

高茎草本群落が発達したスキー場休業地における森林回復の可能性

岩崎千鶴*, 城田徹央**, 岡野哲郎**, 大矢信次郎***

*信州大学大学院総合理工学研究所

**信州大学学術研究院農学系

***長野県林業総合センター

要 旨

1990年以降、日本全国において営業スキー場が連続的に減少しているが、環境保全や景観保全の観点から出来るだけ早期に森林回復することが望ましい。本研究では休業から9年が経過したサンアルピナススキー場（長野県大町市）における植生調査を行い、今後の森林回復の可能性を検討した。ゲレンデ踏査の結果、主にススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落、カラマツやミズナラを主体とした高木性樹木群落の4群落が成立していた。このうち高木性樹木群落については上層と中層が主に高木性木本によって構成されており、また下層においても高木性木本の実生が多く出現した。しかしながら、その面積割合はゲレンデの17%に過ぎず、森林への遷移は部分的なものに留まっていると結論された。これに対して、ゲレンデの36%、33%および5%を占めるススキ群落、タニウツギ群落、オオイタドリ群落の3群落タイプについては、高木性木本類およびそれらの実生の出現数が極めて少なかった。一般化線形モデルを用いた解析結果から、侵入を困難にしている要因は高い上層被覆率と厚いリター層であると結論された。一般にススキ群落では、上層の被服率が小さいため、群落内への光の透過が大きく、木本植物が侵入しやすいといわれる。しかしながら、本調査地のススキ群落には上層や中層にオオヨモギが侵入しており、その遮光によって高木性木本の更新が阻害されたと考えられる。さらに本調査地ではリター層が更新阻害要因となっていたが、その厚みはススキ群落とオオイタドリ群落において大きかった。すなわち本調査地では、ススキやオオイタドリを主体とする高茎草本群落における高木性木本の更新は停滞しており、速やかな森林回復の可能性は低いと判断された。

キーワード：木本植物の更新、地形改変、植被率、リター層

はじめに

日本では1962年を皮切りにして、閉鎖・休業スキー場が増加している。2012年の時点で、日本全国では閉鎖・休業スキー場数は284ヶ所にのぼり、これは全スキー場数の37%に達する¹⁹⁾。長野県においても閉鎖・休業スキー場数は32ヶ所で、これは県内のスキー場数の30%である¹⁹⁾。加えて、長野県はスキー場数が全国でもトップクラスに多く、日本全体でスキー場が閉鎖・休業していることを踏まえると、今後も県内における閉鎖・休業スキー場数は増えていくことが予想される。

閉鎖・休業されたスキー場のゲレンデは、別の用途に用いられたり植林されたりすることもあるが¹⁵⁾、営業をやめたまま放棄される事が多い。中には順調に森林へと遷移していく所もあるが、裸地や草原の状態のままの場合もある^{14,15,16,17,30)}。スキー場は造成時に森林の伐採や、低木・草本の刈り払い、ブル

ドーザーなどの大型土木機械による大規模な地形改変が行われる²²⁾。もともと積雪がある場所に人為で障害物のない急斜面が作られたため、管理放棄による雪崩や山腹崩壊などの自然災害の発生が懸念されている。実際に長野県内でも飯山市の信濃平スキー場で雪崩、小境スキー場跡地で山腹崩壊が起り被害を及ぼした事例もある¹⁵⁾。これらの自然災害の他に、景観保全の面でも問題視されている¹⁴⁾。以上の事から、閉鎖・休業スキー場跡地はできるだけ早期に森林回復することが望ましい。

スキー場における森林回復については、種子供給源の関係から周辺植生と類似したものになりやすい。特に長野県では標高との対応が認められ、高標高の安南平スキー場跡（約950~1300 m）¹⁴⁾や蓼科アソシエイツスキー場跡（約1750~1900 m）¹⁰⁾ではカラマツの林分へと、低標高の七ヶ巻スキー場跡（400~550 m）、牧寄スキー場跡（770~910 m）では落葉広葉樹林へと森林回復する傾向がある¹⁴⁾。

一方で、スキー場跡地の森林回復には造成時の地形改変が影響する。森林の伐採のみ等、地形改変の

受付日 2019年1月15日

受理日 2019年2月7日

影響が弱い場所では植生の遷移が早く、森林回復が順調に進む^{36,37)}。これに対して、大型土木機械による地表の剥ぎ取り等、地形改変の影響が強い場所では植生の遷移が遅く、低木やススキが発達し草原化することによって森林回復が停滞する^{14,16,22,23,24,36,37)}。ただし、ススキ等の草本群落から木本群落へ推移している事例も少なくない。北海道の一部のスキー場跡地において、ススキ群落に木本類が侵入する傾向があるという研究結果や³⁰⁾、長野県の一部のスキー場跡地において、ススキなどの草本類が優占していた場所であっても遷移が進むうちに木本植物が優占するようになったという研究結果がある¹⁶⁾。

森林回復の第一段階である高木性木本の更新について、光環境や土壌環境との関係性が既存の研究で論じられている^{2,8,9,26,34)}。特にリター層は、植物の発芽に対して物理的な障害となり負の影響を及ぼす^{12,20,33)}。これに対して、リター層があることによって草本類の侵入が抑制され木本類の更新が促進されること²⁷⁾、リター層の保温効果により木本類の越冬性が高められること²⁷⁾、被覆効果により動物からの被食圧を抑制すること²¹⁾、保湿効果により乾燥から堅果や幼根を守ること^{1,31,32,35)}等の正の影響も報告されている。閉鎖・休業スキー場における木本の更新を考える上で、リター層の有無や厚さについて考慮することは必要不可欠であろう。

これまでに営業または閉鎖・休業スキー場におけ

る木本植物の更新についても、植生タイプやそれに伴う光環境の違い^{14,15,16,30)}、地形改変の度合い^{22,23,24)}が着目されてきたが、リター層の効果に関する情報は少ない。そこで本研究では、長野県にある未だ森林回復に至っていない、ススキを含む高茎草本が優占しているスキー場跡地において、植生の現状を把握し、木本の更新に対する植生およびリター層の影響に着目して、森林回復の可能性を評価することを目的とした。

調査地および調査方法

1. 調査地

調査は長野県大町市に位置するサンアルピナ青木湖スキー場跡地のレイクサイドコースの斜面にて行った(図1)。本スキー場は1972年に開業したが、2009年より休業中であった。最寄りの気象観測所(白馬)における2010年から2017年までの気象データによると、年平均気温は9.6度、年降水量は1906 mm、最大積雪深は85 cm、降雪期間は10月から翌年4月である¹³⁾。調査区域の標高は約870 m ~ 910 m、斜面方位は東、傾斜は約10° ~ 13°であった(図1)。調査区域の西側(斜面上部)にはクリ、ミズナラを主体としてイタヤカエデやハリギリが混交する成熟した落葉広葉樹林が、北側にはスギ人工林が、南側にはカラマツを混交するコナラ二次林が成立していた。この調査区域を南北に横断する幅11 mのベルトプロットを4本設置した。このベル

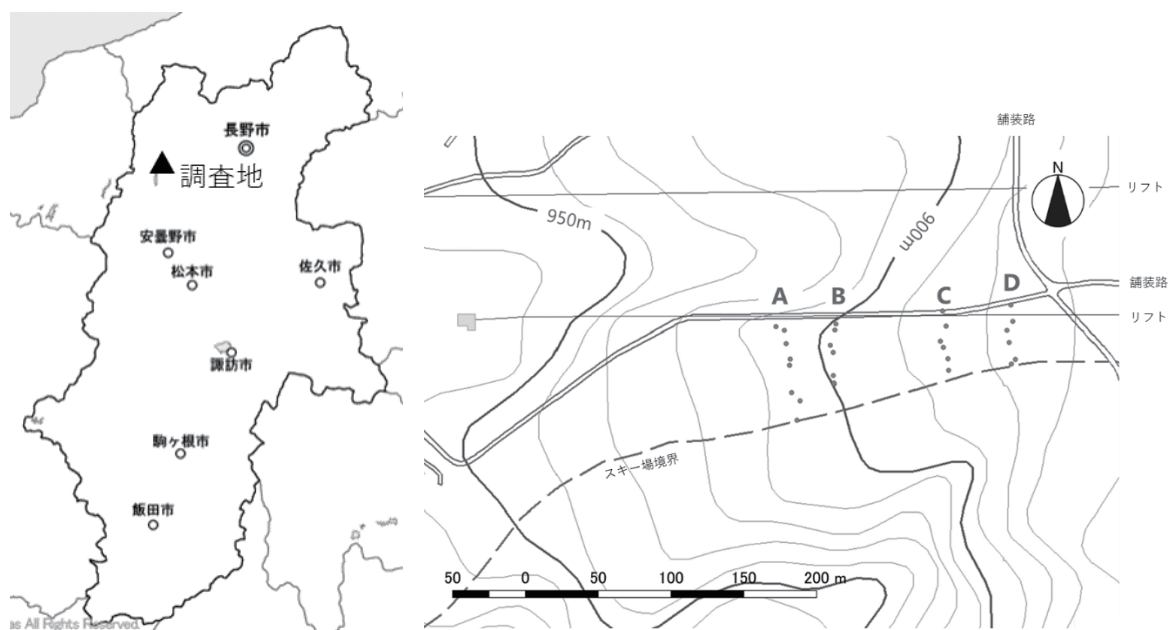


図1 調査地概要

調査地の位置図(左)とベルトプロットの位置(右)。調査対象のゲレンデ斜面は東西に走る舗装路と破線の間に位置する。

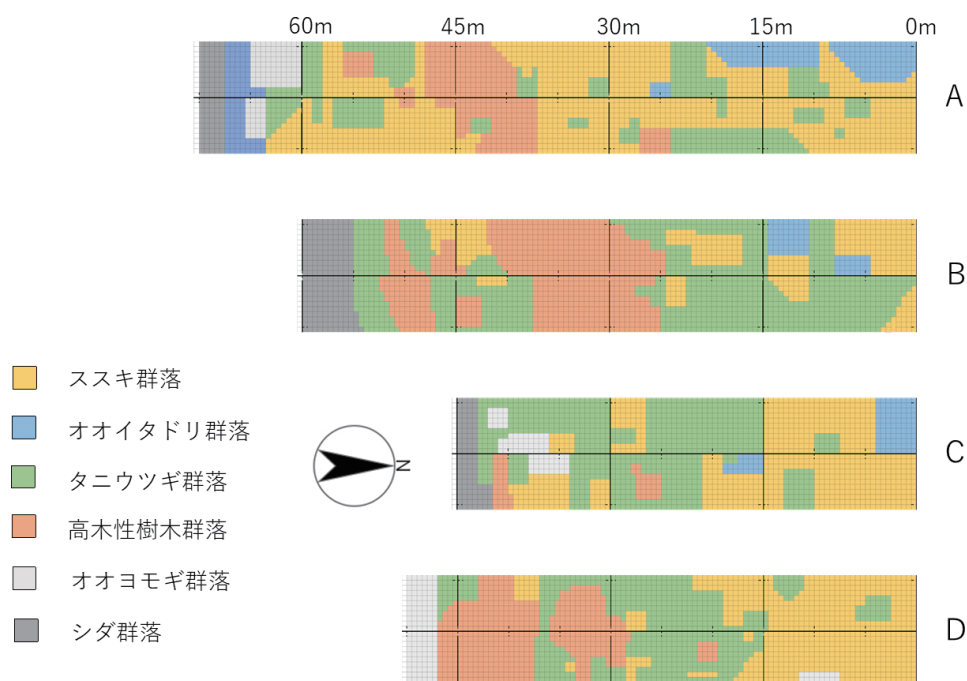


図2 各群落タイプの分布図

図上部の数値は、ラインプロット開始地点からの距離を示す。

トプロットを0.5 m 四方の方形区に区切り、主に上層構成種に基づきタイプわけした上でマッピングを行った。

ベルトプロットにおいて検出された6つの群落タイプの分布図を図2に示す。本調査地ではオシダ、ワラビ等のシダ類が優占するシダ群落は4%、ススキ群落が36%、オオイタドリ群落が5%、オオヨモギ群落は4%、タニウツギ群落が33%、カラマツ、ミズナラなどの高木性樹木が優占する高木性樹木群落は17%認められた。オオヨモギ群落、シダ群落の2群落については出現面積が小さいだけでなく、出現箇所も局所的であった。そこで本調査地はススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落、高木性樹木群落の4つの群落タイプに大別されるとし、植生の特性を明らかにするために、それぞれ40プロット、10プロット、40プロット、20プロットを設置した。なお、プロットの大きさは1 m × 1 mである。

2. 調査方法

2018年7月から9月にかけて植生調査を行った。それぞれのプロットにおいて1 m 以上を上層、0.5から1 mの間を中層、0.5以下を下層とし、各階層に出現したすべての種について、種名、群落高(cm)、植被率(%)を記録した。また、高木性木本種については個体数と苗高(cm)を記録した。なお、和名・学名は馬場(1999)³⁾、門田(2013)¹¹⁾、林(2013)⁷⁾および大塚(2004)²⁹⁾に従い、生活形の

区別は馬場(1999)³⁾に従った。

さらに個々のプロットの更新基質についても調査を行った。本調査地の更新基質は主に三層からなっており、最も地表側で植物の枯れ葉や枯れ枝が積もって出来ていた層をリター層、その下にある礫をほとんど含まない層を第I層、さらにその下にある礫を多く含んだ層を第II層とした。スコップを用いて、それぞれのプロットの土壌を第II層に達するまで掘り取り、リター層と第I層の厚さ(cm)を計測した。本研究では土壌型や理化学性に関する調査を行っていないが、中村(1984)²²⁾による土壌区分「褐色森林土削剥相」に近いと考えられた。これは「人為による土壌の削剥が行われながらも、A層あるいはB層が表層に残った土壌」とされている。この層ではA層の特徴が顕著でなかったことから、大半がB層であったものと推察される。

3. 解析方法

群落タイプごとの種組成を比較するため、各層に出現した種の積算優占度 SDR_3 (群落高、被度、出現頻度)²⁵⁾を算出した。さらに各プロットについて最大群落高、上層の主要な構成種の被覆率、中層被覆率、下層被覆率、全出現種数、草本種の出現種数、木本種の出現種数、小高木および低木種の出現種数、高木種の出現種数、高木性木本の実生個体数、リター層の厚さ、第I層の厚さを求め、各群落タイプ間で比較した(Kruskal-Wallis検定およびSteel-Dwassの多重比較)。なお、高木性樹木群落の上層

優占種の被覆率については、1種のみが優占する形ではなかったため、上層全体の被覆率の値を用いた。

草本種数、木本種数および高木性木本実生個体数の変動要因を一般化線形モデルによって抽出した。説明変数として更新基質、植生被度、群落タイプを用いた。なお更新基質にはリター層の厚さ、第I層の厚さが含まれ、植生被度には上層の主要な種の被覆率および中層被覆率が含まれる。分布はPoisson、リンク関数はlogを用いた。AIC値の比較に基づき、より最適な説明変数の組み合わせと係数を決定した。

結 果

1. 4群落タイプにおける高さとの被度

表1に、4群落タイプにおける最大群落高さと各層の被度のグラフと比較結果を示す。最大群落高は高木性樹木群落が高かった。次いでオオイタドリ群落、タニウツギ群落が続きこの2群落間のみ有意差は見られなかった。ススキ群落は最も低かつ

表1 4群落タイプの植生の諸特性

特性値	ススキ落 n = 40	オオイタドリ群落 n = 10	タニウツギ群落 n = 40	高木性樹木群落 n = 20
最大群落高 (cm) ***	205 ± 36 c	275 ± 32 b	271 ± 31 b	531 ± 109 a
上層優占種の被覆率 (%) *	87.0 ± 17.7 a	89.8 ± 15.3 a	93.5 ± 5.2 a	74.3 ± 23.3 b
上層オオヨモギ被度 (%) ***	7.0 ± 16.1 a	0.7 ± 1.0 ab	0.7 ± 2.2 b	0.0 ± 0.0 c
上層クズ被度 (%) n.s.	4.2 ± 10.4	2.1 ± 4.2	4.0 ± 10.2	0.0 ± 0.0
中層被覆率 (%) ***	9.2 ± 10.4 a	1.7 ± 1.7 b	3.4 ± 3.9 b	4.5 ± 6.7 b
下層被覆率 (%) ***	10.6 ± 6.6 a	4.1 ± 2.3 b	6.7 ± 4.1 b	8.5 ± 7.8 ab
全出現種数 n.s.	10.0 ± 2.4	7.6 ± 2.0	9.5 ± 2.1	9.2 ± 2.3
草本種の出現種数 ***	8.2 ± 2.1 a	6.1 ± 1.5 b	6.1 ± 2.1 b	4.0 ± 2.0 c
木本種の出現種数 ***	0.7 ± 1.0 c	0.5 ± 0.5 c	2.3 ± 1.2 b	5.2 ± 1.8 a
小高木・低木の出現種数 ***	0.5 ± 0.8 b	0.1 ± 0.3 b	0.3 ± 0.6 a	0.4 ± 0.5 b
高木種の出現種数 ***	0.2 ± 0.5 bc	0.1 ± 0.3 c	0.7 ± 0.8 b	4.2 ± 1.3 a
高木性木本の実生個体数 **	0.3 ± 0.8 c	0.1 ± 0.3 bc	0.6 ± 0.9 ab	1.5 ± 1.4 a

***, **, *, n.s は、それぞれ $P < 0.001$, $P < 0.01$, $P < 0.05$, $P > 0.05$ を示す (Kruskal-Wallis 検定)。同じアルファベットが付された値は有意に異なる (Steel-Dwass の多重比較, $P = 0.05$ 水準)。

表2 高木性木本実生の出現種およびその個体数

樹種	ススキ群落 (40プロット)	オオイタドリ群落 (10プロット)	タニウツギ群落 (40プロット)	高木性樹木群落 (20プロット)	全プロット (110プロット)
ミズナラ	3 (2.5)	0 (0)	7 (15)	9 (25)	19 (11)
イタヤカエデ	1 (2.5)	0 (0)	7 (15)	3 (10)	11 (8.2)
ケヤキ	0 (0)	0 (0)	1 (2.5)	10 (30)	11 (6.4)
ウリハダカエデ	4 (7.5)	0 (0)	3 (7.5)	1 (5)	8 (6.4)
イロハモミジ	3 (2.5)	0 (0)	5 (10)	0 (0)	8 (4.5)
コナラ	0 (0)	0 (0)	2 (2.5)	1 (5)	3 (1.8)
カスミザクラ	0 (0)	1 (10)	1 (2.5)	0 (0)	2 (1.8)
カラコギカエデ	0 (0)	0 (0)	2 (5)	0 (0)	1 (0.9)
クリ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	1 (0.9)
コミネカエデ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	1 (0.9)
スギ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	2 (5)	1 (0.9)
イチイ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	1 (0.9)
シラカンバ	0 (0)	0 (0)	0 (0)	1 (5)	1 (0.9)
合計	11 (13)	1 (10)	28 (43)	30 (70)	68 (45)

括弧内は出現頻度 (%) を示す。

た。

上層優占種の被覆率はススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落の3群落で高く、高木性樹木群落が低かった。上層オオヨモギ被度はススキ群落が最も高く、タニウツギ群落と高木性樹木群落で低かった。上層クズ被度は高木性樹木群落で出現が認められず、残りの3群落には違いが認められなかった。中層被覆率と下層被覆率はススキ群落が他の3つの群落よりも高かった。これらの値は、オオイタドリ群落、タニウツギ群落、高木性樹木群落の間で有意差は見られなかった。

2. 4群落タイプにおける出現種数と高木性実生個体数

表2に4群落タイプにおける、全出現種数、草本種の出現種数、木本種の出現種数、小高木および低木種の出現種数、高木種の出現種数、プロット内に出現した高木性樹木の実生個体数のグラフと比較結果を示す。全出現種数は、4群落間で有意差は見ら

表3 4群落タイプの土壌の諸特性

特性値	ススキ群落 n = 34	オオイタドリ群落 n = 10	タニウツギ群落 n = 39	高木性樹木群落 n = 20
リター層厚さ (cm) ***	7.4±3.5 a	8.8±1.7 a	4.6±2.1 b	3.0±0.6 c
第I層厚さ (cm) n.s.	5.2±3.0	4.2±3.7	4.5±1.4	3.9±1.2

***, **, *, n.s は、それぞれ $P < 0.001$, $P < 0.01$, $P < 0.05$, $P > 0.05$ を示す (Kruskal-Wallis 検定)。同じアルファベットが付された値は有意に異なる (Steel-Dwass の多重比較, $P = 0.05$ 水準)。

表4 4群落タイプにおける上位5種のSDR₃値

群落タイプ	上層		中層		下層	
	種名	SDR ₃	種名	SDR ₃	種名	SDR ₃
ススキ群落	ススキ	100	オオヨモギ	79.3	オオヨモギ	65.4
	オオヨモギ	50	クズ	71.2	オカトラノオ	58.6
	クズ	38.7	ヤマブドウ	64.1	サルマメ	54.6
	ヤマブドウ	26	オカトラノオ	60.1	ミツバツチグリ	43.3
	ヤエムグラ	25.1	アオダモ	45.8	クズ	41.3
オオイタドリ群落	オオイタドリ	100	オオヨモギ	94.7	オカトラノオ	81.1
	クズ	43.3	クズ	86	オオヨモギ	68.5
	カエドコロ	39.1	オオイタドリ	48.4	ホウチャクソウ	67
	タニウツギ	38.4	オカトラノオ	47.9	クズ	55.9
	ヤマブドウ	34.4	ススキ	37.3	タチツボスミレ	54.2
タニウツギ群落	タニウツギ	98.8	オオヨモギ	62.3	ヤマブドウ	73.3
	クズ	42	カラコギカエデ	60.2	オカトラノオ	67.5
	ヤマブドウ	40.3	クマイチゴ	57.4	オドリコソウ	58
	オオイタドリ	37.9	イロハモミジ	55.5	ワラビ	55.5
	オニドコロ	29	オカトラノオ	55.2	オオヨモギ	51
高木性樹木群落	ミズナラ	83.4	コナラ	73.5	リョウブ	68.6
	コナラ	76.7	ミズナラ	71.6	オカトラノオ	50.5
	カラマツ	75.7	リョウブ	69.4	クリ	46.7
	クリ	57.9	ススキ	64.7	ミズナラ	44.9
	ウリハダカエデ	56.7	スギ	40.5	ススキ	44.2

れなかった。

草本種の出現種数はススキ群落が最も多く、次いでタニウツギ群落、オオイタドリ群落、高木性樹木群落という結果になった。タニウツギ群落とオオイタドリ群落の間に有意差は見られなかった。木本種の出現種数は、逆に、高木性樹木群落で最も多く、次いでタニウツギ群落、ススキ群落、オオイタドリ群落という結果になった。ススキ群落とオオイタドリ群落の間に有意差は見られなかった。

木本種のうち小高木および低木種の出現種数は、タニウツギ群落で他の3つの群落よりも有意に高いという結果になった。ススキ群落、オオイタドリ群落、高木性樹木群落の間には有意な差は見られなかった。一方、高木種の出現種数は、高木性樹木群落で最も多く、次いでタニウツギ群落、ススキ群落、オオイタドリ群落という結果になった。タニウツギ群落とススキ群落の間で有意な差はなく、ススキ群落とオオイタドリ群落の間でも有意な差は見られなかった。

プロット内に出現した高木性樹木の実生個体数は、高木性樹木群落で最も多く、次いでタニウツギ群落、

オオイタドリ群落、ススキ群落という結果になった。高木性樹木群落とタニウツギ群落の間、タニウツギ群落とオオイタドリ群落の間、オオイタドリ群落とススキ群落の間には有意な差は見られなかった。

高木性木本の実生について表2に樹種、個体数、出現頻度を示す。ススキ群落では、ウリハダカエデが個体数と出現頻度共に最も多かった。オオイタドリ群落ではカスミザクラのみの出現だった。タニウツギ群落では、ミズナラとイタヤカエデが個体数と出現頻度共に最も多かった。高木性樹木群落ではケヤキが個体数と出現頻度共に最も多かった。全プロットの合計で見ると、個体数と出現頻度共に最も多かったのはミズナラであり、次いでイタヤカエデ、ケヤキという順序になった。

3. 4群落タイプにおける更新基質

表3に4群落タイプにおける、リター層の厚さ、第I層の厚さについてのグラフと比較結果を示す。リター層の厚さは、ススキ群落とオオイタドリ群落が高く、次いでタニウツギ群落、最も低いのが高木性樹木群落という結果になった。ススキ群落とオオイタドリ群落の間で有意な差は見られなかった。第

表5 出現種数と高木性木本実生個体数に関するモデル選択結果

モデル	説明変数	草本種 出現種数		木本種 出現種数		高木種 出現種数		高木性木本実生 個体数	
		AIC	r ²	AIC	r ²	AIC	r ²	AIC	r ²
1	更新基質+植生被度	470.4	0.300	355.9	0.454	254.9	0.523	230.1	0.147
2	更新基質	467.5	0.249	369.8	0.336	288.8	0.328	246.7	0.072
3	植生被度	522.1	0.024	426.6	0.174	307.1	0.285	233.1	0.144

説明変数の更新基質にはリター層の厚さと第I層の厚さが、植生被度には上層優占種の被覆率、上層オオヨモギ被度、上層クズ被度および中層被覆率が含まれる。

表6 出現種数と高木性木本実生個体数に関する選択されたモデルの係数

説明変数	草本種		木本種		高木種		高木性木本実生	
リター層厚さ	0.056	***	-0.195	***	-0.292	***	-0.072	n.s
第I層厚さ	-0.023	n.s	-0.001	n.s	-0.101	n.s	0.004	n.s
上層優占種の被覆率	-	-	-0.013	***	-0.019	***	-0.013	n.s
上層オオヨモギ被覆率	-	-	-0.022	*	-0.093	n.s	-0.089	*
上層クズ被覆率	-	-	-0.022	n.s	-0.174	*	-0.154	n.s
中層被覆率	-	-	-0.005	n.s	0.007	n.s	-0.026	n.s

***, **, *, n.s. は、それぞれ $P < 0.001$, $P < 0.01$, $P < 0.05$, $P > 0.05$ を示す。

I層の厚さには群落間の違いが認められなかった。

4. 4 群落タイプにおける種組成

表4に4群落タイプにおける層別の上位5種とそのSDR₃値を示す。上層ではススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落の3群落で優占種が高いSDR₃値をとり1位となった。優占種以外では3群落に共通して、クズとヤマブドウ等の木本性ツル性植物が出現した。ススキ群落ではオオヨモギがSDR₃が50と高い値を示した。高木性樹木群落ではツル性植物は出現せず、上位5種全てが高木性樹木であった。

中層ではススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落の3群落に共通してオオヨモギが1位となった。そのほかにオカトラノオも共通して出現した。ススキ群落とオオイタドリ群落には上層と同様に木本性ツル性植物が出現し、タニウツギ群落はカラコギカエデやクマイチゴ等の小高木、低木が出現した。高木性樹木群落では上層と同様に高木性樹木が多かったが、そのほかに小高木種のリョウブ、草本種のススキも出現した。

下層では4群落全てでオカトラノオが出現した。そのほかにススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落の3群落に共通してオオヨモギと木本性ツル性植物が出現した。高木性樹木群落では中層と同様に高木性樹木とリョウブ、ススキが出現した。

5. 下層の種数および高木性木本の実生個体数の変動要因の抽出

表5に草本種、木本種、高木種の出現種数および高木性木本の実生個体数に関する一般化線形モデル選択の結果を示す。モデル1は更新基質と植生被度

の組み合わせを、モデル2は更新基質を、モデル3は植生被度を説明変数とする。草本種数についてはモデル2の、木本種数、高木種数および高木性木本実生個体数についてはモデル1のAICが最も低かったため、これらを最尤モデルとして採択した。

表6に採択されたモデルの係数を示した。まず、草本種数の決定係数は0.249であった。その変数のうちリター層の厚さが正の効果を示した。次に、木本種数の決定係数は0.454であった。その変数のうちリター層の厚さ、上層優占種の被覆率、上層オオヨモギの被覆率がいずれも負の効果を示した。また、高木種数の決定係数は0.523でもっとも高かった。その変数のうちリター層の厚さ、上層優占種の被覆率、上層クズの被覆率がいずれも負の効果を示した。最後に、高木性実生の決定係数は0.147ときわめて低かった。その変数のうち上層オオヨモギの被覆率のみが負の効果を示した。

考 察

1. 下層の種数および高木性木本の実生個体数の変動要因

本調査地では主要な群落としてススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落、高木性樹木群落の4群落タイプが認められたが、それぞれにおける下層の種組成も草本植物と木本植物で異なるなど多様であった。一般化線形モデルによれば、草本種の種数にはリター層の厚さが正の影響を及ぼしたのに対し、木本および高木種の出現種数にはリター層の厚さと上層優占種の被覆率の両方が負の影響を及ぼしていた。リター層は厚ければ厚いほど植物の発芽に

対して物理的な障害となり負の影響を及ぼし^{12,20,33)}、光環境が悪いと木本の更新や成長を抑制する^{8,9,30,34)}。リター層が厚いこと、被覆率が高く林床の光環境が悪いこと、これらの効果が木本類の更新阻害に働いたと考えられる。ただし、高木性木本の実生個体数については、上層オオヨモギが抑制的に働いた一方で、リター層の効果は得られなかった。種数で両者が負の効果をもたらしていることを考慮すると、実生数に対して種子の散布密度や母樹からの距離など他の要因が相加的に影響している可能性が考えられる。

2. 4 群落タイプの特徴

図3に本研究で対象にした4つの群落タイプの概念図を示した。

ススキ群落はスキー場休業地・跡地でしばしば認められる高茎草本群落である^{14,30,36)}。この群落ではススキの上層被度が最も高かったが、同時に上層のオオヨモギの被度が他の群落と比べて高かった(表1)。ススキ群落は光の透過が大きいため、下層の空間が空きやすく⁶⁾、木本植物の侵入が容易であるとされる³⁰⁾。しかしながら、本調査地におけるススキ群落における木本植物の種数や個体数は大きくなかった。ススキ群落ではオオヨモギが多かったこと、オオヨモギの植被率が高木性木本植物の個体数を減少させること考え合わせると、ススキ群落を透過した光は上層や中層のオオヨモギに利用され、木本植物の更新環境は必ずしも改善されていなかったことが考えられる。

さらに、リター層が厚いこともススキ群落の特徴であった(表1)。ススキは Raunkiaer の生活形による分類の半地中植物に該当する。したがって地上部を全て枯らすので、葉だけでなく茎もリターとし

て積みあがっていく。加えて乾重量の半減期が約8ヶ月であり、分解が遅い⁴⁾。それにより厚く積みあがったリターが、高木性木本の更新に対して負の影響を及ぼしていたと考えられる。このようにススキ群落では、草本植物による被圧およびリター層の堆積によって、木本植物の更新が阻害されていると考えられる。すなわち、本調査地のススキ群落が速やかに高木性木本群落に移移する可能性は低い。

オオイタドリ群落はスキー場休業地・跡地でしばしば認められる高茎草本群落である^{14,36)}。上層優占種であるオオイタドリの被度が他の群落と比べて低かった(表1)。全出現種数に関して有意差はなかったが他の群落より少ない傾向にあった(表1)。このことから、他の群落と比べて多様性の低い群落であると考えられる。オオイタドリ群落は湿地、沼地などの湿潤な土地によく発達する¹⁸⁾。本調査地のオオイタドリ群落では、他の群落と比べてタチツボスミレがよく生育しているが(表4)、スミレ類も湿潤地によく生育する種である⁵⁾。これらの事からオオイタドリ群落は、微地形に対応して水はけが悪く、土壌が湿潤な場所に局所的に発達したと考えられる。

オオイタドリ群落のリター層はススキ群落と同じく厚かった(表1)。オオイタドリの生活形は地中植物であり、ススキと同様に地上部全てを毎年枯らすので、葉と茎がリターとして積みあがる。加えて乾重量の半減期が約1.5年であり、非常に分解が遅い²⁸⁾。高木性木本の更新に対して、ススキ群落と同様の抑制効果が働いている可能性がある。

タニウツギ群落はスキー場休業地・跡地でしばしば認められる低木群落である^{14,36)}。上層優占種であ

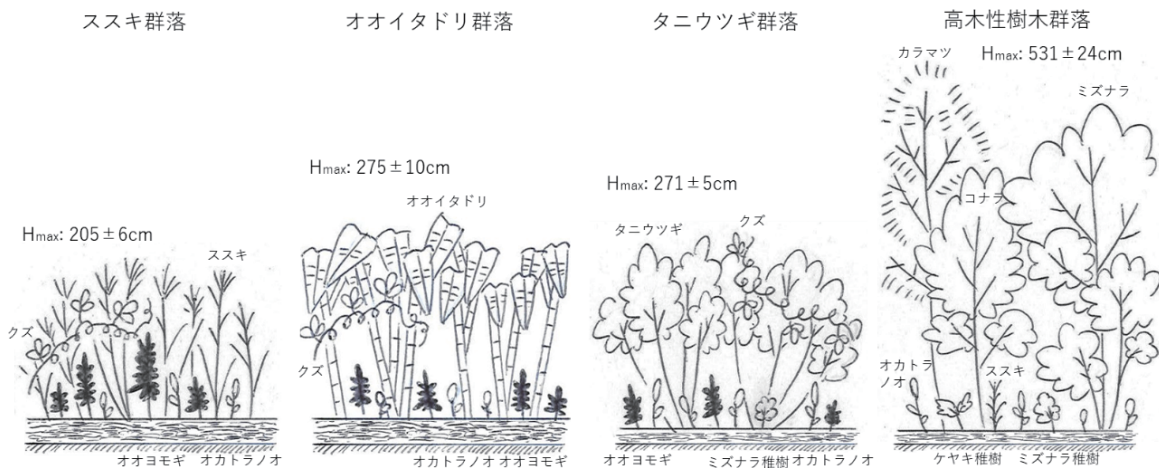


図3 4群落タイプの模式図
数値は、最大群落高の平均値およびその標準偏差を示す。

るタニウツギの上層被度が高い一方で、中層被覆率と下層被覆率はやや低かった(表1)。出現種数は木本種に関して高木性樹木群落の次に多く(表1)、高木性木本の実生に関して出現率が42.5%と高木性樹木群落に次いで高かった(表1)。タニウツギは広葉樹であり、株立ちして多くの葉を密に展葉する。本調査では光環境を測定していないので断定はできないが、上層被覆率がススキ群落と同程度であっても、タニウツギ群落における中層、下層の光環境は厳しいものであると推察される。それによりススキ群落と比べ草本種の侵入が抑制され、一部の木本種も生育している状態にあると考えられる。リター層については、ススキ群落、オオイタドリ群落と比べると薄かったことから、高木性木本の更新を阻害しているのは、主に地上部の被覆率であることが考えられる。

高木性樹木群落も、種の違いはあるが、多くのスキー場跡地で見られる¹⁴⁾。本調査地ではミズナラやクリなどの成熟した天然林の林冠構成種、コナラやカラマツなどの天然性二次林の林冠構成種、およびスギが認められたことから(表4)、周辺林分の影響を強く受けているといえる。

この高木性樹木群落は、群落高が5.3mと著しく高かった一方で、上層被覆率が他の群落と比べて低い群落であった(表1)。しかしながら、中層被覆率と下層被覆率が高くなく、明るいところを好む草本種も見受けられなかったことから(表1,3)、上層からの被圧は弱くなかったと考えられる。種組成を見るとミズナラやコナラなど上層、中層、下層で共通して出現している高木性樹木が多いが、これらは種内のサイズ格差も大きいことから、一斉に更新したものに成長差が生まれたとは考えにくい。一方で、リター層については、高木性樹木群落が4群落中で最も薄かった(図1)。広葉樹と針葉樹で主に構成されており、葉のみがリターとして積みあがっていくことが要因と考えられる。各層に共通して出現する構成種は重力散布型の種子を持つため、根が硬質土壌に到達すれば比較的暗所でも更新が可能である。すなわちリター層が更新阻害要因とならずに、これらの逐次的な更新を可能にしているのかもしれない。

3. 本調査地における森林回復の可能性

本調査地は4つの群落タイプによって構成されていた。その一つに、高木性樹木群落が含まれた。この群落は主に高木性木本によって構成されており、その実生も比較的多く出現していた。すなわち、本調査地において森林回復を進めている群落と位置づ

けられる。しかしその面積割合は全体の約17%であり、現状としては部分的なものに留まっていると評価される。一方で、ススキ群落、オオイタドリ群落、タニウツギ群落においては、高木性木本の更新は少ないことから、森林への遷移は速やかに進行しないと考えられ、その要因として上層からの被圧だけでなくリター層の厚さも挙げられる。

以上のことから、本調査地における速やかな森林回復の可能性は低いと考えられるが、高茎草本が優占していても遷移が進むことにより木本植物が優占するようになったスキー場跡地の研究報告もある^{14,15)}。高木性木本群落はススキ群落の2倍以上の群落高を示していることから、その側方被陰によるススキ群落の衰退を通じて、高木性木本群落が少しずつ拡大する可能性もあるだろう。さらに、本研究で明らかにされた要因が重要であるならば、ススキやオオイタドリの刈り取り等、人為的な除去作業を行うことで、急速な光環境の改善やリター層の分解の促進が期待される。スキー場跡地の植生回復の一例として、今後は実験的な手法も含めて、本調査地における植生の遷移の解明や実効的な制御技術の開発を目指すことが重要になる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、長野県大町市および平地区自治会の方々には、調査地の利用に便宜を図っていただきました。また、長野県林業総合センターの小山泰弘博士には研究計画の段階で有益なご助言をいただきました。信州大学農学部造林学研究室の学生の皆様には調査にご助力いただきました。ここに感謝の意を表します。

なお、本研究の一部は科研費26450222(代表:大矢信次郎)によって実施されました。

引用文献

- 1) 阿部信之・橋本良二(2005)コナラ果実に対する落葉被覆が実生の発生と成長に及ぼす影響. 日緑工誌30(4): 632-638
- 2) 赤井龍男・吉村健次郎・真鍋逸平・上田晋之助・石原成樹(1982)ヒノキ林内におけるスギ直挿苗とヒノキ天然生稚樹および下層植生の生長について. 京大演報54: 53-66
- 3) 馬場多久男(1999)葉でわかる樹木625種の検索. 信濃毎日新聞社, 長野, 396pp.
- 4) 生原喜久雄・相場芳憲・日高壮一(1983)スギ幼齡林内での雑草木の葉の分解と養分動態. 日林誌65(7): 237-242

- 5) 橋本保 (1995) 週刊朝日百科 植物の世界069スミレ・パンジー. 朝日新聞社, 東京, 96pp.
- 6) Hayashi, I., Hisayama, Y., Yamasawa, T. (1981) Structure and functioning of *Miscanthus sinensis* grassland in Sugadaira, Central Japan. *Vegetatio* 48: 17-25
- 7) 林 弥栄 (2013) 野に咲く花 増補改訂新版. 山と溪谷社, 東京, 664pp.
- 8) 石田 仁 (2000) 光環境が温帯林主要樹種の更新樹の分布と伸長成長に及ぼす影響. 富山県林技セ研報13: 1-96
- 9) 石塚森吉・菅原セツ子・金沢洋一 (1988) 林内照度と広葉樹数種の伸長量. 日林北支論36: 48-50
- 10) 岩崎千鶴・大矢信次郎 (2017) スキー場跡地に天然更新したカラマツ林に対する初期整理伐の効果. 長野県林総セ技報 158: 12-15
- 11) 門田裕一 (2013) 山に咲く花 増補改訂新版. 山と溪谷社, 東京, 616pp.
- 12) 川西基博・小松忠敦・崎尾 均・米林 伸 (2008) 溪畔域のスギ人工林における間伐とリター除去が植物の定着に及ぼす影響. 日林誌90(1): 55-60
- 13) 気象庁 (2018) 各種データ・資料 <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2019年1月13日閲覧)
- 14) 小山桂子・小林 詢 (2000) 放置されたスキー場における植生変化. 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績37: 1-22
- 15) 小山泰弘 (2006) 長野県における休廃止スキー場の実態とその後の植生変化. 信濃 [第3次] 58(4): 299-312
- 16) 小山泰弘・小山桂子 (2002) 放置されたスキー場における20年間の植生変化. 信州大学教育学部附属志賀自然教育研究施設研究業績39: 1-6
- 17) Kubota, H. and Shimano, K. (2010) Effects of ski resort management on vegetation. *Landscape Ecol. Eng.* 6:61-74
- 18) Kudo, G. and Ito, K. (1988) Rhizome development of *Phragmites australis* in a reed community. *Ecol. Res.* 3: 239-252
- 19) 呉羽正昭 (2014) 日本におけるスキー場の閉鎖・休業にみられる地域的傾向. スキー研究11: 27-42
- 20) 真鍋 徹・山本進一・千葉喬三 (1991) 攪乱跡地におけるヒサカキ (*Eurya japonica*) の実生定着と萌芽再生. 日緑工誌 27(1): 27-36
- 21) 箕口秀夫・丸山幸平 (1984) プナ林の生態学的研究 (X X X V I) 豊作年の堅果の発達とその動態. 日林誌66(8): 320-327
- 22) 中村 徹 (1984) スキー場の植生と土壤 I. 札幌手稲スキー場の場合. 日草誌29(4): 331-340
- 23) 中村 徹・石川 優 (1984) スキー場植生と土壤 II. 水上宝台樹スキー場の場合. 日草誌29: 341-349
- 24) 中村 徹・石井秀樹・山田孝雄・雨宮礼一 (1985) 新潟県長岡市営スキー場の植生と土壤および今後の植生管理. 造園雑誌 48: 181-185
- 25) 沼田 真 (1969) 図説 植物生態学. 朝倉書店, 東京, 286pp.
- 26) 小笠原繁男・倉橋昭夫・宮森吉次・濱谷稔夫 (1982) エゾマツ・トドマツの天然更新に関する研究: 土壤条件の異なる発芽床と種子の発芽. 日林北支30: 76-78
- 27) 小川恭男・福田栄紀・岡本恭二 (1989) 落葉広葉樹伐採跡地のリター層がオーチャードグラス (*Dactylis glomerata* L.) の定着および越冬性に及ぼす影響 日草誌35(2): 127-133
- 28) 大原久友・吉田則人・張楠基 (1971) 草地生態系における生産および分解の平衡: I. エネルギーの蓄積ならびに落葉の生産と分解. 日草誌17(1): 7-18
- 29) 大塚孝一 (2004) 信州のシダ. ほおずき書籍, 長野, 194pp.
- 30) Saito, I.T. (2012) *Miscanthus sinensis* community as an indicator for forecasting tree regeneration on abandoned ski slopes in the lowland of Hokkaido, northern Japan. *Veg. Sci.* 29: 41-48
- 31) 桜井尚武・斎藤勝郎 (1983) ミズナラ稚樹の成立過程に冠する研究(I)落下種子の消失とその要因について. 日林論94: 363-364
- 32) 佐藤嘉展・熊谷朝臣・小川 滋 (1999) リター層による雨水遮断と土壤蒸発抑制. 日林誌81(3): 250-253
- 33) Sydes, C. & Grime, J.P. (1981) Effects of tree leaf litter on herbaceous vegetation in deciduous woodland: I. Field investigations. *Journal of ecology* 69(1): 237-248
- 34) 田中貞雄・竹岡政治 (1975) ヒノキ林天然更新の基礎試験 I: 稚樹の発生および消失. 京都府立大学学術報告. 農学27: 59-66
- 35) 谷本丈夫 (1994) プナ林の復元・再生技術に関する基礎的研究(1). 宇大演報30: 1-18
- 36) 露崎史朗 (1991) 北海道におけるスキー場植生の現状と推移・地表改変-播種により造成維持されている場合-. 日生態誌41: 83-91
- 37) 露崎史朗 (1999) 北海道におけるスキー場植生の現状と問題点. 日生態誌49: 265-268

A difficulty of ski slope reforestation with the tall grass community

Chizuru IWASAKI *, Tetsuo SHIROTA **, Tetsuo OKANO ** and Shinjiro OYA ***

*Graduate School of Science and Technology, Shinshu University

**Faculty of Agriculture, Shinshu University

***Forestry Research Center, Nagano Prefecture

Summary

A Ski slope should be reforested after its suspension of operations from the views of the environmental and landscape conservations. In this study, we discussed the potential of forest recovery based on the survey of vegetation structure on San Alpina Ski Slope in Omachi City, Nagano Prefecture, which operation was suspended in 2009. The ski slope was mainly consisted of communities of *Miscanthus sinensis* (37%), *Fallopia sachalinensis* (5%), *Weigela hortensis* (32%), and the tall tree species (17%). Although the tall tree community will be grow up to forest stand, its occupation was not large. Additionally, there were few seedlings of tall tree species in the *M.sinensis* and *F.sachalinensis* community. GLM analysis revealed that the high vegetation coverage and thick litter layer constrain seedling establishment. It is concluded that the reforestation is not easy on the ski slope with *M.sinensis* and *F.sachalinensis* community.

Keywords: regeneration of woody plants, topsoil removal, vegetation coverage, litter thickness