

信州大学西駒ステーションの森林限界における林分構造

小林 元^{**}・片野重紀^{***}・佐野深作^{****}・川谷尚平^{*****}
野溝幸雄^{**}・木下 渉^{**}・酒井敏信^{**}・白澤紘明^{**}・荒瀬輝夫^{**}

*信州大学農学部森林・環境共生学コース

**信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

***株式会社 カーブスジャパン

****株式会社 西武緑化管理

*****高知県庁

要 旨

信州大学西駒ステーションの森林限界において、斜面方向に長さ30 m、幅10 mの長方形プロットを設置して林分構造を調べた。調査の結果、亜高山帯常緑針葉樹林と接するプロットの下方では、オオシラビソが優占する常緑針葉樹林が安定して成立することが確認された。ハイマツ林と接するプロット上部から中程は亜高山帯常緑針葉樹林からハイマツ林へのエコトーンと位置づけられ、エッジ効果によりツツジ科の樹木を主とする数多くの広葉樹低木種が侵入していた。これらの低木は階層の下層を優占しており、プロットの中程ではオオシラビソの更新を抑制し、プロットの上方ではダケカンバと競合していた。さらにプロットの上方と中程には、プロットの下方には出現しなかったシラビソもエッジ効果によって侵入していた。温暖化に対して針葉樹のみならず広葉樹の高木種、および低木種がそれぞれどのように応答するか注視することが、今後の森林限界における植生変遷を予測する上で重要であると考えられた。

キーワード： エコトーン, エッジ効果, 温暖化, 階層, 低木

はじめに

近年、地球温暖化の進行に伴う環境変動が危惧されており、温暖化による生態系への影響として植生帯の移行、消滅等が懸念されている。このような背景の下、我が国においても温暖化の天然林分布におよぼす影響予測が行われており、温暖化によって天然のブナ林は九州、四国、本州太平洋側からはほぼ消滅すること、東北地方においても分布域は大きく減少することが予測されている¹⁸⁾。森林生態系の中でも、自然環境の脆弱な山岳域¹⁾は高緯度地方¹³⁾と共に温暖化の影響が大きいことが知られている。八甲田山のオオシラビソ林においては、近年30年の間に分布域が低標高では減少し、高標高では逆に増加していることが航空写真の解析によって明らかにされている¹⁹⁾。さらに八甲田山においては、オオシラビソ林の分布上限が1967年時と比べて標高にして20 m上昇していることも明らかにされている⁸⁾。一方でTakahashiは、乗鞍岳のオオシラビソ林において、分布上限は温度環境よりむしろ強風や冠雪による樹幹の折損に規定されていることから、気温が

上昇して肥大成長が増大しても風雪による環境ストレスが緩和されない限り、オオシラビソの分布上限はこれ以上は上昇しないであろうと述べている¹⁵⁾。このように、温暖化が高標高域の植生分布におよぼす影響は山域によって異なると考えられる。植生の変遷を考える上で、気象や地勢因子以外にも植物の同種・異種間の競合を考えることは重要な課題である⁹⁾。

そこで本研究では、信州大学西駒ステーションの森林限界において林分構造を調べ、西駒ヶ岳の森林限界における温暖化の影響について考察した。

調査地および方法

信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育センター西駒ステーション8林班い小班の標高2,570 mの北東向き斜面を調査地とした(図-1)。2010年に斜面方向に長さ30 m、幅10 mの長方形プロットを設定し、斜面方向に10 mずつ3等分し、斜面上部から上、中、下プロットとした。上プロットの上端はハイマツ林と接しており、下プロットの下端は亜高山帯常緑針葉樹林と接している。

プロット内の高さ0.1 m以上、1.5 m未満の樹木を下木、1.5 m以上の樹木を上木と定義した。上木

受付日 2019年1月15日

受理日 2019年2月5日

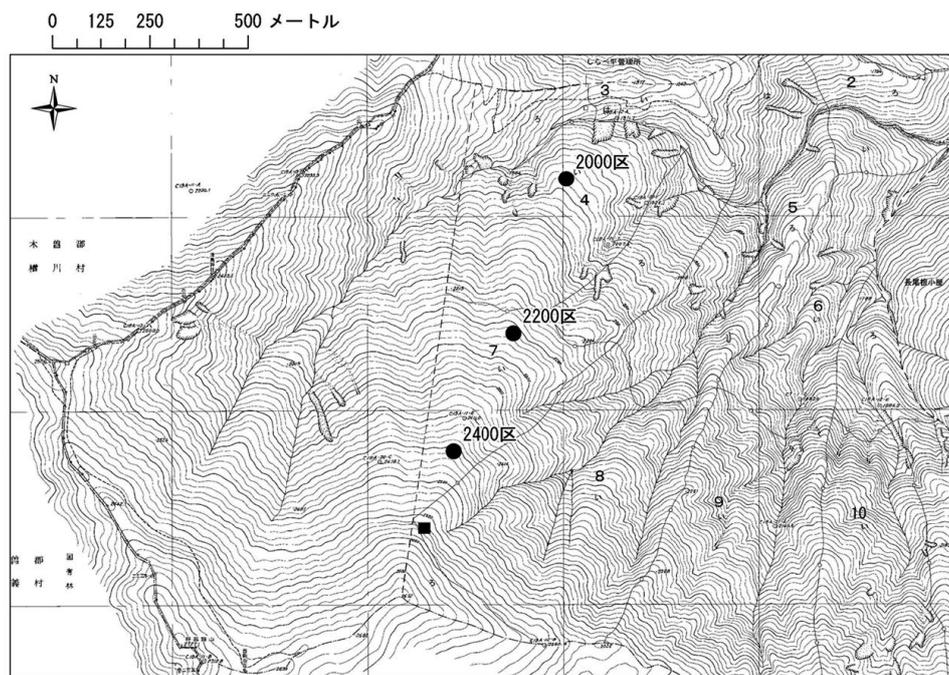


図-1 西駒ステーションにおける固定試験地の位置図。
図中の黒四角が本研究の調査地を表す。

の胸高直径と樹高を2014年8月～9月に測定した。胸高直径は地上高1.2mで測定し、円周長をスチール製巻尺を用いてmm単位で測定した。なお、ナナカマドについてはデジタルノギスを用いて直径を0.1mm単位で測定した。樹高は高さ6m以下の個体は測桿ポール、それより大きい個体は超音波樹高測定機 (VERTEX III, HAGLOF社) を用いて測定した。下木の地際直径と樹高を2015年7月～10月に測定した。地際直径はデジタルノギスを用いて0.1mm単位、樹高はスチール製の定規を用いてmm単位で測定した。学名の記載は平凡社の日本の野生植物木本Ⅰ¹¹⁾、Ⅱ¹²⁾にしたがった。広葉樹は主幹が明瞭で樹高が3mを越える種を高木種、それ以外の種を低木種として分類した。

結 果

表-1に高さ1.5m以上の上木の胸高断面積合計と本数密度を樹種別に示した。オオシラビソ (*Abies mariesii*) とシラビソ (*Abies veitchii*)、およびダケカンバ (*Betula ermanii*) とウラジロナナカマド (*Sorbus matsumurana*) はすべてのプロットに出現した。タカネザクラ (*Prunus nipponica*) は上プロットに1個体のみ出現した。胸高断面積合計と本数密度は共に下プロット、上プロット、中プロットの順で大きい値を示した。上プロットでは胸高断面積比と本数密度比に占める広葉樹の割合が大きく、ダケカンバが断面積比の8割以上、ウラジロナナカ

マドが本数密度比の5割近くを占めた。中プロットと下プロットでは針葉樹の占める割合が大きく、中でもオオシラビソの割合が大きかった。

表-2に高さ1.5m未満の下木の地際断面積合計と本数密度を樹種別に示した。上プロットの針葉樹にはオオシラビソとシラビソに加えて、ハイマツ (*Pinus pumila*) が出現した。広葉樹の高木種にはダケカンバ、タカネザクラに加えて、ミネカエデ (*Acer tschonoskii*) が出現した。また、低木種にはウラジロナナカマド以外に、タカネナナカマド (*Sorbus sambucifolia*)、ミヤマホツツジ (*Cladothamnus bracteatus*)、クロウスゴ (*Vaccinium axillare*)、コヨウラクツツジ (*Menziesia pentandra*)、ウスノキ (*Vaccinium hirtum*)、クロツリバナ (*Euonymus tricarplus*)、サラサドウダン (*Enkianthus campanulatus*)、キバナシャクナゲ (*Rhododendron aureum*) 等の主にツツジ科の樹木が数多く出現した。中プロットには上プロットに出現した全ての種に加えて、オオヒョウタンボク (*Lonicera tschonoskii*) が出現した。下プロットには全8種と、上、中プロットに出現した種の半分しか出現しなかった。針葉樹にはオオシラビソのみが出現し、広葉樹の高木種にはダケカンバとミネカエデが出現した。低木種にはウラジロナナカマド、クロウスゴ、コヨウラクツツジ、ウスノキ、クロツリバナが出現した。地際断面積合計と本数密度は共に上、中、下プロットの順で大きい値を

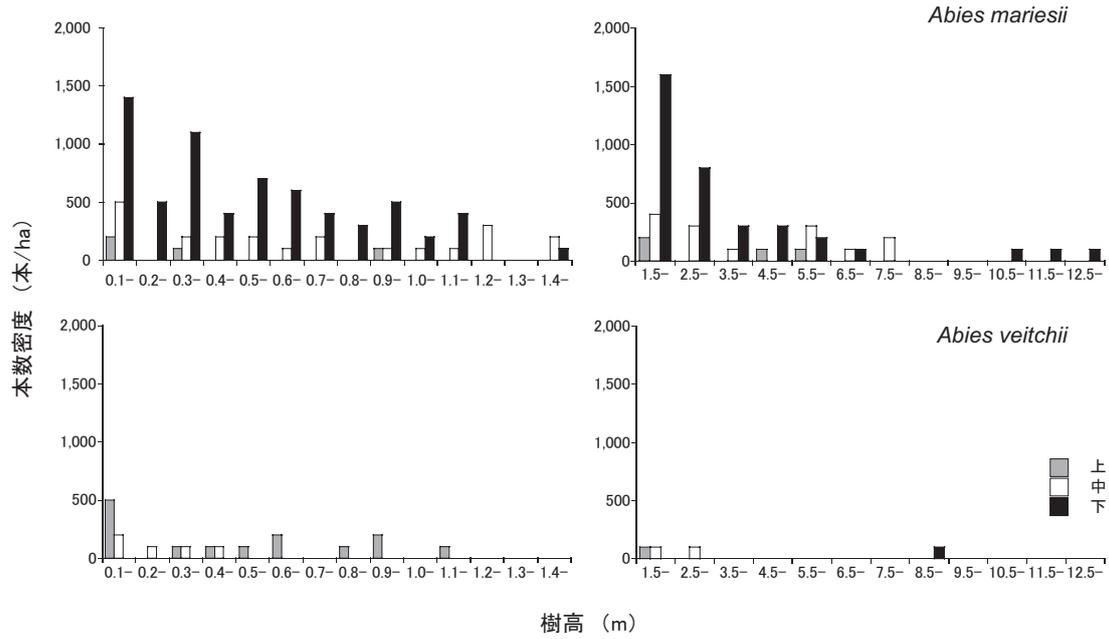


図-2 オオシラビソ（上図）およびシラビソ（下図）の樹高階分布
左図は樹高0.1 m 以上1.5 m 未満の個体，右図は1.5 m 以上の個体を表す。

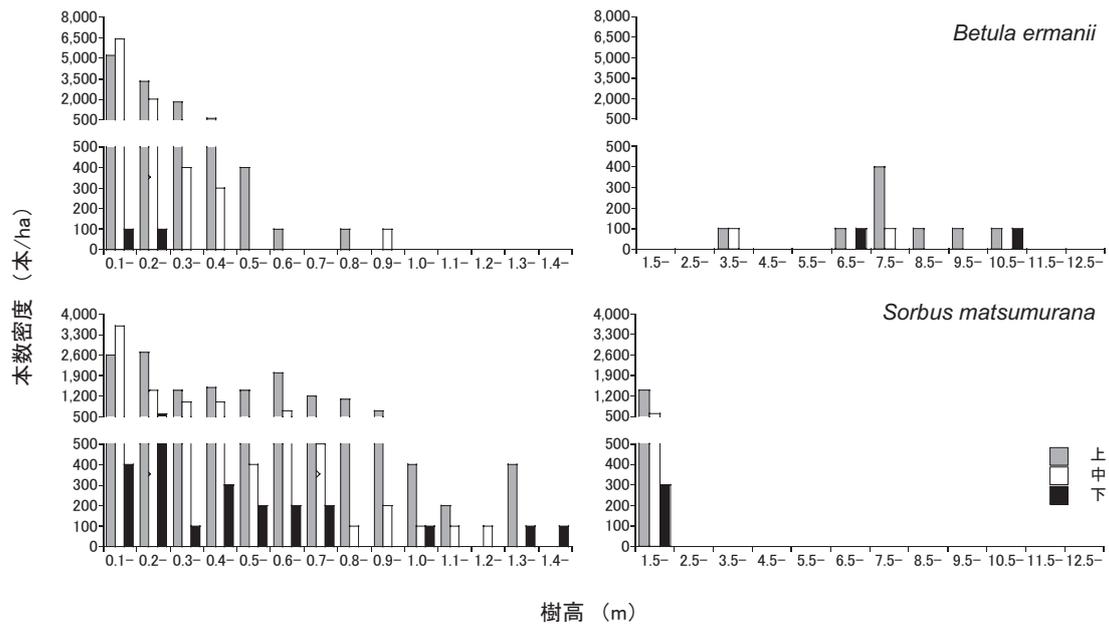


図-3 ダケカンバ（上図）およびウラジロナナカマド（下図）の樹高階分布
左図は樹高0.1 m 以上1.5 m 未満の個体，右図は1.5 m 以上の個体を表す。

示した。地際断面積比と本数密度比に占める広葉樹の割合もまた、上、中、下プロットの順で大きい値を示した。上プロットの広葉樹では、低木種のウラジロナナカマド、ミヤマホツツジ、クロウソゴの占める割合が大きかった。中プロットではオオシラビソが地際断面積比の4割以上を占めた。広葉樹では低木種のウラジロナナカマド、コヨウラクツツジ、ミヤマホツツジの占める割合が大きかった。下プロットではオオシラビソが地際断面積比の8割、本数密度比の4割を占めた。広葉樹では低木種のウラ

ジロナナカマドが地際断面積比と本数密度比の1割程度を占めた。

図-2に針葉樹の樹高階分布を示した。オオシラビソは0.1 m から上プロットでは5.5 m、中プロットでは7.5 m、下プロットでは12.5 mの階級まで分布した。上プロットでは途切れがちに分布し、中プロットでは一様に分布していた。下プロットでは0.1 m と1.5 mの階級にピークを持つ、二山型の分布型を示した。シラビソは、上プロットでは0.1 m から1.5 mの階級まで途切れがちに分布した。中プ

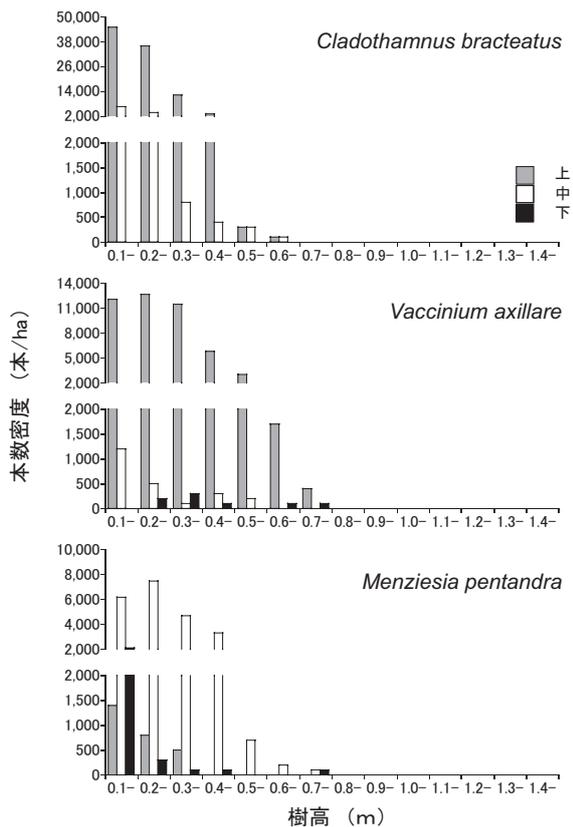


図-4 ミヤマホツツジ (上図) とクロウソグ (中図), およびコヨウラクツツジ (下図) の樹高階分布

ロットでは0.1m~0.4m, および1.5mと2.5mの階級に断片的に分布した。下ロットでは8.5mの階級にのみ分布した。

図-3にダケカンバおよびウラジロナナカマドの樹高階分布を示した。ダケカンバは0.1mから上ロットでは10.5m, 中ロットでは7.5mの階級まで途中の階級を大きく欠きながらもL字型に分布した。下ロットでは0.1m~0.2m, および6.5mと10.5mの階級に断片的に分布した。ウラジロナナカマドは全てのロットで0.1mから1.5mの階級まで分布し, 上ロットでは0.2mと0.6mの階級にピークを持つ二山型の分布型, 中ロットではL字型の分布型, 下ロットでは0.2mの階級にピークを持つ一山型の分布型を示した。

図-4に広葉樹低木種の樹高階分布を示した。ミヤマホツツジは上ロットと中ロットでは, 0.1mから0.6mの階級までL字型に連続して分布した。クロウソグは0.1mから0.7mの階級まで分布しており, 上ロットでは0.2mの階級にピークを持つ一山型, 中ロットではL字型の分布型を示した。コヨウラクツツジもまた, 0.1mから0.7mの階級まで分布しており, 上ロットと下ロットではL字型, 中ロットでは0.2mの階級にピーク

を持つ一山型の分布型を示した。

考 察

1. 林分構造

高さ1.5m以上の上木の胸高断面積合計と本数密度は, 下ロットが3ロット中で最も大きかった (表-1)。さらに, 針葉樹の断面積比と本数密度比に占める割合が大きいことから, 下ロットは西駒ステーションの標高2,000m以上に分布する典型的な亜高山帯常緑針葉樹林と位置づけられる^{2),3)}。常緑針葉樹の樹冠構造を反映して, 林内の光環境は3つのロットの中で最も暗い。このような暗い光環境の下, 高さ1.5m未満の下木に占める広葉樹の地際断面積合計と本数密度は3つのロットの中で最も小さく, 出現種数も少なかった (表-2)。一方で, 下木の断面積比と本数密度比に占めるオオシラビソの割合は大きく, 後継樹個体群もL字型の分布型を示していたことから (図-2), 下ロットにおいてはオオシラビソが優占する常緑針葉樹林が今後安定して成立すると考えられる。

中ロットでは, 針葉樹の胸高断面積合計と本数密度, および広葉樹の胸高断面積合計が下ロットと比べて低い値を示した (表-1)。その結果, 上木の断面積合計と本数密度は3つのロット中で最も小さい値を示した。上木の断面積比と本数密度比の大部分は針葉樹によって占められていたが, 下ロットと比べて本数密度の小さいこと, 特に樹高が1.5mを越える大きい個体が少ないことから (図-2), 林内の光環境は下ロットより明るい。このような光環境を反映して, 高さ1.5m未満の下木に占める広葉樹地際断面積合計と本数密度は上ロットに次いで大きく, 出現した種数は3つのロットの中で最も多かった (表-2)。上木の断面積比の8割を占める針葉樹の下木の断面積比も4割程度と大きい, 樹高階の小さい階級に顕著な個体数の増加が見られないことから (図-2), 常緑針葉樹が今後安定して個体群を維持して行くことは難しいと考えられる。

上ロットでは針葉樹の胸高断面積合計と本数密度が下ロットと比べて低い値を示したが, 逆に広葉樹の胸高断面積合計と本数密度は増加したことから, 上木の断面積合計と本数密度は下ロットに次いで大きい値を示した (表-1)。上木の断面積比と本数密度比の大部分は広葉樹によって占められ, 広葉樹の中でも断面積比はダケカンバが大きな割合を占め, 本数密度比はダケカンバと共にウラジロナ

表-1 高さ1.5 m 以上の上木の胸高断面積と本数密度

プロット	樹種名	学名	胸高断面積 合計 (cm ² /ha)	胸高断面積比 (%)	本数密度 (本/ha)	本数密度比 (%)
上	オオシラビソ	<i>Abies mariessi</i>	485	12.1	400	13.8
	シラビソ	<i>Abies veitchii</i>	9.28	0.23	100	3.45
	ダケカンバ*	<i>Betula ermanii</i>	3,442	85.7	900	31.0
	タカネザクラ*	<i>Prunus nipponica</i>	57.2	1.4	100	3.4
	ウラジロナナカマド	<i>Sorbus matsumurana</i>	23.4	0.6	1,400	48.3
	針葉樹合計		495	12.3	500	17.2
	広葉樹合計		3,523	87.7	2,400	82.8
	合計		4,017	100.0	2,900	100.0
中	オオシラビソ	<i>Abies mariessi</i>	1,846	80.7	1,300	56.5
	シラビソ	<i>Abies veitchii</i>	55	2.40	200	8.70
	ダケカンバ*	<i>Betula ermanii</i>	379	16.6	200	8.70
	ウラジロナナカマド	<i>Sorbus matsumurana</i>	8.4	0.37	600	26.1
	針葉樹合計		1,901	83.1	1,500	65.2
	広葉樹合計		387	16.9	800	34.8
	合計		2,288	100.0	2,300	100.0
	下	オオシラビソ	<i>Abies mariessi</i>	3,038	62.2	3,500
シラビソ		<i>Abies veitchii</i>	146	2.98	100	2.44
ダケカンバ*		<i>Betula ermanii</i>	1,702	34.8	200	4.88
ウラジロナナカマド		<i>Sorbus matsumurana</i>	1.40	0.03	300	7.32
針葉樹合計			3,183	65.1	3,600	87.8
広葉樹合計			1,704	34.9	500	12.2
合計			4,887	100.0	4,100	100.0

*印は広葉樹の高木種を表す。

ナカマドが大きな割合を占めた。上プロットでは広葉樹が上木の割合の多くを占めること、さらに群落高の低いハイマツ林と隣接することから、光環境は3つのプロットの中で最も明るい。このような良好な光環境を反映して、高さ1.5 m 未満の下木に占める広葉樹の地際断面積合計と本数密度は3プロットの中で最も大きく、出現した種数も中プロットと同程度に多かった(表-2)。下木の断面積比と本数密度比の大部分は広葉樹によって占められ、中でも低木種のウラジロナナカマド、ミヤマホツツジ、クロウソグが大きな割合を占めた。上木の断面積比に大きな割合を占めるダケカンバの下木の断面積比に占める割合は小さかった。逆に、上木に占める割合の小さいウラジロナナカマドの下木の断面積比は増大していた。ダケカンバ後継樹の樹高階はL字型の分布型を示していたが、0.7 m を越える階級では個体の分布が大きく途切れていた(図-3)。一方、ウラジロナナカマドにおいては、最も大きい1.5 m の階級までほぼ途切れることなくL字型に分布していた。森林限界に成立するダケカンバ林は萌芽更新によって安定した林分を形成することが報告されている¹⁰⁾。本調査地のダケカンバ林分は高さが2.5 m より低い階層ではウラジロナナカマド、0.7 m より低い階層ではウラジロナナカマドに加えてミヤマホ

ツツジやクロウソグとも競合しており(図-4)、ダケカンバ後継樹は林分の上下各階層において異なる樹種との厳しい種間競争に晒されていることが明らかとなった。特に羽状複葉のナナカマドは主幹の断面積合計が小さくても1枚の葉で大きな空間を占有することから、多種との空間獲得競争に有利であることが予想され、ダケカンバの更新に大きな影響をおよぼしていると考えられる。

2. エッジ効果

質の異なる植生パッチが交わる場所はボーダーと呼ばれる¹⁴⁾。ある程度の広がりを持つボーダーはしばしば植生等の移行帯を伴い、これをエコトーンと呼ぶ¹⁴⁾。エコトーンには境を接する双方のパッチから種を迎え入れるため、周辺の植生パッチと比べてより高い種多様性を示す場合がある⁷⁾。これをエッジ効果と呼ぶ¹⁴⁾。エッジ効果は接する植生パッチの質が対照的であるほど大きく発揮されるといわれており、森林と草原とのボーダーは成熟した林分と若齢な林分とのボーダーと比べて、より高い種多様性を発揮すると考えられている¹⁴⁾。本調査地の上および中プロットは亜高山帯常緑針葉樹林からハイマツ林へのエコトーンと位置づけられ、下層の階層が多種の広葉樹低木に優占されていることを特徴としている(表-2)。ハイマツ林と接することで林内の

表-2 高さ1.5 m 未満の下木の地際断面積と本数密度

プロット	樹種名	学名	地際断面積 合計 (cm ² /ha)	地際 断面積比 (%)	本数密度 (本数/ha)	本数密度比 (%)	
上	オオシラビン	<i>Abies mariesii</i>	1,112	1.51	500	0.25	
	シラビン	<i>Abies veitchii</i>	2,246	3.05	1,500	0.76	
	ハイマツ	<i>Pinus pumila</i>	11,427	15.5	3,500	1.78	
	ダケカンバ*	<i>Betula ermanii</i>	1,747	2.37	12,400	6.32	
	タカネザクラ*	<i>Prunus nipponica</i>	466	0.63	1,500	0.76	
	ミネカエデ*	<i>Acer tschonoskii</i>	202	0.27	800	0.41	
	ウラジロナナカマド	<i>Sorbus matsumurana</i>	17,194	23.3	15,700	8.00	
	タカネナナカマド	<i>Sorbus sambucifolia</i>	3,299	4.48	7,200	3.67	
	ミヤマホツツジ	<i>Cladanthamnus bracteatus</i>	19,200	26.1	96,800	49.3	
	クロウスゴ	<i>Vaccinium axillare</i>	14,483	19.7	47,300	24.1	
	コヨウラクツツジ	<i>Menziesia pentandra</i>	838	1.14	2,800	1.43	
	ウスノキ	<i>Vaccinium hirtum</i>	756	1.03	4,600	2.34	
	クロツリバナ	<i>Euonymus tricarplus</i>	329	0.45	1,300	0.66	
	サラサドウダン	<i>Enkianthus campanulatus</i>	124	0.17	300	0.15	
	キバナシャクナゲ	<i>Rhododendron aureum</i>	274	0.37	100	0.05	
	針葉樹合計		14,785	20.1	5,500	2.8	
	広葉樹合計		58,912	79.9	190,800	97.2	
	合計		73,697	100.0	196,300	100.0	
	中	オオシラビン	<i>Abies mariesii</i>	11,181	42.1	2,200	3.14
		シラビン	<i>Abies veitchii</i>	277	1.04	600	0.86
ハイマツ		<i>Pinus pumila</i>	38	0.14	100	0.14	
ダケカンバ*		<i>Betula ermanii</i>	852	3.21	9,300	13.3	
タカネザクラ*		<i>Prunus nipponica</i>	194	0.73	1,000	1.43	
ミネカエデ*		<i>Acer tschonoskii</i>	38	0.14	200	0.29	
ウラジロナナカマド		<i>Sorbus matsumurana</i>	5,182	19.5	9,300	13.3	
タカネナナカマド		<i>Sorbus sambucifolia</i>	274	1.03	1,000	1.43	
ミヤマホツツジ		<i>Cladanthamnus bracteatus</i>	1,965	7.40	12,000	17.1	
クロウスゴ		<i>Vaccinium axillare</i>	636	2.40	2,400	3.43	
コヨウラクツツジ		<i>Menziesia pentandra</i>	4,692	17.7	22,800	32.6	
ウスノキ		<i>Vaccinium hirtum</i>	255	0.96	4,400	6.29	
クロツリバナ		<i>Euonymus tricarplus</i>	516	1.94	3,600	5.14	
サラサドウダン		<i>Enkianthus campanulatus</i>	375	1.41	800	1.14	
キバナシャクナゲ		<i>Rhododendron aureum</i>	17	0.064	100	0.14	
オオヒョウタンボク		<i>Lonicera tschonoskii</i>	54	0.20	200	0.29	
針葉樹合計			11,496	43.3	2,900	4.1	
広葉樹合計		15,049	56.7	67,100	95.9		
合計		26,545	100.0	70,000	100.0		
下	オオシラビン	<i>Abies mariesii</i>	19,164	80.7	6,700	39.9	
	ダケカンバ*	<i>Betula ermanii</i>	13	0.05	200	1.19	
	ミネカエデ*	<i>Acer tschonoskii</i>	377	1.59	1,100	6.55	
	ウラジロナナカマド	<i>Sorbus matsumurana</i>	2,724	11.5	2,400	14.3	
	クロウスゴ	<i>Vaccinium axillare</i>	489	2.06	900	5.36	
	コヨウラクツツジ	<i>Menziesia pentandra</i>	786	3.31	2,800	16.67	
	ウスノキ	<i>Vaccinium hirtum</i>	156	0.66	2,000	11.90	
	クロツリバナ	<i>Euonymus tricarplus</i>	43	0.18	700	4.17	
	針葉樹合計		19,164	80.7	6,700	39.9	
	広葉樹合計		4,588	19.3	10,100	60.1	
	合計		23,752	100.0	16,800	100.0	

*印は広葉樹の高木種を表す。

光環境が改善された上および中プロットでは、隣接する亜高山帯常緑針葉樹林のパッチには見られないミヤマホツツジ、タカネナナカマド、サラサドウダン等の侵入を招き、これら広葉樹低木種はウラジロナナカマド、クロウスゴ、コヨウラクツツジ等と共

にエコトーンの下層を優占していた。これらの主にツツジ科で構成される低木種は、亜高山帯常緑針葉樹林と接する中プロットではオオシラビンの更新を抑制し、ハイマツ林と接する上プロットではダケカンバと競合していた。広葉樹低木種に加え、上および

び中プロットには下プロットに出現しなかったシラビソの侵入も見られた。一般にシラビソはオオシラビソより低い標高域に分布し⁶⁾、オオシラビソより陽樹的な更新特性^{4), 5)} および個葉光合成特性¹⁷⁾を示すことが知られている。このことからシラビソもまた、光環境の改善によって上および中プロットに侵入したと考えられる。今後、温暖化によって本調査地の亜高山帯常緑針葉樹林がより高い標高に移行する場合、エッジ効果によってハイマツ林との境界に侵入したシラビソがオオシラビソと競合することになる。一方でこれら針葉樹の後継樹は現在、広葉樹に厚く被圧されており、温暖化に対して針葉樹のみならず広葉樹の高木種、および低木種がそれぞれどのように応答するか注視することが、今後の森林限界における植生変遷を予測する上で重要な課題となる。

謝 辞

本調査を行うにあたって、森林環境生態学研究室の学生諸氏には野外調査を手伝っていただいた。また、伊那市営西駒山荘の宮下拓也氏には野外調査の遂行をサポートしていただいた。ここに、厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) Beniston, M., Diaz, H. F. and Bradle, R. S. (1997) Climatic change at high elevation sites: an overview. *Climatic Change* 36 : 233-251.
- 2) 兼子嘉次・馬場多久男 (1992) 西駒演習林登山ルート of 植物分布. 信大演報29 : 97-146.
- 3) 小林 元・吉村太一・見尾 優・安江 恒・野溝幸雄・木下 渉・酒井敏信・白澤絃明・荒瀬輝夫 (2017) 信州大学西駒ステーション亜高山帯常緑針葉樹林における人為攪乱から50年後の林分構造. 信大 AFC 報告15 : 1-9.
- 4) Kohyama, T. (1983) Seedling stage of two subalpine *Abies* species in distinction from sapling stage: a matter-economic analysis. *Bot. Mag. Tokyo* 96: 49-65.
- 5) Kohyama, T. (1984) Regeneration and coexistence of two *Abies* species dominating subalpine forests in central Japan. *Oecologia* 62: 156-161.
- 6) Miyajima, Y., Sato, T. and Takahashi, K. (2007) Altitudinal changes in vegetation of tree, herb and fern species on Mount Norikura, central Japan. *Vegetation Science* 24:29-40.
- 7) Murcia, C. (1995) Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. *Trends in Ecology & Evolution* 10: 58-62.
- 8) Nakashizuka, T., Shimazaki, M., Sasaki, T., Tanaka, T., Kurokawa, H. and Hikosaka, H. (2016) Influences of climate change on the distribution and population dynamics of subalpine coniferous forest in the Hakkoda mountains, northern Japan. *In* Structure and function of mountain ecosystems in Japan. Kudo, G. (ed.), 173 pp., Springer Japan, 1-15.
- 9) 岡野哲郎・荒上和利 (1999) 九州山地のモミ・ツガ天然林における12年間の林分構造の変化. *日林誌*81 : 1-9.
- 10) 沖津 進 (1992) 本州中部山岳森林限界付近に分布するダケカンバ林の更新. *千葉大園報*45 : 1-6.
- 11) 佐竹義輔・原 寛・亘理俊次・富成忠夫 (1989 a) 日本の野生植物木本 I. 321pp., 平凡社, 東京.
- 12) 佐竹義輔・原 寛・亘理俊次・富成忠夫 (1989 b) 日本の野生植物木本 II. 305pp., 平凡社, 東京.
- 13) Saxe, H., Cannell, M. G. R., Johnsen, Ø., Ryan, M. G. and Vourlitis, G. (2001) Tree and forest functioning in response to global warming. *New Phytologist* 149: 369-400.
- 14) Smith, T. M. and Smith, R. L. (2009) Transition zones offer diverse conditions and habitats. *In* Elements of Ecology eighth edition. 612pp., Pearson, Glenview, pp.391-411.
- 15) Takahashi, K., Hirokawa, T. and Morishima, R. (2012) How the timberline formed: altitudinal changes in stand structure and dynamics around the timberline in central Japan. *Annals of Botany* 109: 1165-1174.
- 16) Takahashi, K. and Okuhara, I. (2013) Forecasting the effects of global warming on radial growth of subalpine trees at the upper and lower distribution limits in central Japan. *Climatic Change* 117: 273-287.
- 17) Takahashi, K., Otsubo, S. and Kobayashi, H. (2018) Comparison of photosynthetic traits of codominant subalpine conifers *Abies veitchii* and *A. mariesii* in central Japan. *Landscape and Ecological Engineering* 14: 91-97.
- 18) 田中信行・松井哲哉・八木橋 勉・埤田 宏 (2006) 天然林の分布を規定する気候要因と温暖化の影響予測：とくにブナ林について. *地球環境*11 : 11-20.
- 19) 田中孝尚・嶋崎仁哉・黒川絃子・彦坂幸毅・中静 透 (2014) 気候変動が森林動態に与える影響と将来予測：八甲田山のオオシラビソを例として. *地球環境*19 : 47-55.

Stand structure at treeline in Nishikoma Station, Shinshu University Forests.

Hajime KOBAYASHI ^{*,**}, Aki KATANO ^{***}, Shinsaku SANO ^{****}, Shohei KAWATANI ^{*****},
Yukio NOMIZO ^{**}, Wataru KINOSHITA ^{**}, Toshinobu SAKAI ^{**}, Hiroaki SHIRASAWA ^{**} and
Teruo ARASE ^{*,**}

* Division of Forest and Environmental Symbiosis Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

** Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

*** Curves Japan Co., Ltd.

**** Seibu Green Management Co., Ltd.

***** Kochi Prefectural Office

Summary

We investigated the stand structure at the treeline in Nishikoma Station, Shinshu University Experiment Forests. A 0.03 ha permanent plot, 30m long in the slope direction and 10m wide, was set up. The lower part of the plot adjacent to a subalpine evergreen coniferous forest was dominated by *Abies mariesii*, which inhibited L-shaped distribution. Thus, an evergreen coniferous forest was assumed to exist stably in the lower part of the plot. The upper and middle parts of the plot were classified as an ecotone between alpine dwarf pine and subalpine evergreen coniferous forest characterized by irruption of shrubs predominated by the Ericaceae species. These broad-leaved shrubs dominated the lower layer of the plot, suppressing saplings of evergreen conifer species in the middle of the plot, whereas it competed with broad-leaved tall trees (*Betula ermanii*) in the upper part of the plot. In addition, saplings of *Abies veitchii*, which did not appear in the lower part of the plot appeared in the upper and middle parts of the plot due to the edge effect. These results suggest that it is important to not only keep attention on which manner conifer species respond, but also on broad-leaved tall trees and shrubs to forecast treeline shifts under global warming.

Key words: ecotone, edge effect, global warming, shrub, strata