ植栽木の生存の推移

	個体数		年間枯死率(%)	
	植栽ブナ	補植ブナ	植栽ブナ	補植ブナ
1995 5月	82			
1998 9月	61	19	8.5	
2004 9月	52	15	2.5	4.5
2009 9月	50	15	0.8	0.0

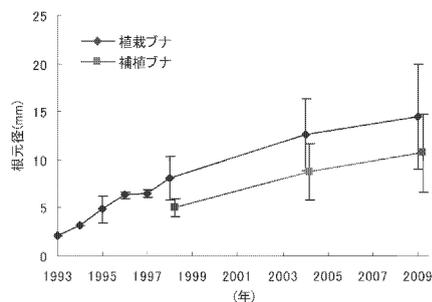
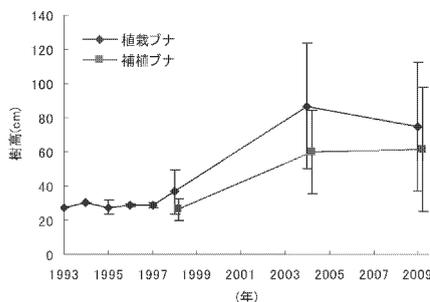


図5 植栽ブナ及び補植ブナの樹高と根元径の成長経過

1993年と1994年は苗木の樹冠解析から測定⁴¹⁾。1995～1998年，2004年，2009年は平均樹高を用いた。バーは標準偏差を示す。

1995年1.7cm, 1996年-1.7cm, 1997年1.4cm, 1998年7.1cm, 1998年から2004年の6年間8.0 (±5.1) cm, 2004年から2009年の5年間-2.2 (±4.1) cmとなった。1996年の樹高の減少については, カモシカの食害が原因であると報告されている⁴¹⁾。

補植ブナにおいては樹高の減少はなかったものの, 2009年の成長は横這いとなった。年間平均樹高成長量は1998年から2004年の6年間で4.4 (±4.9) cm, 2004年から2009年の5年間で0.2 (±4.7) cmとなった。

次に樹高と年間樹高成長量の関係を図6に示す。1998年から2004年にかけては成長量の増加が見られたが, 2009年は成長量が減少するとともに, 個体間のばらつきが大きくなった。特に2009年は樹高100cm未満で成長が悪く, 樹高100cm以上で成長が良い傾向が見られた。その結果, 1998年と2004年には樹

高と年間樹高成長量間に有意な正の相関が認められたが, 2009年には有意な相関が認められなかった。

植栽ブナ及び補植ブナの根元径の成長推移を図5に示す。植栽ブナにおいて, 年間平均根元径成長量は1995年0.2mm, 1996年1.2mm, 1997年0.4mm, 1998年1.4mm, 1998年から2004年の6年間で0.7 (±0.5) mm, 2004年から2009年の5年間で0.4 (±0.5) mmと成長量は増減を繰り返した。

補植ブナにおいては, 年間平均根元径成長量は1998年から2004年の6年間で0.5 (±0.6) mm, 2004年から2009年の5年間で0.4 (±0.4) mmであった。

次に根元径と年間根元径成長量の関係を図7に示す。年間根元径成長量は年々減少しながらも根元径は増加し, 全年度において有意な正の相関が認められた。

根元径と樹高の関係を図8に, 年間根元径成長量

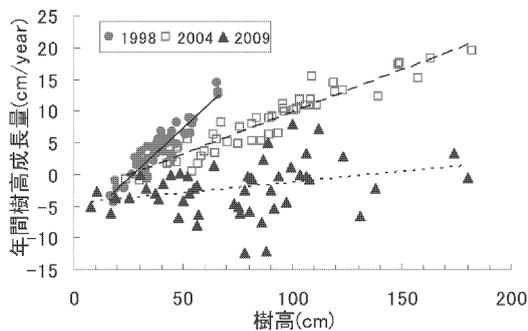


図6 植栽ブナの樹高と年間樹高成長量の関係
直線は1998年, 破線は2004年, 点線は2009年の近似直線を示す。

** : $P = 0.01$, n.s. : $P > 0.05$

$$Y = 0.3143x - 8.4866, \quad r = 0.939^{**} \quad (1998).$$

$$Y = 0.1332x - 3.5496, \quad r = 0.996^{**} \quad (2004).$$

$$Y = 0.0334x - 4.714, \quad r = 0.306 \text{ n.s.} \quad (2009).$$

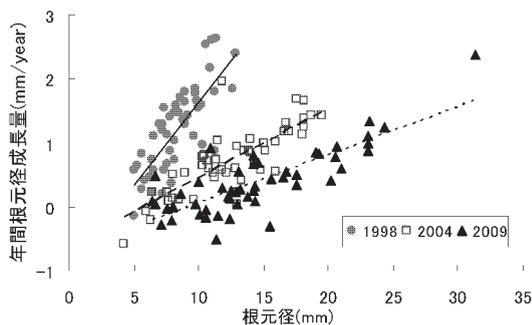


図7 植栽ブナの根元径と年間根元径成長量の関係
直線は1998年, 破線は2004年, 点線は2009年の近似直線を示す。** : $P = 0.01$

$$Y = 0.2611x - 0.9602, \quad r = 0.781^{**} \quad (1998).$$

$$Y = 0.1085x - 0.642, \quad r = 0.794^{**} \quad (2004).$$

$$Y = 0.0754x - 0.7011, \quad r = 0.805^{**} \quad (2009).$$

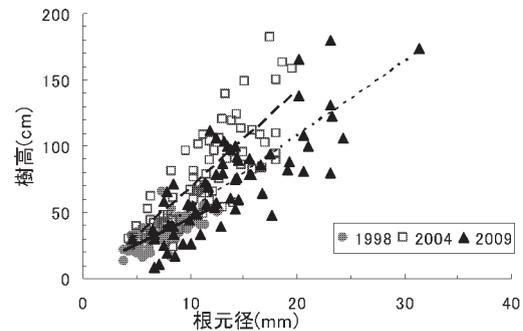


図8 植栽ブナの樹高と根元径の関係

直線は1998年, 破線は2004年, 点線は2009年の近似直線を示す。** : $P = 0.01$

$$Y = 3.9403x + 5.5234, \quad r = 0.733^{**} \quad (1998).$$

$$Y = 7.3828x - 6.1387, \quad r = 0.796^{**} \quad (2004).$$

$$Y = 5.5953x - 4.4357, \quad r = 0.805^{**} \quad (2009).$$

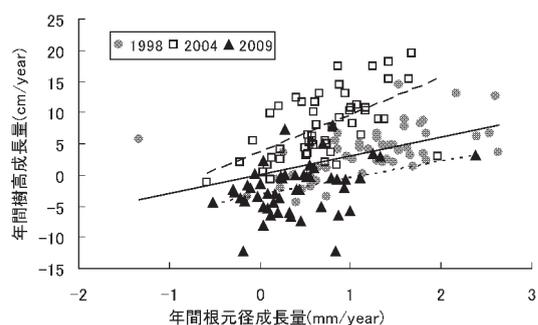


図9 植栽ブナの樹高及び根元径の年間成長量の関係
直線は1998年, 破線は2004年, 点線は2009年の近似直線を示す。** : $P = 0.01$

$$Y = 3.0256x + 0.0577, \quad r = 0.551^{**} \quad (1998).$$

$$Y = 6.5367x + 3.0382, \quad r = 0.584^{**} \quad (2004).$$

$$Y = 2.742x + 3.2854, \quad r = 0.342^{**} \quad (2009).$$

と年間樹高成長量の関係を図9に示す。2009年において根元径に対する樹高成長の減少が見られたが、全年度で樹高と根元径の間に有意な正の相関が認められた(図8)。両年間成長量の関係においても、全年度で有意な正の相関が認められたが、相対的に2009年の相関が弱かった。(図9)。

3.3 天然生木との成長比較

1995年と1998年に行われた天然生ブナの樹幹解析^{29,41)}の結果を用いて、ブナ植栽木と天然生ブナの成長傾向の比較を行った。天然生ブナの樹齢はブナ1が36年生(1995年11月採取)²⁹⁾、ブナ2とブナ3が21年生(1996年8月採取)である⁴¹⁾。また、ブナ1は調査地と同一斜面上の登山道沿いに²⁹⁾、ブナ2とブナ3は調査地より上部の斜面の登山道沿いに生

育していた⁴¹⁾。

樹高及び根元径の成長経過を図10に示す。平均樹高においてブナ植栽木は初期の段階からブナ1に近い成長傾向を示した。一方、平均根元径においては樹齢6年までブナ2に近い成長傾向を示していたが、樹齢12年から徐々にブナ1に近い成長傾向を示した。また、天然生ブナ3個体において、樹高150cmを越えてから樹高成長量が増加する共通の傾向が見られ、樹高150cmからの樹高成長速度に差が見られなかった。

3.4 枯れ下がり

2009年9月における調査地内のブナ65個体のうち、枯れ下がりが見られた個体(枯れ下がり個体)は13個体であった。枯れ下がりをした枝は全て1年枝で

表2 枯れ下がり個体の概要

	平均	標準偏差	最大	最小
樹高 (cm)	104.8	37.6	138.0	10.5
根元径 (mm)	19.2	6.3	31.4	7.1
年間樹高成長量 (cm/year)	0.3	3.3	6.7	-6.5
年間根元径成長量 (mm/year)	0.8	0.6	2.4	-1.4

表3 食害個体の概要

		平均	標準偏差	最大	最小
頂部食害	樹高 (cm)	59.1	23.0	97.5	17.0
	根元径 (mm)	12.5	4.3	23.1	4.7
	年間樹高成長量 (cm/year)	-2.7	3.1	7.7	-12.8
	年間根元径成長量 (mm/year)	0.3	0.4	1.0	-0.5
側部食害	樹高 (cm)	88.6	45.7	180.0	10.5
	根元径 (mm)	15.8	6.2	31.4	6.4
	年間樹高成長量 (cm/year)	-1.4	5.0	9.5	-11.5
	年間根元径成長量 (mm/year)	0.5	0.6	2.4	-0.3
食害なし	樹高 (cm)	75.5	25.5	100.0	39.5
	根元径 (mm)	10.5	3.1	14.3	6.6
	年間樹高成長量 (cm/year)	4.1	3.9	40.0	-4.8
	年間根元径成長量 (mm/year)	0.4	0.3	0.80	-0.002

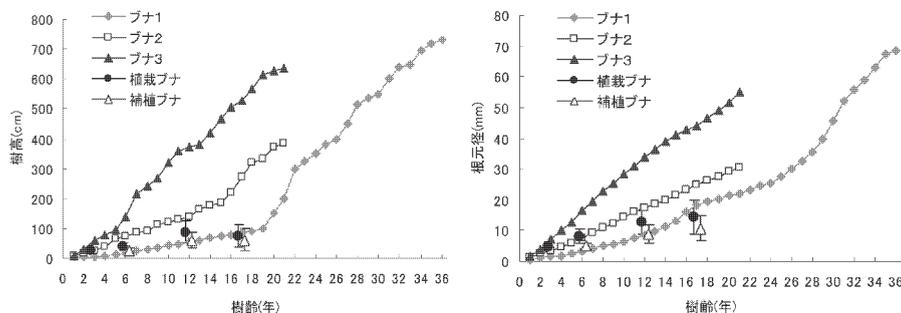


図10 天然生ブナとブナ植栽木の樹高成長及び根元径成長の比較
 ブナ植栽木(植栽ブナ・補植ブナ)は平均樹高を用いた。バーは標準偏差を示す。

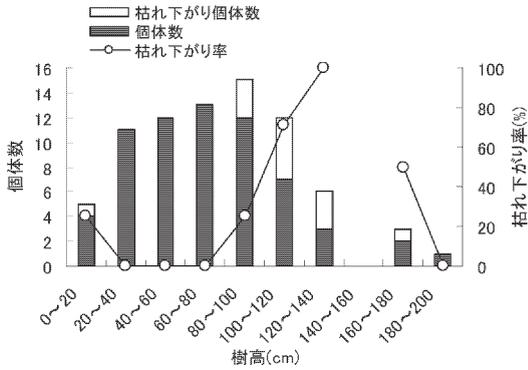


図11 樹高階別個体数と枯れ下がり率の変化

あった。枯れ下がり個体の平均樹高、平均根元径、年間平均樹高成長量と年間平均根元径成長量、および各値の最大最小値を表 2 に示す。枯れ下がり個体の平均樹高は104.8cm、平均根元径は19.2mmと他のブナに比べて大きな個体で枯れ下がりが見られた。

次に樹高階別個体数と枯れ下がり率の変化を図11に示す。枯れ下がり率は樹高階100cmから140cmで高い値を示し、樹高100cm以下で低い値となった。

3.5 カモシカの食害

2009年9月における調査地内のブナ65個体のうち、食害個体の個体数は59個体、食害率は90.8%であった。食害型別では、頂部食害は32個体・食害率49.2%、側部食害は27個体・食害率41.5%であった。

頂部食害と側部食害および食害なしの個体の平均樹高、平均根元径、年間平均樹高成長量と年間平均根元径成長量、および各値の最大最小値を表 3 に示す。ただし、食害なしの個体内、明らかに主軸折れだと判断された個体及び枯死した個体(合計3個体)は解析から除いた。なお、食害なしの個体では、枯れ下がりは見られなかった。最も大きな樹高及び根元径を示したのは、側部食害の個体であった。頂部食害と側部食害ともに食害を受けた個体の年間平均樹高成長量はマイナスの値を示したが、年間平均根元径成長量は全個体でプラスの値となった。

食害個体で年間平均樹高成長量がマイナスの値となったことから、食害型別の樹高と年間樹高成長量の関係について検討した(図12)。その結果、樹高100cm以上では、側部食害の個体が多く、大きな成長量を示した。一方、樹高100cm未満では、食害の種類に関係なくマイナス成長が見られた。また、食害なしの個体のみが成長量の大きかった2004年の近似直線($y = 0.1332x - 3.5496$)に近い分布を示した。

2004年にブナの樹高別個体数及び食害率の関係を示した図(図13)から、食害率は樹高40~120cmの

間で高くなり、樹高120cm以上で0%となった結果を受けて、ブナの樹高120cmがカモシカの食害を受ける「食害ライン」と定められた。2009年も頂部食害のみを食害として2004年と同様の解析を行った結果(図13)、食害率は樹高40~100cmの間で高い値を示し、樹高100cm以上で0%となった。したがって、2009年の食害ラインは100cmとなった。また、樹高60~80cmで食害率のピークが見られた。

側部食害における個体数の樹高階分布と食害の高さ階分布、及び樹高階別食害率を図14に示す。側部食害率は樹高100cm以上で80~100%となった。しかしながら、樹高100cm以上では、樹高階別個体数に

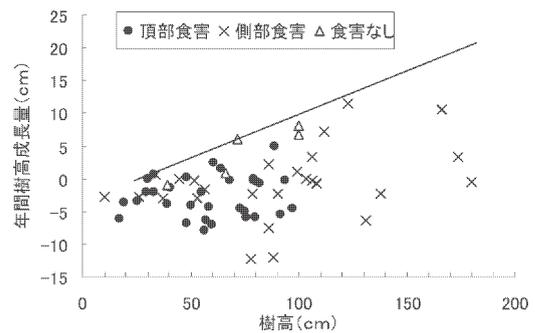


図12 食害型別樹高と年間樹高成長量の関係
図中の直線は2004年の全個体における近似直線を示す。

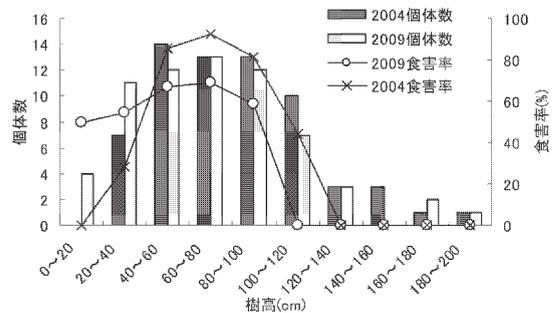


図13 樹高階別個体数と食害率の変化
2009年は頂部食害のみの食害率。

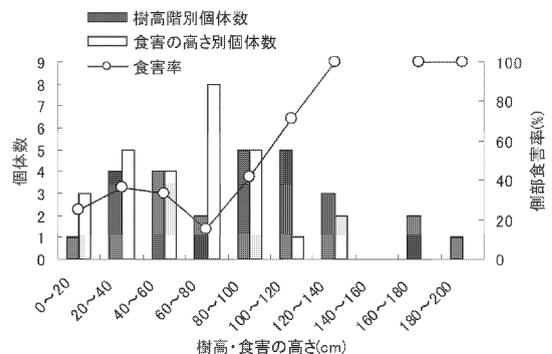


図14 側部食害における個体数の樹高階分布と食害の高さ階分布及び樹高階別食害率

比べ、食害の高さ別個体数が減少した。一方、食害の高さ別個体数は、食害の高さ階60~80cmで最も多くなった。したがって、側部食害においても頂部食害と同様に、高さ60~80cmで最もカモシカに被食されやすい傾向が認められた。

4. 考 察

4.1 ブナ植栽木の生存傾向

植栽ブナ及び補植ブナにおいて、植栽から年月が経つごとに年間枯死率は低下した(表1)。今井・飛岡(2000)は、ブナ植栽木の年間枯死率が植栽から1年目で2.8%、2年目で1.6%、3年目で4.3%となったことを報告した。この場合の主要な枯死原因は、1年目は苗木の活着不良、3年目はノウサギの被害とされている⁶⁾。一方、橋詰・福富(1983)や橋詰・黒井(1989)はブナ植栽木について、植栽から2年間は樹高成長量が少ないことを報告している。したがって、ブナ植栽木の生存には、個体サイズと移植による根の活着及び生育環境の変化が影響していると考えられる。また、このような影響は成長とともに軽減されると予測され、そのことが年間枯死率の低下につながったと考えられる。

4.2 ブナ植栽木の成長傾向

ブナ植栽木の成長傾向を把握するために、まず樹冠解析を行った天然生ブナの成長傾向を検討した。成長傾向の比較は、比較的植栽密度の影響が少ないとされる樹高成長で行った。阿部(1963)は天然生林のブナの23年生で570cm、樹高30cmになるのに3~4年を要するとしている。この阿部(1963)との比較から、ブナ1とブナ2の成長の悪さが認められた。一方、ブナ3は良好な成長を示した(図10)。したがって、ブナ1の成長傾向に類似するブナ植栽木の成長量は少ないと考えられるが、西駒演習林でも他のブナ林と同じような成長を示すことがわかった。

しかしながら、このような天然生ブナ(ブナ1~3)の樹高成長速度の差は、樹高150cmを越えてから見られなくなった(図10)。その原因として、西駒演習林におけるササ密生地の平均ササ稈高が136.8(±17.0)cmであったことから、ブナがササの被圧から免れたことが考えられる。

次に、ブナ植栽木において他のブナ植栽地との比較を行った。比較は樹高成長で行い、日本海側と太平洋側に分けて行った。日本海側の植栽地では、平均樹高が8年で172.2cm³⁰⁾、13年生で332cm³¹⁾、20年生で599cm³²⁾、成長の良い20年生で1300cm、成長の

悪い18年生で600cm¹⁾であった。太平洋側の植栽地では、樹高が5年生で95.4cm、115.9cm、266.0cm、320.2cm、395.7cm、10年生で252.3cm、443.2cm、490.9cm、572.7cm、15年生で490.9cm、613.6cm、763.6cm、920.4cm、1049.9cm³⁾であった。したがって、本調査地のブナ植栽木の成長の悪さが、両地域の他の植栽地との比較からも明らかになった。

4.3 ブナの成長と環境要因

一般的にブナ林の成長は天然生林より人工林の方が良いとされている¹⁾。一方、人工林の成長が悪い場合は土壌と手入れ不足による光環境の悪化が挙げられている¹⁾。したがって、本調査地の成長阻害要因として土壌と光環境を検討した。

ブナ林地帯の土壌は、褐色森林土壌群、ポドゾル土壌群、地下水土壌群の3土壌群に大別される⁴⁹⁾。ブナ苗植栽に最も適した土壌は適潤性褐色森林土(B_D)、適潤性褐色森林土(偏乾亜型)(B_{D(d)})、弱湿性褐色森林土(B_E)とされている³⁶⁾。それに対して、本調査地の土壌型は乾性ポドゾル(P_{D1}及びP_{Dm})である⁴¹⁾。ポドゾルでのブナの成長については、湿性ポドゾルで形質不良なブナ天然林が成立し⁴⁹⁾、10年生のブナ植栽木の平均樹高は162.2cmであったことが報告されている⁴⁾。上記の他の植栽地と平均樹高を比較すると、湿性ポドゾルでの成長量の少なさが認められる。一方、乾性ポドゾルでのブナの成長傾向についての報告はなく、乾性ポドゾルがブナの成長に及ぼす影響については不明である。しかしながら、ブナ3が褐色森林土に成立したブナと比較して良好な成長を示したことから、本調査地のブナの成長に対する土壌の影響は、相対的に小さいと考えられる。

次に、ブナの耐陰性は高いと知られているが⁴²⁾、樹冠下や林縁より造林地の中心部に植栽した場合の方が樹高と根元径ともに成長が良い⁴⁷⁾など、良好な光環境でブナの成長が良いと報告されている⁶⁾。本調査地では、植栽時と比べ低木や下層植生の繁茂が目立つが、植栽以前にカラマツが伐採されていることや毎年のササ刈りを行っていることを考えると、光環境の悪化による成長阻害は考え難い。

4.4 ブナ植栽木の成長と枯れ下がり

本研究で見られた枯れ下がりとは全て一年枝のみで起こったため、5年間の樹高成長全体を減少させるものではなかった。しかしながら、成長に対する負の要因として、注目に値する現象だと考えられる。

小山ら(2007)と小山(2009a)及び小山(2009b)は長野県北部の種子を用いたブナ苗を長野県中

南部に植栽した場合に枯れ下がりが生じることを報告している。小山 (2009b) では、枯れ下がりの原因として、長野県北部と中部の積雪量の差に起因する寒害が挙げられている。

一方、他樹種での枯れ下がり現象として、北海道におけるトドマツの枯れ下がりが報告されている²¹⁾。この事例では、冬季積雪が200~250cmのトドマツ林において、高さ150~200cmの範囲で枯れ下がりや枝の先枯れが見られた²¹⁾。酒井 (1967) は、融雪によって積雪が150~200cmになった際の異常な低温が凍害を引き起こし、枯れ下がりの原因となったと考察している。そこで、本調査地の積雪量の差について検討した。

積雪量について、飯山市の厳寒期 (12~2月) では低地で200~300cm、高地で500~600cmであるのに対し^{2,5)}、調査地付近 (標高1,500~1,600m) では2月に50~100cmとなる⁵⁰⁾。したがって、飯山産のブナが本調査地へ植栽された場合、飯山産のブナにとって通常厳寒期には雪面下で保護されている高さ100~200cmの部位が雪面上に出ると推測される。この推測は、本調査地の被害形態である樹高100cm以上の個体が枯れ下がりが多く発生したことと一致すると考えられる (図11)。したがって、本調査地においても、小山 (2009b) と同様に産地間による積雪量の差に起因する寒害が考えられる。産地間でのブナの生理特性の違いについては、太平洋側のブナより日本海側のブナの方が開芽が早いことや^{23,33)}、光飽和の光合成速度が多雪地域より寡雪地域で高いことなどが知られている^{13,14)}。さらに、ブナの産地試験によると、光飽和の光合成速度の違いにより多雪地域のブナでは強光阻害が起きやすく、8月中旬になると葉肉部分の緑色が退色して、一部が黄色を帯びる日焼けの現象が起こる¹³⁾。本調査地でも全体の40%の個体で日焼けの現象が見られた。このように、枯れ下がりに限らず、日本海側産の苗を使用したことによる成長への影響は強く現れていると考えられる。

なお、酒井 (1967) の事例では、太い枝の1~2年前に伸びた枝で先枯れが見られた。この被害形態は、本調査地での1年枝の枯れ下がりと同様であると考えられる。また、凍害による先枯れは未成熟な幹や枝の先端部で起こるとされている²²⁾。これらの比較により、本調査地の枯れ下がりの原因となった寒害は、凍害である可能性が高いと考えられる。

以上より、本調査地の枯れ下がりの原因は、2009年に地上高100~200cmの部位が異常な低温にみまわ

れたことによる寒害が考えられ、寒害としては、凍害の可能性が挙げられる。

4.5 ブナ植栽木の成長とカモシカ食害

カモシカの食害は1996年と2004年にも報告されている^{41,48)}。

1996年と比較すると、全ブナ植栽木の年間平均樹高成長量は1996年-1.7cm、2009年-1.9 (±4.7) cm、食害率は1996年の1年間で41.7% (72個体中40個体)、2004年から2009年の5年間で90.8% (頂部食害のみは49.2%) であった。ただし、食害率に関しては側部食害を含めた調査が過去にも行われたかが定かではないために、直接的な2009年の食害率との比較はできない。また、1996年には食害個体30個体の内10個体が枝葉や冬芽の大部分が食いちぎられ、根が浮いてしまう程の強度の食害を受けた⁴¹⁾。しかし、2009年にそのような強度の食害は見られなかった。

2004年においては、全ブナ植栽木の年間平均樹高成長量は7.4 (±4.9) cm、食害率は67.2%であった。また、すべての個体において冬芽が形成されていたこと、年間枯死率が2.5%と食害率に対して低かったことから、食害はブナを枯死させる程ではないと述べられている⁴⁸⁾。2009年の調査においても同様の傾向が認められおり、枯死に至るほどの食害は受けていないと考えられる。

そして、2009年では頂部食害が樹高100cm以上の個体では見られなかった (図12, 13)。また、樹高のマイナス成長を示した個体が樹高100cm未満に多く、樹高100cm以上の個体や食害を受けなかった個体で樹高のプラス成長を示めず傾向が見られた (図12)。したがって、今回の樹高のマイナス成長の原因として、頂部食害が考えられる。

しかしながら、樹高100cm以下の側部食害の個体においても樹高のマイナス成長が見られた (図12)。このような個体では、幹が斜めに傾いている個体が多いことが観察されているが、マイナス成長との関連は明確ではない。したがって、図6において、2009年に年間樹高成長量で大きなばらつきが見られた原因について、カモシカの食害に加え、他の要因の影響が考えられる。また、正常木に比べ全葉量が少なくなる程成長が悪くなることから³⁵⁾、側部食害は頂部食害と比べて成長への影響は小さいが、間接的に成長を阻害すると考えられる。

食害を受けた全年において、食害の樹高成長への影響に差が見られた。この原因として、1996年は個体サイズが小さかったことが、2009年は2004年から

食害頻度が高まったことが考えられる。2004年からの食害頻度の高まりは、2004年の全ブナ植栽木の平均樹高が87.0cm (±36.6) となり、ブナ植栽木が被食されやすい高さになったと考えられる。

今後樹高の減少が見られ、その原因としてカモシカの食害を検討する際には、2004年に提唱された食害ラインが重要な目安になると考えられる。図13より、2004年の食害ラインは樹高120cm、2009年の食害ラインは樹高100cmであった。したがって、食害ラインにおいて、2009年は2004年より低い結果となった。しかしながら、食害率のピークは両年で樹高階60~80cmと変化が見られなかった。この原因として、2009年は樹高100cm以上の個体で枯れ下がりが多く見られ、頂部食害を受ける個体が減少したことが考えられる。

一般的なカモシカの食害形態では、食害を受ける高さは平均65.5cm、食害の高さ100cm以下が全体の90%を占める³⁵⁾。また、カモシカの口元がとどく高さを browse line と呼び、高さ180~200cmとされている³⁵⁾。本調査では、食害を受けた高さは平均60.5cm、食害の高さ100cm以下が全体の76.9%を占める。したがって、一般的なカモシカの食害形態と本調査地のカモシカの食害形態は同様の傾向を示し、本調査地の食害形態から認められた食害ラインは、一般的な食害形態からも認められると考えられる。

根元径については、松尾(1998)は食害を受けた翌年(1997)の成長量の減少を報告している。したがって、2009年はカモシカの食害による根元径への大きな影響は認められなかったが(図7)、翌年への影響は否定できない。

4.6 まとめ

以上から、ブナ植栽木の樹高成長の阻害要因として、枯れ下がりを含めた日本海側と太平洋側のブナの生理特性の違いとカモシカの食害が考えられる。樹高がマイナス成長を示した場合には、樹高100cm未満の個体はカモシカの頂部食害が、樹高100cm以上の個体は枯れ下がりが原因であると考えられる。根元径の成長阻害要因については、日本海側と太平洋側のブナの生理特性の違いが挙げられるが、カモシカの食害も間接的な影響が推測される。

樹高のマイナス成長から免れるためには、第一段階として食害ラインである樹高100cm、第二段階として飯山市の最低積雪量である200cmを越えることが必要であると考えられる。しかしながら、本調査地では樹高100cm未満の個体が80%を占める。また、2004年からの食害頻度の増加が考えられることから、

今後ほとんどの個体が樹高100cm未満にとどまると推測される。なお、枯れ下がり原因については不明な点が残るが、2004年に樹高100cmを越える個体が存在しながらも、枯れ下がりは見られなかった。したがって、枯れ下がり現象は連年起こるものではなく、比較的低頻度に出現する現象と考えられる。

以上より、少なくともカモシカの頂部食害を免れた個体では、その後の成長が望めると考えられ、すでに樹高100cm以上の個体や食害を受けなかった個体で、今後の順調な成長が期待される。しかしながら、本調査地では、そのような個体は全体の27.7%にしか満たない。したがって、カモシカの頂部食害を防ぐ対策が必要であると考えられる。

一般的なカモシカの食害防止方法には、梢への忌避剤の塗布やネットの装着、防護柵の設置、下刈り方法の工夫などが挙げられる^{24,35,43)}。しかしながら、忌避剤には薬害の危険性があり⁸⁾、食害防止ネットの広葉樹への装着は樹形的に適さないと考えられる。また、防護柵は設備費が高く³⁵⁾、定期的な管理を必要とする。一方、本調査地の食害を受けなかった個体において、広葉樹やササによる被覆が傾向として認められた。したがって、本調査地では坪刈りなどの下刈り方法の工夫が最も効果的であると考えられる。

さらに、片岡(1991)が更新期間の短縮や下刈りの簡略化のために樹高150cmの大苗の使用を提案している。本調査地における樹高150cmの大苗の使用は、植栽時から食害ラインを越えているため、カモシカの頂部食害からの回避に効果が期待される。また、天然生ブナの樹幹解析より^{29,41)}、樹高150cmを越えてからの樹高成長量の増加が期待できる(図10)。したがって、西駒演習林での樹高150cmの大苗の使用は有効であると考えられる。

以上を踏まえ、西駒演習林のカラマツ人工林を広葉樹林化する際には、カラマツの伐採及び西駒演習林のブナ種子を用いた苗の使用を前提として、ササの坪刈りの実施、もしくは樹高150cmの大苗の使用が効果的であると考えられる。ただし、太平洋側のブナ林は多くの他の落葉広葉樹や常緑針葉樹とともに森林を構成する^{37,39)}。したがって、ササ刈りの方法においては他樹種の更新や成長への影響を検討する必要性が考えられる。

今後、本研究で挙げられた成長傾向や施業方法の有効性を明らかにするために、本調査地は西駒演習林での広葉樹林化を検討する試験地として、また太平洋側の植栽地、特に日本海側産のブナ苗を使用し

た植栽地として、定期調査を続けいくことが期待される。また、同時に、当地のブナ苗を用いた本調査地の対象地となる試験地を設けることが望ましい。近年では植栽時の遺伝子攪乱の防止や苗木の安定供給のために、種子の豊凶予測や貯蔵方法などの研究が進んでいる^{15,16,17,44,45)}。このような研究成果を取り入れた西駒演習林における当地のブナ種子を用いた苗木の生産、あるいは西駒演習林で更新した山引き苗の使用を今後検討し、新たな試みとして当地のブナ苗の植栽に取り組みられることが期待される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、信州大学動物生態研究室の泉山茂之准教授にはカモシカの行動特性について多くのご助言をいただきました。長野県林業総合センターの小山泰弘研究員には枯れ下がり現象について貴重なご助言をいただきました。また、査読者の方には本文を作成するにあたっての貴重なご助言をいただきました。信州大学造林学研究室の皆様には、調査を手伝っていただきました。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 阿部正博 (1963) ブナの人工植栽地の成長について. 新潟県林業試験場報告書 9: 111-130
- 飯山市 (2006) 過去の豪雪時との比較グラフ (アメダス飯山観測所および岡山観測所). URL (www.city.iiyama.nagano.jp/)
- 池田裕行・西山教雄・千島茂・大橋邦夫・井出雄二 (1997) 東京大学富士演習林ブナ植栽試験地の成長経過. 東京大学農学部演習林報告 97: 1-9
- 石田仁 (2004) 立山アルペンルート沿線におけるブナの植栽と事後経過. 日本緑化工学会誌 29(4): 503-306
- 井田秀行・後藤彩・青木舞・白田武司 (2007) 豪雪地帯におけるブナ林の森林構造—長野県飯山市鍋倉山の事例—. 信州大教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績 44: 11-18
- 今井三千穂・飛岡完治 (2000) 植栽環境の異なるブナの生長と生長阻害要因について. 中部森林研究 48: 35-38
- 岩本慎吾・佐野淳之 (1998) 落葉性広葉樹二次林におけるササ現存量と稚樹の生育様式. 日本林学会誌 80(4): 311-318
- 宇田川竜男 (1961) 野生鳥獣の保護と防除. 農林出版, 東京, 427pp.
- 大倉精二 (1957) 西駒演習林樹木誌. 信州大学演習林報告 1: 1-39
- 片岡寛純 (1991) 望ましいブナ林の取り扱い方法. ブナ林の自然環境と保全 (村井宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正敏編), ソフトサイエンス社, 東京, pp.351-394
- 兼子嘉次・馬場多久男 (1992) 西駒演習林登山ルートの植物分布. 信州大農学部演習林報告 29: 97-146
- 金豊太郎・柳谷新一 (1981) ブナ皆伐母樹保残作業の更新初期の成績—ササ型植相ブナ林の例—. 日本林学会東北支部会誌 33: 13-15
- 小池孝良 (2008) ブナの環境応答特性の地理変異—光合成機能と葉の形態・構造—. ブナ林の再生の応用生態学 (寺澤和彦・小山浩正編), 文一総合出版, 東京, pp.213-233
- 小池孝良・田淵隆一・藤村好子・高橋邦秀・弓場譲・長坂寿俊・河野耕蔵 (1990) 夏期における国産ブナの光合成特性. 日本林学会北海道支部論文集 38: 20-22
- 小山浩正・八坂通泰・寺澤和彦・今博計 (2007) 冬芽調査によりブナ林の2年後の凶作を予測する手法. 森林立地学会誌 森林立地 49(1): 35-40
- 小山浩正 (2008a) 豊凶予測の発展型—どこでもできる予測手法—. ブナ林の再生の応用生態学 (寺澤和彦・小山浩正編), 文一総合出版, 東京, pp.127-141
- 小山浩正 (2008b) ブナの種子貯蔵方法の開発—地元産種苗の安定供給のため—. ブナ林の再生の応用生態学 (寺澤和彦・小山浩正編), 文一総合出版, 東京, pp.235-252
- 小山泰弘・成瀬友季・高橋誠・渡邊敬史・戸丸信弘 (2007) 長野県ブナ人工林の系統と環境適応性. 日本森林学会大会発表データベース 118: pp.373
URL (http://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfsc/118/0/373/_pdf/char/ja/)
- 小山泰弘 (2009a) 長野県の事例から見たブナの種苗配布にあたっての課題. 日本森林学会大会発表データベース 120: pp.301
URL (http://www.jstage.jst.go.jp/browse/jfsc/120/0/301/_pdf/char/ja/)
- 小山泰弘 (2009b) 環境の異なる箇所で作成されたブナ苗木の成長経過. 日本森林学会中部支部大会研究発表会講演要旨集 58: pp.14
- 酒井昭 (1967) 10年生トドマツの幹の被害. 日本林学会誌 49(4): 166-168
- 酒井昭 (1982) 植物の耐凍性と寒冷対応—冬の生理・生態学—. 学会出版センター, 東京, 469pp.
- 佐々木潔洲・大畑茂・山中隆平・千島武・斎藤俊治・田代八郎 (秩父演習林) (1993) 産地の異なるブナの開芽期比較. 平成4年度試験研究会議報告: 71-75

- 24) 佐藤平典 (1981) ポリネットによるニホンカモシカの造林木被害防止. 森林防疫 30(9):144-148
- 25) 信州大学農学部附属演習林 (1998-2002) 信州大学農学部演習林教育研究計画.
- 26) 杉田久志・金指達郎・正木隆 (2006) ブナ皆伐母樹保残法施業試験地における33年後, 54年後の更新状況—東北地方の落葉低木型林床ブナ林における事例—. 日本林学会誌 88(6):456-464
- 27) 常本誠三 (2008) 北海道南部におけるブナ林施業の過去・現在・未来. ブナ林の再生の応用生態学 (寺澤和彦・小山浩正編), 文一総合出版, 東京, pp.255-278
- 28) 寺澤和彦 (2008) ブナ林の天然更新に関する施業と研究. ブナ林の再生の応用生態学 (寺澤和彦・小山浩正編), 文一総合出版, 東京, pp.279-297
- 29) 中込裕子 (1995) 西駒演習林におけるブナの人工造林. 信州大学森林立地学研究室専攻研究
- 30) 橋詰隼人・福富章 (1983) ブナの人工造林について. 日本林学会大会論文集 94:461-462
- 31) 橋詰隼人・黒井大 (1989) ブナの人工造林に関する研究 (I) 植栽後10年間の成績と造林地内への他樹種侵入状. 広葉樹研究 5:1-12
- 32) 橋詰隼人・谷口真吾・山本福壽 (1994) ブナの人工造林に関する研究 (II) —20年生人工林の生育状況—. 日本林学会大会講演要旨集 105:pp.289
- 33) 橋詰隼人 (1996) ブナの開芽期の産地および家系による差異. 日本林学会誌 78(4):363-368
- 34) 花田尚子・渋谷正人・斎藤秀之・高橋邦秀 (2006) カラマツ人工林内における広葉樹の更新過程. 日本林学会誌 88(1):1-7
- 35) 樋口輔三郎 (1987) カモシカ. 造林地における獣害とその対策 (樋口輔三郎・豊島重造著), 財団法人林業家学技術振興所, 東京, pp.87-114
- 36) 谷本丈夫 (1986) ブナ林. 広葉樹林の育成法 (蜂屋欣二・大角泰夫・林敬太・尾方信夫編著), 財団法人林業家学技術振興所, 東京, pp.17-31
- 37) 福嶋司 (2005) ブナ林の分布と体系. [図説] 日本の植生 (福嶋司・岩瀬徹編著), 朝倉書店, 東京, pp.70-75
- 38) 前田禎三 (1988) ブナの更新特性と天然更新技術に関する研究. 宇都宮大学農学部学術報告特輯 46:1-79
- 39) 前田禎三 (1991) ブナ林の植生. ブナ林の自然環境と保全 (村井宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正編), ソフトサイエンス社, 東京, pp.1-51
- 40) 正木隆・杉田久志・金指達郎・長池卓夫・太田敬之・櫃間岳・酒井暁子・新井伸昌・市栄智明・上迫正人・神林友広・畑田彩・松井淳・沢田信一・中静透 (2003) 東北地方のブナ林天然更新施業地の現状—二つの事例と生態プロセス—. 日本林学会誌 85(3):259-264
- 41) 松尾純 (1998) カラマツ林へのブナ及び広葉樹導入の試行と展望. 信州大学農学部森林立地学研究室学位論文
- 42) 丸山幸平 (1991) ブナの生理・生態的性質. ブナ林の自然環境と保全 (村井宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正編), ソフトサイエンス社, 東京, pp.70-82
- 43) 森本勇馬 (1982) 忌避剤によるニホンカモシカの被害防止試験. 森林防疫 31(1):7-10
- 44) 八坂通泰・小山浩正・寺澤和彦・今博計 (2001) 冬芽調査によるブナの結実予測手法. 日本林学会誌 83:322-327
- 45) 八坂通泰 (2008) ブナの結実予測技術. ブナ林の再生の応用生態学 (寺澤和彦・小山浩正編), 文一総合出版, 東京, pp.105-125
- 46) 柳谷新一・金豊太郎・小西明 (1970) ブナ天然林の林床植相と更新の特性—とくにササ植相について—. 日本林学会誌 53(3):146-148
- 47) 柳谷新一・金豊太郎 (1989) ブナ天然更新地における林床植生の刈り払い回数とブナ稚樹の樹高成長—ササ植相ブナ林について—. 日本林学会東北支部会誌 41:128-130
- 48) 山口直樹 (2004) 高標高地カラマツ林伐採跡地における更新動態. 信州大学森林立地学研究室専攻研究
- 49) 山谷孝一 (1991) ブナ林土壌の分類, 分布. ブナ林の自然環境と保護 (村井宏・山谷孝一・片岡寛純・由井正敏編), ソフトサイエンス社, 東京, pp.146-157
- 50) 若林隆三・伊東義景・原田裕介・北村淳・杉山元康・明石浩司・前原徹・戸田直人・土屋勇満・加藤久智・池田慎二・D.Mark RYAN (2007) 山岳積雪の高度依存. 信州大学農学部 AFC 報告 5:107-131

Growth process of planted *Fagus crenata* trees for 15 years in Nishikoma Experimental Forest Station, AFC, Shinshu University

Hikaru YONEYAMA, Tetsuoh SHIROTA, Tetsuo OKANO
Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Reforestation of *Fagus crenata* from *Larix kaempferi* artificial forest has been started since 1995 in Nishikoma experimental forest station, AFC, Shinshu University. To Evaluate the reforestation, measurements have been carried out at intervals of about five years. This study was carried out in 2009, and was forth evaluation. Average tree height was less than 100cm, and average height growth rate of past five years was $-2.2 (\pm 4.1)$ cm per year. Diameter growth rate at ground base was $0.4 (\pm 0.5)$ mm per year, which was nearly half value of previous measurement. One of probable causes of growth inhibit were infestation by Japanese serow (*Capricornis crispus*). Measurement of the height of scar represented that the infestation was caused mainly from 60cm to 80cm height class, and was not observed higher than 100cm. Other probable cause was dying back of current shoot, which occurred on the top of crown. In this study, the tree height class with the dying back was relatively large, more than 100cm. This phenomenon is sometimes observed on the young transplanted *Fagus crenata* trees from the Sea of Japan side to the Pacific side, suggesting that physiological tolerance to coldness was different from each other. In conclusion, the forth evaluation represent growth inhibit of planted *Fagus crenata* trees which related to infestation by Japanese serow and planting the sapling of different district.

Key word: planted *Fagus crenata* tree, indestation by Japanese serow, dying back of current shoot, provenance of sapling, Kiso mountains