

九州中央山地高海拔地域の不成績造林地における林分構造の変化*1

小南陽亮*2 · 齊藤 哲*2 · 永松 大*2 · 田内裕之*3 · 佐藤 保*3

小南陽亮・齊藤 哲・永松 大・田内裕之・佐藤 保：九州中央山地高海拔地域の不成績造林地における林分構造の変化 九州森林研究 57：87-93, 2004 九州の高海拔地域に多くみられる気象害による不成績造林地について今後の適切な管理のあり方を知る目的で、2001～2003年に当該造林地において植生調査を行い、1991年に行われた調査結果と比較して、その林分構造と植生の変化を解析した。当該造林地の林冠被度は増していたが、スギの樹高成長は不良の状態が続いていた。下刈り終了後に高い密度で定着した広葉樹の一部は林冠でスギと混交していた。林冠うっ閉後に定着したとみさせる稚樹は少なかった。これらの結果は、不成績造林地は緩やかに混交林化しつつあり、林分が若齢の段階で定着した広葉樹が今後の混交林を主に構成する種、個体になることを示唆する。隣接する自然林の優占種であるブナの定着は全くみられず、18種の広葉樹にはシカによる被食が発生していたことから、当該林分を管理する上でブナの定着促進やシカ被害防除が今後の課題となることを指摘した。

キーワード：混交林, スギ人工林, 高海拔地域, 不成績造林地, 九州中央山地

Kominami, Y., Saito, S., Nagamatsu, D., Tanouchi, H. and Sato, T.: Structural changes of tree population in unsuccessful *Cryptomeria japonica* plantations in central high land of Kyushu Kyushu J. For. Res. 57 : 87-93, 2004 To know suitable management of unsuccessful *Cryptomeria japonica* plantations in central high land of Kyushu, we researched vegetation and population structure of tree species in the plantations from 2001 to 2003. Changes of vegetation and population structure were analyzed by comparing the current data with the data reported in 1991. Although canopy coverage increased for 10 - 12 years, height growth of *C. japonica* were severely inhibited in most stands. Many saplings of broad-leaved tree species established after *C. japonica* planting and some of them mixed with *C. japonica* in canopy layer. Establishment of *Fagus crenata*, a dominant species in adjacent primary forests, were not observed in any stands. Browsing by sika deer were found in saplings of 18 tree species. Our results showed that unsuccessful *C. japonica* plantations have slowly converted to mixed-species stands. In the management of the stands, it is necessary to find how saplings of *F. crenata* are established and how browsing by deer are controlled.

Key words : mixed forest, *Cryptomeria japonica* stand, high land forest, unsuccessful plantation, structural change

I. はじめに

九州中央山地の高海拔地域（標高1000m以上）では、凍霜害が原因で不成績となったスギ造林地が多くみられる（佐藤ほか、1995）。それらの不成績造林地が今後何らかの森林植生に移行するのであれば水土保全上の問題は特に生じないと考えられる。しかし、不成績造林地の多くは九州中央山地生物遺伝資源保存林に隣接するため、保存林のバッファゾーンとして生物多様性の保全や長期的な有用樹資源育成などの点も考慮して管理指針を策定する必要がある。また、九州地域におけるニホンジカによる森林被害は高海拔地域では顕著であり（小泉、2002）、シカによる被害の程度によっては不成績造林地が森林として順調に更新するとは限らない。これらの点からみて、不成績造林地の植生を自然の推移にまかせるべきか、人為的な管理を施すべきかについては明らかでない。

高海拔地域の不成績造林地の実態については1991年に調査が行なわれており、多くの場合はスギと広葉樹の混交林になると推測されている（佐藤ほか、1995）。本研究では、この推測を検証するために、当該地において林分構造と植生を再測定してそれらの変化を解析した。これらの解析結果をもとに、不成績造林地における植生変化を予測し、今後の適切な管理について考察した。

II. 調査地と方法

調査は、熊本南部森林管理署管内の樫木国有林で行なった。樫木国有林内では、白鳥山（1638m）を中心とする自然林が九州中央山地生物遺伝資源保存林に指定されている。保存林となっている自然林は高木層においてブナやサワグルミが優占し林床にはスズタケが密生する落葉広葉樹林であり（佐藤ほか、1995）、九州中央山地の典型的な植生型（宮脇、1981）を示している。保存林

*1 Kominami, Y., Saito, S., Nagamatsu, D., Tanouchi, H. and Sato, T. : Structural changes of tree population in unsuccessful *Cryptomeria japonica* plantations in central high land of Kyushu

*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Center, For. Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862

*3 森林総合研究所 For. Forest Prod. Res. Inst., Ibaraki 305-8687

表-1. 調査林分の概要と植生の被度変化

林分	林相	斜面方位	林齢		林冠高 (m)		林冠被度		低木被度		草本被度		ササ被度	
			1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002	1991	2002
P1	スギ造林地	N80W	-	14	-	5	-	70	-	+	-	+	-	90
P2	スギ造林地	N30E	6	17	3	10	30	80	30	+	60	1	+	0
P3	スギ造林地	N10E	10	21	8	14	30	80	70	1	10	+	1	1
P4	スギ造林地	N40E	-	25	-	9	-	100	-	5	-	1	-	5
P5	スギ造林地	S80W	16	26	7	7	30	100	90	1	5	+	5	70
P6	スギ造林地	N30E	20	32	11	11	90	60	10	+	5	20	+	0
C1	皆伐地	N70W	2	13	0	5	0	40	30	+	60	5	30	90
C2	皆伐地	N60W	5	16	0	10	0	70	20	0	5	+	80	100

被度の単位はいずれも%。P1とP4は1991年未調査。P5の2回目の調査年は2001年、P6は2003年。

に隣接する林班は概ね標高1000~1500mに位置し、その多くはスギ人工林であり、ヒノキ人工林や伐跡地もみられた。スギ人工林は1991年時点で2~35年生であり、ほとんどが20年生未満であった。これらの人工林では、3000~3500本/haの密度で植栽されたスギが植栽直後の凍霜害を受けて成長不良となり、枯死する個体も少なくなかった(佐藤ほか, 1995)。このように縦木国有林内では1970~1980年代に造林された後に不成績となったスギ人工林が保存林に隣接して分布していた。

本研究では林齢が異なる林小班を8箇所選んで調査対象とした(表-1)。このうち6林小班(P2, P3, P5, P6, C1, C2)では1991年における林分構造が報告されている(佐藤ほか, 1995)。造林地の林分構造と植生をスギを植栽しなかった場合と比較するために、1991年と同じく皆伐地も対象とした。さらに林齢による林分構造の違いを検討するために新たに2林小班(P1, P4)を加え、合わせて8林小班において2001~2003年に調査を行なった。対象とした林小班の林齢は、1991年時点では2~20年生、本研究の調査時点で13~32年生であった(表-1)。造林地の林小班では下刈りは5年間行なわれた(佐藤ほか, 1995)。本研究の調査では、対象とした林小班の中に、方形区をそれぞれ1つ設けた。方形区のサイズは林冠高が10m以下であった6林小班では10m×10m、林冠高が10mを越えた2林小班では15m×15mとした。設定した各方形区内に生育する高木・亜高木樹種を対象に毎木調査を行なった。毎木調査では、樹高1.3m以上の全個体を対象として種名、胸高直径、樹高、草食動物による被食の有無を記録した。樹高1.3m未満の個体については、種名と被食の有無のみを記録した。毎木調査で記録した個体のうち胸高直径5cm以上に成長した個体を若木とよび、胸高直径5cm未満の個体を稚幼樹とした。草本を含む植生の概要については、各方形区において、林冠、低木層、草本層毎に植生高と被度を記録した。スギと広葉樹高木・亜高木種が構成する葉層を林冠とし、若齢林分などで低木と同程度の植生高であっても低木層とは区別して測定した。低木層は低木類とササに区別して記録した。対象とした8林小班のうち6林小班の調査は2002年に行なったため、2001年と2003年に行なった各1林小班のデータも合わせて2002年の観測値と同等に扱った。以上のようにして得た本研究の観測値と佐藤ほか(1995)が1991年に同様な方法で行なった調査の観測値(1991年の観測値)を用いて、林齢の異なる造林地と皆伐地におけるスギおよび広葉樹の密度、サイズ分布、被食個体数を比較した。

Ⅲ. 結 果

1. 植生変化の概要

スギ造林地と皆伐地のいずれにおいても林冠の被度は高くなる傾向がみられた。2002年の観測値では造林地の林冠被度は60~100%、皆伐地は40%と70%であった(表-1)。ただし、P6の造林地では林冠被度が90%から60%に減少した。林冠高については、造林地2箇所(P2, P3)と皆伐地では1991年よりも2002年のほうが高くなっていったが、他の造林地2箇所(P5, P6)では同じであった(表-1)。ササを除く低木層の被度は1991年には10~90%、草本層の被度は5~60%であったが、2002年にはいずれの被度も5%以下に衰退した(表-1)。ただし、P6の造林地ではミヤマタニタテ等が部分的に繁茂して草本被度が5%から20%に増加した。調査地でみられたササはスズタケであり、2002年におけるササの被度は造林地2箇所(P1, P5)と皆伐地では70%以上であったが、その他の造林地では5%以下であった(表-1)。

2. 胸高直径と樹高の分布

多くの造林地ではスギの樹高成長が不良であり、25年生以上の林分でも大部分のスギが樹高10m未満であった(図-1)。このため、造林地の間では林齢と林冠高に明瞭な関係がみられなかった。スギの胸高直径については、その平均値は林齢が高い林分で大きかった(図-2)。

どの造林地でも2002年時点で多くの広葉樹(モミを含む)がスギと混交していた(図-1)。林冠を主に構成していたのはスギであり、広葉樹の多くはスギに被圧されていた。それらの広葉樹では胸高直径、樹高ともにスギよりも小さかった。一部の広葉樹では、胸高直径がスギよりも小さいながらも、樹高は林冠のスギと同程度に達していた(図-1)。広葉樹の胸高直径平均値も林齢が高い林分で大きかった(図-2)。皆伐地2箇所(C1, C2)における広葉樹の樹高分布は、それぞれ林齢の近い造林地(P1, P2)と類似したが、胸高直径ではより大きいものがみられた(図-1)。

3. 個体密度の推移

調査した造林地におけるスギの植栽密度は3000~3100本/haであり、6~21年生では1500~2700本/ha、25~32年生では800~1900本/haとなった(図-3)。スギ密度の観測値全体では林齢との相関は有意ではなかった(Spearmanの順位相関係数 $\rho = -0.42$, $p = 0.23$)。

広葉樹若木の密度は、6~16年生の造林地では0~200本/haと低かったが、17~32年生の造林地では500~1500本/haであった

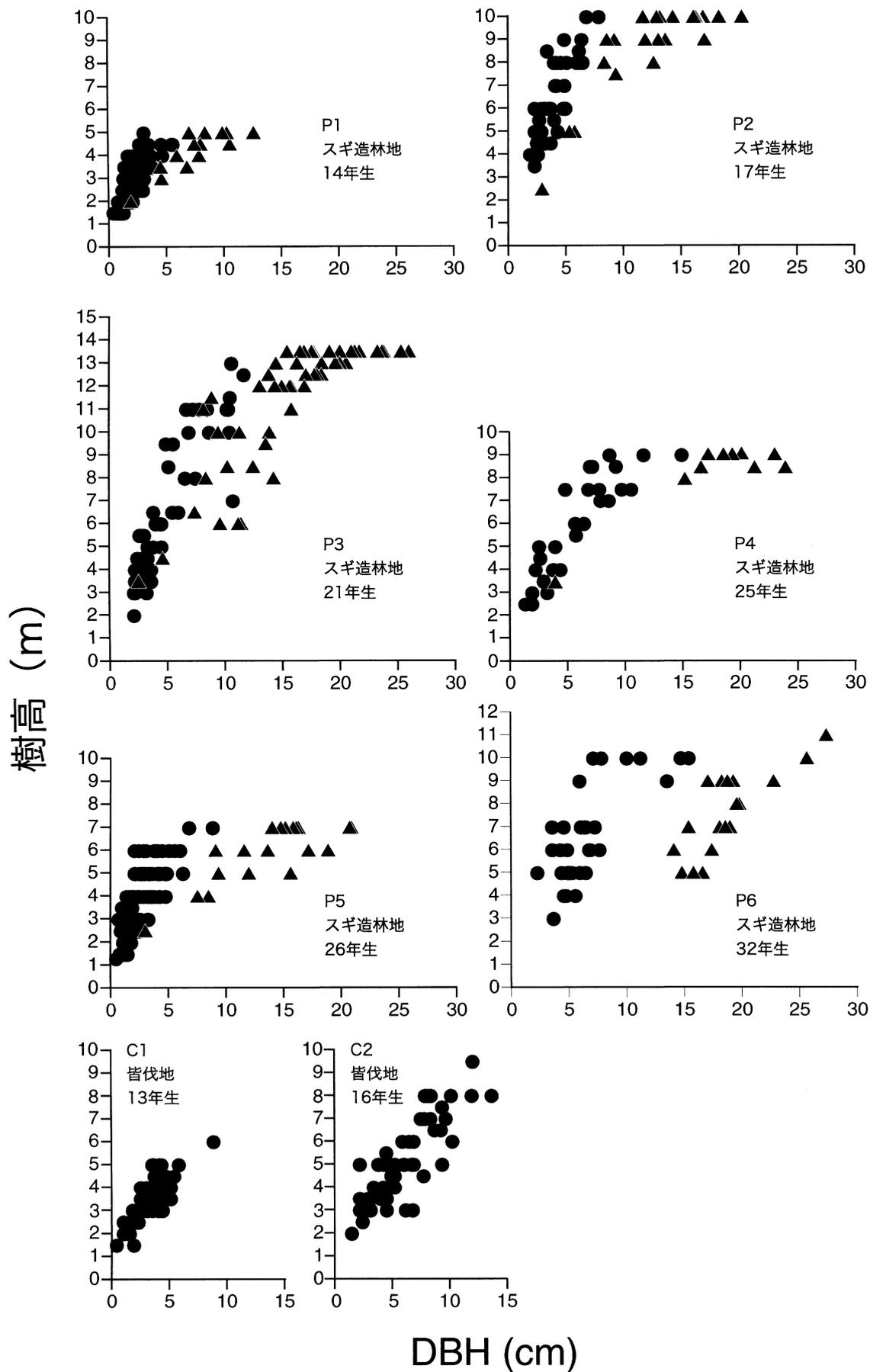


図-1. 調査林分におけるスギ (▲) と広葉樹 (●) の胸高直径-樹高分布

(図-3)。広葉樹若木密度の観測値全体では17年生以降の造林地で密度が高くなる傾向が有意であった ($\rho = 0.73, p = 0.02$)。伐採後2~5年の伐跡地では広葉樹若木はみられなかったが、13年で400本/ha、16年で2900本/haの若木がみられた。

広葉樹稚幼樹の密度は20年生以下の造林地(1991年の4箇所と2002年の2箇所)では3600本/ha以上であったのに対し、2002年時点で20年を超える4箇所のうち3箇所で2000本未満であった(図-3)。稚幼樹密度の観測値全体は林齢と有意な相関を示さなかった ($\rho = -0.53, p = 0.10$)。伐跡地では伐採2年後から1600~10400本/haの稚幼樹がみられた。

4. 広葉樹の構成

調査した8林小班全体では、2002年に46種の広葉樹を記録した(表-2)。スギ造林地にはシロモジ、エゴノキ、アサガラ、ホオノキ、サワグルミ、ヤマヤナギなど43種の広葉樹が生育していた(表-2)。林齢によって樹種構成が大きく変化する傾向はみられなかった。また、皆伐地では19種が記録され、ホオノキ等一部樹種は出現しなかったが、主な樹種の構成は造林地と同様であった(表-2)。保存林となっている自然林で優占するブナは、造林地でも皆伐地でも全く定着していなかった。

記録された広葉樹のうち、九州において有用樹とされている(熊本営林局, 1990)ものはホオノキやサワグルミなど19種であった。この中には熊本県下で取引量が多いミズメ、サクラ類、ケヤキ、シデ類、ミズキ、カエデ類、ナラ類、ホオノキ、ハリギリなど(熊本県林務水産部, 1994)がみられ、ケヤキ、ミズメ、ヤマグワ等材価の高い貴重樹(熊本営林局, 1990; 熊本県林務水産部, 1994)も含まれていた。

5. シカによる被食

2002年の調査ではスギに対する草食動物による被食はみられなかった(表-3)。記録された広葉樹46種のうち18種に被食がみられ、エゴノキ、ミズキ、イヌツゲでは若木または稚樹の50%以上が採食を受けていた(表-3)。広葉樹全体では若木の24%、稚幼樹の11%に被食がみられた。採食部位の高さや食痕からみて、

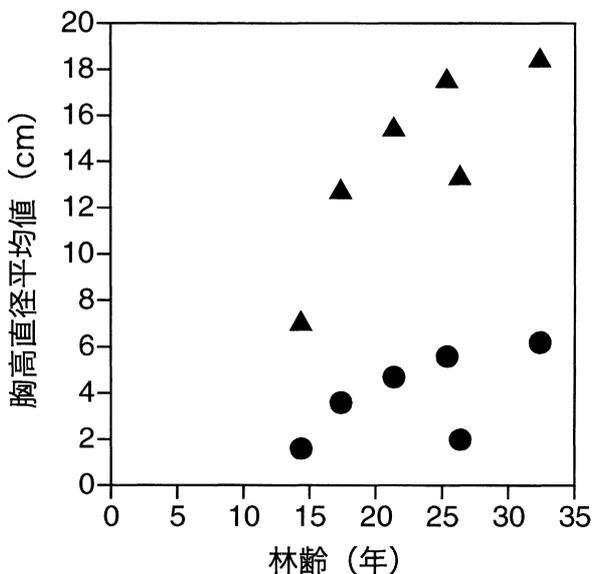


図-2. 2002年におけるスギ(▲)と広葉樹(●)の胸高直径平均値と林齢との関係

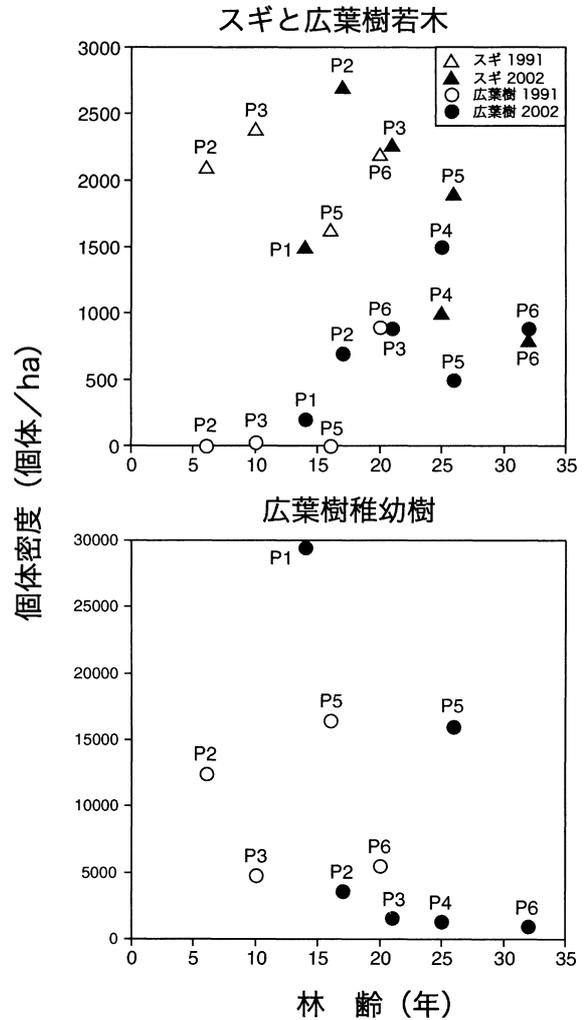


図-3. スギ、広葉樹若木 (DBH ≥ 5 cm) および広葉樹稚幼樹 (DBH < 5 cm) の個体密度と林齢との関係。P1~P6は表-1の林分に対応。

これらの被食はニホンジカによるものであった。被食がみられた稚幼樹のうち当年生枝など枝先が採食されたものは25個体(38%)、剥皮害を受けたものは40個体(62%)であった。若木の被食形態は全て剥皮害であった。剥皮害を受けた稚幼樹や若木の中には枯死したものや衰弱しているものが多かった。1991年の調査ではシカによる被食に関する定量的な記録は行われなかったが、毎木調査における個体別の記載中にはシカによる被食に関するものは無かった。

IV. 考 察

1. 植生と林分構造の変化

植生については1991年と2002年の林冠被度の変化からみて、造林地でも皆伐地でも10~12年間で森林植生への回復が進んだといえる。低木層と草本層の被度が低下したのは、林冠のうっ閉とシカによる採食圧増加のどちらかによると考えられる。ササの推移は調査した林小班によって大きく異なったが、その理由は不明である。西~北西向き斜面の林小班でササ被度が高く、北~東向きでは低かったことから、斜面方位による立地条件の違いが関係し

表-2. スギ以外の高木・亜高木樹種に属する若木 (DBH \geq 5 cm) と稚幼樹 (DBH < 5 cm) の種別密度

林分	P1	P2	P3	P4	P5	P6	C1	C2
林相	造林地	造林地	造林地	造林地	造林地	造林地	皆伐地	皆伐地
林齢	14	17	21	25	26	32	13	16
種 ^a	若木密度 / 稚幼樹密度 ^b							
シロモジ	0/5	0/1	0/1	0/1	0/5	0/1	0/4	0/3
エゴノキ	0/5	1/5	1/5		0/5	3/4	4/5	5/5
アサガラ	0/5	4/5	1/1	3/3	0/5		0/5	5/1
ホオノキ	0/2	0/1	1/1	0/1	0/1	1/0		
サワグルミ		2/0	1/0	5/2		3/1		0/1
ヤマヤナギ	0/2		1/0		0/5		0/1	0/1
ミズナラ	0/5				1/0	0/1		2/0
ヤマザクラ	0/5		0/1		2/5	1/0		
タンナサワフタギ	0/5		1/0		0/5		0/1	
イヌシデ	0/5	0/4			0/1			2/1
ミズキ				0/1	0/2	0/1		5/5
キハダ	0/2			1/0		1/0		4/0
イヌツゲ	0/5					0/1	0/5	
ミズメ			4/4		0/1			1/0
ウリハダカエデ		0/2	1/0			1/1		

^a 3林分以上で出現した種について示した。

^b 5は500本/ha以上, 4は400~500本/ha, 3は300~400本/ha, 2は200~300本/ha, 1は1~200本/ha, 0と空欄は記録数0を意味する。2001~2003年の観測値による。

表中以外の出現種は, コハウチワカエデ, ハリギリ, アオハダ, カナクギノキ, コハクウンボク, ヒメシャラ, マルバアオダモ, サンショウ, ヤマグワ, イタヤカエデ, イヌザクラ, サワシバ, ヒコサンヒメシャラ, リョウブ, アカシデ, クマノミズキ, チドリノキ, コシアブラ, モミ, クサギ, ケヤキ, シキミ, タラノキ, ニトコ, ミヤマイボタ, ミヤマハハソ, ムクノキ, ヤマハゼ, カエデ科 sp., キブシ, クマシデ

た可能性がある。

造林地のスギについては, 現状でも多くの林分において成長不良の状態が続いていた。スギは植栽直後に凍霜害を受けており(佐藤ほか, 1995), 6年生以上の林分における密度が植栽密度よりかなり低いのはその影響と考えられる。肥大成長は緩やかに進んでいたが, 樹高成長については不良の状態が続いていた。混交する広葉樹の中にはスギを被圧するほど樹冠を発達させたものは無く, シカによって被食されたスギも無かったことから, スギの成長不良が続いているのは低温, 霜, 強風など気象要因による可能性が高い。

造林地では広葉樹の若木密度が増え, その一部が林冠に達していたことから, 混交林化が進んだといえる。広葉樹の種構成が林齢によっては大きく変化しなかったこと, 若い林分では多数の稚幼樹がみられたこと(図-1, 図-3), 20年生以上の林分では稚幼樹が少なく若木が多かったことは(図-3), 5年間の下刈り終了後すぐに定着した稚樹の種構成と量が混交林化の進行に強く影響し, 林齢が高くなるにつれて新たに定着する稚樹が少なくなったことを示している。従って, 稚幼樹が少なくなっている20年生以上の林分では, 若木数の増加は今後鈍化すると予測される。皆伐地における広葉樹の定着については造林地とほぼ同様であったが, スギによる被圧が無かったために, 定着数が多く, 一部の個体は肥大成長が良好であったと考えられる。以上のことから, 高海拔地域の造林地と皆伐地では, 林分が若齢の段階で定着した広葉樹が今後の混交林と広葉樹林を主に構成する種, 個体になると考えられる。

2. 今後の推移と管理

本研究の結果から, 高海拔地域の不成績造林地では概ね30年生

まではスギと広葉樹の混交林化がゆるやかに進行すると想定した(図-4)。17年生以上の林分では若木密度が500本/ha以上であったこと, 広葉樹の種類数も7~21種あったことから, 更新を阻害するイベントが発生しなければ, 多様な広葉樹とスギが混交する林分として推移することが期待できる。そのような混交林は, 例えば生息する鳥の種類数が多いなど, 高い生物多様性保全機能をもつ(由井・石井, 1994)。また, 現在混交している広葉樹には多くの有用樹や一部に貴重樹も含まれることから, 生残するスギと合わせて長期的には価値の高い森林資源の蓄積となる可能性もある。

しかし, 混交林への誘導が唯一の選択肢とはいえない。横井・山口(2000)は岐阜県の積雪地帯におけるスギ不成績造林地の施業案を示しており, その施業案を本研究の調査林分にあてはめると, 林小班によって選択すべき施業が異なる。例えば, 21年生造林地P3ではスギの密度が2300本/ha, 樹高平均が11mであるためスギ一斉林として通常の管理を行なうという選択になり, 26年生造林地P5ではスギの樹高平均6mであり広葉樹の若木密度が500本/haであるため放置して混交林化または広葉樹林化するという選択になる。岐阜県の積雪地帯を対象とした施業案をそのまま九州の中央山地にあてはめることはできないが, P3のようにスギの密度低下が少なく樹高成長も良好な林分ではスギを主体とした管理も検討すべきである。

ブナの定着がみられなかったのは, 今後の管理において留意すべき点である。現状からみて, 当面はブナの混交は期待できない。保存林を保全する上では, 優占種であるブナがバッファゾーンにもある程度分散していることが望ましい。保存林自体が攪乱等によって劣化した場合, 構成していた樹種がバッファゾーンに分散

表-3. 高木樹種^aの若木と稚幼樹に対する草食動物による被食(2002年)

種	若木 (DBH ≥5cm)			稚幼樹 (DBH <5cm)		
	被食数 ^b	全本数 ^c	被食% ^d	被食数	全本数	被食%
スギ	0	131	0	0	9	0
シロモジ	-	0	-	7	54	13
エゴノキ	11	19	58	22	138	16
アサガラ	0	14	0	5	31	16
ホオノキ	0	3	-	4	9	44
サワグルミ	1	20	5	0	5	0
ヤマヤナギ	1	1	-	0	10	0
ミズナラ	0	3	-	2	29	7
ヤマザクラ	0	3	-	1	32	3
タンナサワフタギ	1	1	-	0	27	0
イスシデ	0	2	-	0	13	0
ミズキ	6	6	100	6	9	67
キハダ	1	6	17	0	2	-
イスツゲ	-	0	-	6	11	55
ミズメ	0	10	0	0	12	0
ウリハダカエデ	0	2	-	0	5	0
広葉樹類全種 ^e	24	102	24	65	592	11

^a 表-2に示した15種とスギ

^b 枝の先食われまたは樹皮剥ぎがみられた本数

^c 造林地の8林分で記録された本数計

^d 全本数に対する被食数の割合(%)。全本数が5本以上の場合のみ表示。

^e 表中のスギを除く15種を含む46種を合わせた値

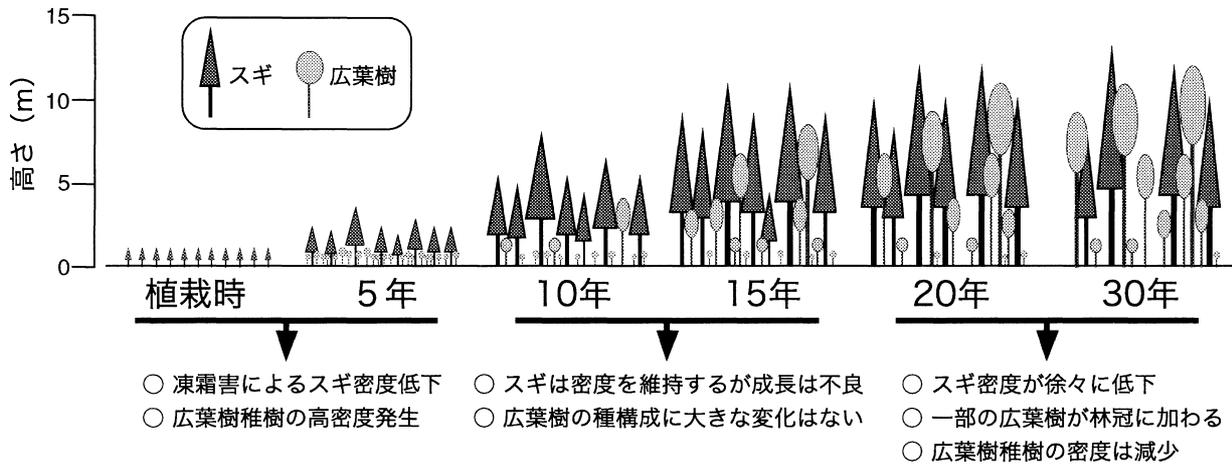


図-4. 中央山地の高海拔地域において想定される不成績造林地の動態

していれば、それらを利用して保存林の修復を図ることができる。皆伐地にもブナの定着がみられなかったことから、不成績造林地のスギを伐採してもブナの定着が促進される可能性は低い。中央山地におけるブナの更新機構については、種子生産の変動、種子の散布範囲、スズタケとの関係など不明な点が多い。ブナの混交を図る方法を知るためには、ブナの更新機構を解明するとともに、不成績造林地や皆伐地の動態をブナの定着に注目しながらさらに長期的に観測する必要がある。

対策が急がれる点はシカによる被食の増加である。現時点でも多くの樹種にシカによる被食がみられた。一部の樹種には強い採食圧が発生し、剥皮害による枯死も生じていたことは、シカの選

択性が更新樹種の構成に影響し始めている状況であることを示す。現状では調査地においてスギの被食はみられなかったが、熊本県下ではスギにもシカによる剥皮害が広く発生している(宮島・草野, 2003)。シカの採食圧が強い状態が続けば、スギや広葉樹の成長・更新が阻害され、不成績造林地がさらに低質なものになる可能性もある。バッファゾーンとなる造林地や皆伐地は保存林よりも広い範囲に分布しているため、シカの採食圧を低下させる対策は難しい。不成績造林地の劣化を防いで多面的機能を維持するためには、中央山地全体でシカの密度を調整する方法の開発が急がれる。

V. おわりに

本研究は、九州中央山地生物遺伝資源保存林に隣接する不成績造林地が緩やかに混交林化しつつあることを示し、今後の管理上ブナの定着促進やシカ被害防除が課題となることを指摘した。密度管理については触れなかったが、スギと広葉樹の状態が林小班ごとに様々に異なるため、一律の密度管理は適当ではない。横井・山口（2000）は、多雪地帯における不成績造林地の取扱いでは造林地全体を単位とするのではなく林分構造が同じ小面積パッチを単位とするべきと指摘しており、九州中央山地の不成績造林地についても同じことがいえる。本研究が対象としたような不成績造林地を今後適切に管理することができれば、人工林施業、自然林の保全、シカ被害防除などに総合的に取り組んで森林の多面的機能を維持・向上させるモデルケースとなりうる。

本研究を進めるにあたり、九州森林管理局、熊本南部森林管理署、および森林総合研究所九州支所の各位による支援を受けた。また、2名の査読者には原稿について有益なご指摘をいただいた。ここに厚く御礼を申し上げる。

引用文献

- 小泉透（2002）九州森林研究 55：162-165。
 熊本営林局（1990）森林施業の手引き，156pp，熊本営林局，熊本。
 熊本県林務水産部（1994）熊本県における広葉樹造林の手引き，66pp，熊本県林業研究指導所，熊本。
 宮島淳二・草野静代（2003）九州森林研究 56：222-223。
 宮脇昭（1981）日本植生誌 九州，484pp，至文堂，東京。
 佐藤保ほか（1995）日林九支研論 48：67-68。
 横井秀一・山口清（2000）森林立地 42：1-7。
 由井正敏・石井信夫（1994）林業と野生鳥獣との共存に向けて
 - 森林性鳥獣の生息環境保護管理 -，279pp，日本林業調査会，東京。
 （2003年10月29日 受付；2003年12月17日 受理）