

針広混交林造成に向けた更新技術の開発

小山泰弘 山内仁人

長野県内の針葉樹林で林床植生を調べたところ、アカマツ及びカラマツ林分では収量比数と関係なく林床植生が発達し、ササ地などの一部を除いて後継樹となる高木性広葉樹が成立していた。しかし、スギ及びヒノキ林分では、林床植生が少なく、高木性広葉樹の発生本数が少なかった。長野市のスギ人工林で、林床植生内への高木性広葉樹の侵入状況を調べたところ、近接する広葉樹林からの距離に依存して、50m以上離れると急激に減少していた。広葉樹林に隣接するが林床植生が欠落していた高森町のヒノキ過密人工林で、間伐強度を変えた間伐を行ったところ、間伐強度が高いほど実生稚樹は発生したが、その発生量は1,000本/haと少なかった。塩尻市榑川にある32年生のヒノキ林で、施業履歴と高木性広葉樹の定着条件の関係を調べたところ、林冠閉鎖前に高木性広葉樹が侵入定着していた場合のみ、高木性広葉樹が混交していた。塩尻市の林業総合センター構内の林床植生が欠落した18年生スギ林、ヒノキ林で3残1伐の列状間伐を実施したところ、間伐列では、光環境の改善により林床植生が発生したが、高木性広葉樹の発生は認められなかった。

キーワード： 針葉樹人工林、針広混交林、侵入広葉樹、発生要因

1 はじめに

1.1 研究の背景

森林管理の目標が、木材生産から災害防止や水源涵養機能など公益的機能を高めることへと比重が変化する中で、広葉樹への関心が高まってきた。長野県は、2005年に策定した「長野県ふるさとの森林づくり条例」に基づいて定めた森林づくり指針の中で、22世紀に目指すべき森林の姿として、森林の持つ多面的な機能が持続的に発揮できるように、針葉樹林、広葉樹林、針広混交林をバランス良く配置することとしている。そのため、現行の針葉樹人工林の一部は、強度間伐を進めて針広混交林化を図っている（長野県 2005a）。

しかし、針葉樹人工林の施業体系では、林床から発生した前生樹などに由来する広葉樹を下刈りや除伐で除去しながら、針葉樹を育成してきたことから、広葉樹を活かす施業の検討は、これまで行われていなかった。

そこで、長野県では針広混交林化を進める最初のステップとして、将来残すべき高木性広葉樹と目標林型の一端を提示した針広混交林施業指針（長野県 2005b）を策定したが、施業体系の整備に向けた研究事例は県内では少なく、課題が多い。

1.2 研究の目的

針葉樹人工林において、林床にある高木性広葉樹などを育成し、針広混交林へ誘導するためには、針葉樹林内に成立する高木性広葉樹の実態を把握するとともに、間伐などの施業による林床植生の発達程度を明らかにすることが必要である。

そこで、本研究では、針葉樹人工林内における高木性広葉樹の発生の善し悪しを、上木の樹種や林分構造、地形条件などから判断した。また、林床に更新樹となる高木性広葉樹が存在しない林分で間伐等の施業を実施することで、高木性広葉樹の発生誘導が可能になるかどうかを調査し、針広混交林造成に向けた更新技術を確立させることを目的とする。

なお、本研究は国庫補助情報活動システム化事業（平成17～21年度）により実施し、成果の一部はカラマツ林業研究会（小山ら 2006）、総合地球環境研究所プロジェクト報告会（小山 2010）で報告した。

2 針葉樹人工林内の高木性広葉樹発生状況

2.1 目的

針葉樹人工林を強度間伐した際に、林床に高木性広葉樹稚樹が発生するのであれば、針広混交林を造成するための広葉樹植栽は不要となり、より効率的な針広混交林造成が可能となる。

これまでの研究では、長野県中部の収量比数が高い過密アカマツ林では、林床植生が繁茂し、高木性広葉樹も認められた(近藤・小山 2004)。カラマツ林では、間伐後2年から5年が経過すると、林床植生が繁茂する(近藤・小山 2006)ことが明らかになっている。しかし、スギ林やヒノキ林では、林床植生の状況は明らかではなく、アカマツ林及びカラマツ林でも林床にみられる高木性広葉樹の実際の発生本数などは確認されていない。

そこで、本章では長野県内に見られる針葉樹人工林の代表樹種であるカラマツ、アカマツ、スギ、ヒノキの4樹種を主な調査対象として、針葉樹林の混み具合と、林床の植被率及び林内の高木性広葉樹それぞれとの関係を整理した。また、その他の針葉樹林として、長野県内において植栽事例はあるが、施業体系等が整備されていないドイツトウヒ林についても一部調査を行った。

2.2 方法

調査は、間伐直後の林分を除いた20年生から60年生程度の針葉樹林を対象とした。県下のほぼ全域のカラマツ58林分、アカマツ27林分、スギ28林分、ヒノキ28林分を調査林分とした(表2-1)。なお、県内の高標高地で植栽する事例があるドイツトウヒについては、上田市及び松本市で調査を行った。

現地では、林縁部を除く林分の標準的な場所で10×10mの方形区を設定して毎木調査を行い、林分構造を把握した。また、林床植生の植

被率及び優占種を調査するとともに、樹高50cm以上の高木性広葉樹について、樹種ごとの発生本数を調査した。なお、樹高が高い場合や林分構造が複雑な場合は、方形枠を拡大させて林分構造を把握した。

林分構造調査の結果を、それぞれの樹種ごとの密度管理図にあてはめて、各林分の収量比数を求めた。ここで得られた収量比数と、林床植生の植被率及び林床に発生した高木性広葉樹の発生本数それぞれとの関係を整理した。

2.3 結果及び考察

2.3.1 カラマツ林

カラマツ林の調査は、松本市、上田市、川上村、大町市、栄村など合計58林分で行った(表2-1)。

上層木であるカラマツの収量比数と、林床植被率の関係では、図2-1のように収量比数が高くなっても林床の植被率が低下することはなく、収量比数0.8を上回る過密林分でも75%以上の高い植被率を有する林分が多かった。

また、カラマツ林の収量比数と、林内に認められた高木性広葉樹の発生本数の関係をみると、立木密度が高い林分であっても高木性広葉樹が多く認められる林分が存在していた(図2-2)。

調査した58林分のうち、高木性広葉樹の発生本数が300本/haを下回るような林分は、10林分であった(図2-2)。これらの林分では、林床にササが繁茂しているか、ウリノキなどの低木性樹種が広く優占し繁茂した場合が多かった。

ササ類の繁茂により、広葉樹稚樹の成長に影響を与える事例は、秋田県のスギ林(和田ら2009)、北海道のカラマツ林での調査事例(花田ら2006)があり、ヒノキの天然更新においても、ササが重大な阻害要因となる(森澤ら2010)ことが指摘されている。長野県内のカラマツ林でもササの植被率が多い場合に更新が困難にな

表 2-1 樹種別の高木性広葉樹発生調査箇所数

地区	該当地方事務所	カラマツ	アカマツ	スギ	ヒノキ	ドイツトウヒ	小計
東信	佐久・上小	18	0	0	0	1	19
南信	諏訪・上伊那・下伊那	4	0	7	15	0	26
中信	木曾・松本・北安曇	19	19	7	12	3	60
北信	長野・北信	17	8	25	1	0	51
	計	58	27	39	28	4	156

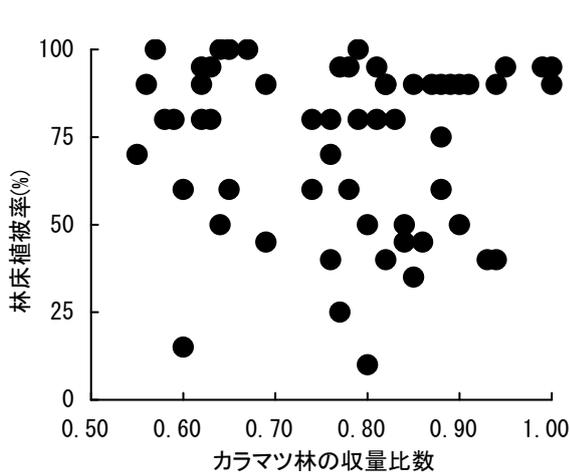


図 2-1 カラマツ林の収量比数と林床植被率

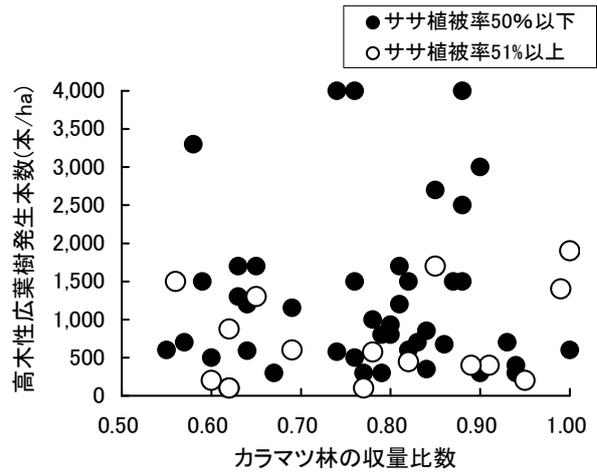


図 2-2 カラマツ林の収量比数と高木性広葉樹発生本数

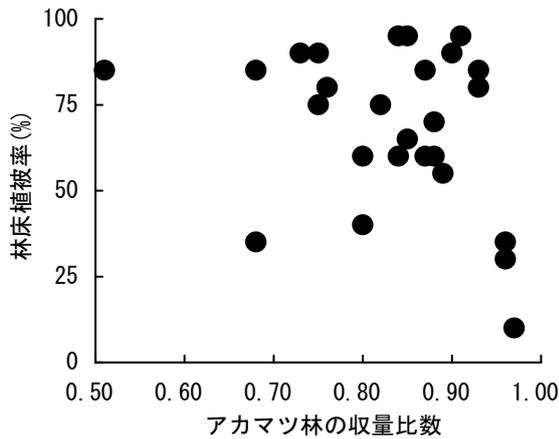


図 2-3 アカマツ林の収量比数と林床植被率

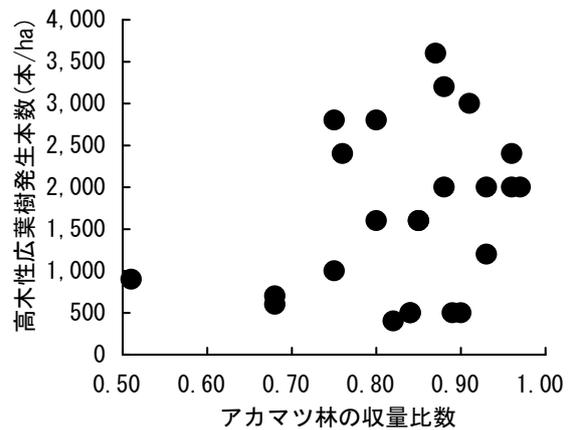


図 2-4 アカマツ林の収量比数と高木性広葉樹発生本数

っていた(図 2-2)ことで、ササの存在は高木性広葉樹の発生に支障となることが改めて確認された。

以上の結果から、カラマツ林では、ササ地のような一部を除き、収量比数が高い過密林分であっても高木性広葉樹の発生本数が多いと判断できた。

2.3.2 アカマツ林

アカマツ林の調査は、塩尻市、筑北村、長野市など合計 27 林分で行った(表 2-1)。

上層木であるアカマツの収量比数と、林床植被率の関係では、図 2-3 のように収量比数が 0.95 を上回るような非常に過密と言えるよう

な林分でなければ、林床植被率が 50%以下になることは少なかった。

アカマツ林の収量比数と、林内に認められた高木性広葉樹の発生本数の関係では、図 2-4 のようにすべての林分で高木性広葉樹が 500 本/ha 以上存在しており、収量比数が 0.90 を上回るような過密林分であっても高木性広葉樹が 2,000 本/ha 以上混交している事例の方が多かった。

2.3.3 スギ林

スギ林の調査は、天龍村、大町市、飯山市、栄村など合計 39 林分で行った(表 2-1)。

上層木であるスギの収量比数と、林床植被率

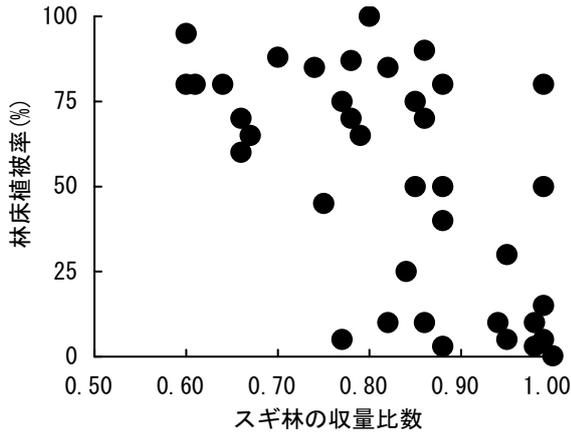


図 2-5 スギ林の収量比数と林床植被率

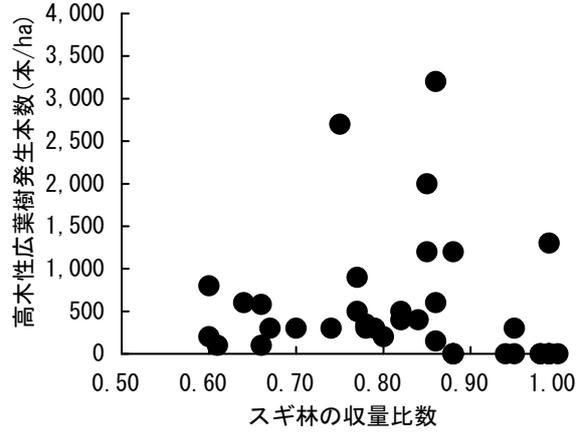


図 2-6 スギ林の収量比数と高木性広葉樹発生本数

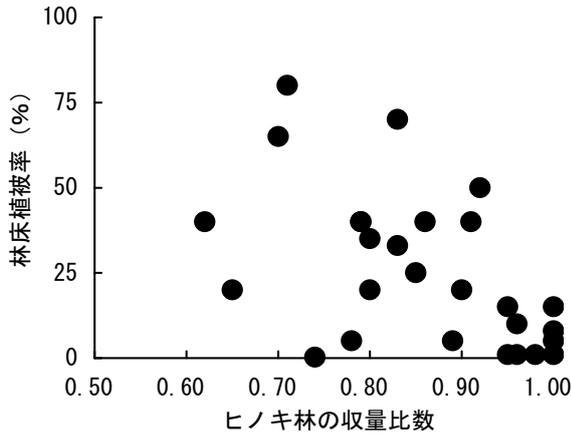


図 2-7 ヒノキ林の収量比数と林床植被率

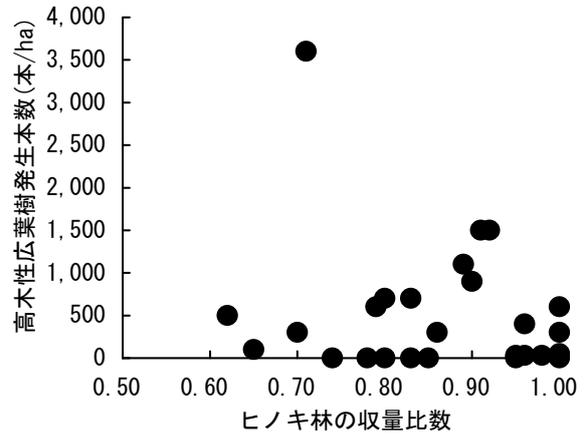


図 2-8 ヒノキ林の収量比数と高木性広葉樹発生本数

の関係では、図 2-5 のように林床植被率が 10% 以下になる林床植生が失われた林分は、収量比数が 0.80 を上回る過密林分となっていることが多かった。加えて、収量比数が 0.90 を上回ると、下層植生が繁茂した林分が少なくなった。

スギ林の収量比数と、林内に認められた高木性広葉樹の発生本数の関係は、図 2-6 のように収量比数が 0.60 程度と低い林分でも高木性広葉樹の発生本数は少なく、全体の中で 1,000 本/ha を上回るような林分は、39 林分中 6 林分と少なかった。また、収量比数 0.80 以上の過密林分 (23 林分) のうち 11 林分は、高木性広葉樹が認められなかった。

2.3.4 ヒノキ林

ヒノキ林の調査は、天龍村、喬木村、南木曾町、大町市など合計 28 林分で行った (表 2-1)。

上層木であるヒノキの収量比数と、林床植被率の関係では、図 2-7 のように林床の植被率が 50% を上回る林分は少なく、半数以上が 25% 以下で、林床植生は発達していなかった。植被率は、収量比数が高くなるに従って低下し、収量比数が 0.80 を超えると 50% 以下に、0.90 を超えると 25% 以下となった。

ヒノキ林の林内に認められた高木性広葉樹の発生本数は、どの林分でも少なく、大半が 500 本/ha 以下だった (図 2-8)。長野県針広混交林施業指針 (長野県 2005b) では、下層広葉樹本数

表 2-2 ドイツトウヒ林の調査結果

市町村名	調査地名	樹高(m)	平均DBH (cm)	成立本数 (本/ha)	林床植 被率(%)	高木性広 葉樹本数 (本/ha)	主な高木性広葉樹
上田	真田	18.5	39.2	300	30	4,100	ミズナラ
松本	山辺1	14.6	19.8	900	0	200	クリ
松本	山辺2	15.8	25.0	800	0	0	なし
松本	山辺3	16.0	21.5	900	1	0	なし

が 1,000 本/ha を下回らないような管理が望ましいとされており、この条件に合致する林分は 28 林分中 5 林分しかなかった。一方で、高木性広葉樹が認められなかった林分は、収量比数 0.74 から 1.00 の間に 11 林分あった。なお、林床に高木性広葉樹が 3,000 本/ha 以上存在していた林分は、大田市八坂にあった 32 年生のヒノキ林で、過去に除間伐を行った痕跡がない不成熟造林地と考えられた。

2.3.5 ドイツトウヒ林

ドイツトウヒ林の調査は、松本市の 3 林分と上田市の 1 林分で行った(表 2-2)。

ドイツトウヒについては、施業体系が確立していないため、収量比数の算出ができないことから、収量比数との関係は示せないが、松本市の調査地は 3 か所とも林冠が完全に閉鎖されており、暗い状態だった。このため、林床の植被率も低く、林内に認められた高木性広葉樹も少なかった。一方、上田市真田の調査地は、数年前に強度な間伐を行った間伐跡地と推定され、林内に大量の切り捨て間伐木が山積されていた。林内の高木性広葉樹は、林内で様には分布せず、間伐により小面積のギャップが生じた地点でのみ確認された。

2.4 まとめ

長野県内で植栽されることが多い主要針葉樹 4 種(ヒノキ、カラマツ、アカマツ、スギ)を対象として、針葉樹人工林の林分状況と林床植被率の関係を調べたところ、アカマツ及びカラマツでは、どのような林分でも植被率が高く、林床植生が発達していた。一方、スギ林では、収量比数 0.80 を超える過密林分で植被率が 10%以下になることがあり、ヒノキ林では収量比数が高くなるほど植被率が低下し、収量比数 0.80 を超える過密林分では植被率 25%以下と

なる事例がほとんどだった。

高木性広葉樹の発生状況を樹種別に比較すると、アカマツ林とカラマツ林では、ササ地などの一部を除いて高木性広葉樹が成立しており、補植等が不要と考えられる 1,000 本/ha を超える林分も多かった。一方、スギ林とヒノキ林では、収量比数が低い林分であっても高木性広葉樹の発生本数が少なく、現状のままでは補植等が不可欠と考えられた。

3 広葉樹林からの距離と高木性広葉樹の侵入状況

3.1 目的

2章で、スギ林とヒノキ林では、林内に高木性広葉樹があまり発達していないことが判明した。ヒノキとスギを比較すると、ヒノキ林では、どの林分であっても高木性広葉樹の発生本数が少なかった(図 2-8)が、スギ林では、収量比数が高い一部の林分で、高木性広葉樹が多く発生していた(図 2-6)。

スギ林に広葉樹が侵入した事例としては、不成績造林地では多くの事例が報告されていた(和田ら 2009、小谷 1990、横井・山口 1998 など)。スギ林に混交する広葉樹は、鳥や風によって種子が散布され、埋土種子として長年に生存できる樹種が多いことが指摘されている(長谷川・平 2000)。また、秋田県のスギ林で多く出現した広葉樹としては、ミズキやコシアブラ、ホオノキなど鳥散布型で埋土種子を形成する樹種が多い(和田ら 2009)ことが明らかになっている。

これらのことから、針葉樹林で高木性広葉樹が侵入するためには、母樹となる高木性広葉樹が、林分内又は林分周辺に存在することが重要であると考えられる。そこで、収量比数にかかわらず林内に高木性広葉樹が多く発生していた林分がみられたスギ林を対象として、高木性広葉樹の侵入可能な条件を検討するため、周辺の広葉樹林との距離に注目して調査を行った。

なお、広葉樹林からの距離以外の要因についても検証するため、同一地域内で、間伐方法が異なっているスギ林が混在している地域で、林分構造と高木性広葉樹の発生状況を調査した。

3.2 方法

調査地域は、スギの人工林が広範囲に成立し、広葉樹林が点在している長野市松代町西条地区を対象とした。当地は、ほぼ全山がスギの人工林で占められた人工林率の高い地域で、広葉樹は小面積で点在している。

調査地は、近接する広葉樹林からの距離が異なる7か所のスギ人工林とした(表 3-1)。

調査は、林縁から30m離れた林内を中心として20×20mの方形区を設け、スギ(上木)の毎木調査を行うとともに、方形区の中央10×10mの範囲では、樹高1~5mの範囲にある高木性広葉

樹の発生本数と種類を記録した。

3.3 結果と考察

調査した7か所のスギ林は、収量比数で0.78から0.98の過密林分が多かった。しかし、高木性広葉樹の発生本数を見ると、全く見られない林分から2,000本/haが認められた林分まで様々だった(表 3-1)。

方形区内に発生した高木性広葉樹は、クリ、コナラ、ホオノキ、コシアブラ、ウワミズザクラ、シナノキの6種類だった。このうち、発生本数が多かったのは、クリ、ホオノキ、コシアブラ、ウワミズザクラの4種類だった。

この4種のうち、ホオノキ、コシアブラ、ウワミズザクラの3種類は鳥散布型の種子で、全国各地の冷温帯地域におけるスギ人工林に侵入する広葉樹として報告されていた(和田ら 2009、横井・山口 1998、小谷 1990、杉田ら 2007)。そこで、高木性広葉樹の発生本数と、方形区から最も近い広葉樹林までの距離との関係をみると、広葉樹林からの距離が50mを超えなければ、高木性広葉樹が発生していたが、それ以上離れると広葉樹の発生はほとんど認められなかった(図 3-1)。これまでの研究では、鳥による種子散布は広葉樹林から100m程度離れた林内までは、ランダムに散布される(平田ら 2006)ものの、母樹からの距離が離れるほど散布される種子数が少なくなる(榊原 1989)と言われており、今回の結果もそれと同様の傾向が見られた。

また、高木性広葉樹として多く認められたクリは、重力散布型の種子であるが、発生本数が多かった調査区3と調査区6では、30mほど離れた斜面上部に、母樹となるクリの成木が認められたことから、斜面上部からの散布されたクリが発生したと思われた。

一方、収量比数と広葉樹の発生本数を見ても収量比数0.85の林分で高木性広葉樹の発生本数が多く、それ以上でもそれ以下でも高木性広葉樹の発生本数が少なかった(表 3-1)。収量比数の高い林分で、高木性広葉樹の発生本数が少ないことは前章の指摘と一致しているが、収量比数が低い林分で、高木性広葉樹の発生本数が多くなるような傾向は観察できなかった。

また、最も多くの高木性広葉樹が認められた調査区3は、3残1伐の列状間伐を行っていた林分で、クリは主に伐採列上に認められた。列

状間伐は、一定幅の伐採列ができるため、伐採列の周辺では光環境が改善される（荒上・汰木 1988）ことから、高木性広葉樹の発生が促される可能性が高い。今回の調査では、3残1伐の列状間伐実施林分を5か所調査したが、同じ方法で列状間伐を行ったにもかかわらず、林分内に高木性広葉樹が発生していない場合もあり

（表 3-1）、列状間伐を行いさえすれば、高木性広葉樹が発生するわけではなかった。

これらのことをあわせて考えると、スギ林で高木性広葉樹を林床に誘導するためには、鳥散布又は重力散布型の種子が供給されることが重要であり、このための条件は近接して広葉樹が存在することが必要だった。

表 3-1 調査地の概要及び調査結果

1. 調査区の概況							
調査区	1	2	3	4	5	6	7
林班名	104-ロ-4	104-ロ-5	103-イ-9ロ	103-イ-6イ	103-イ-5イ	103-イ-5イ	105-ロ-3
標高	963	970	1,012	1,010	1,060	1,075	1,082
方位	NW	NW	NW	NE	N	N	NE
傾斜	25	25	30	20	15	10	25
2. 上層木							
植栽樹種	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ	スギ
施業	列状間伐	除間伐のみ	列状間伐	無施業	列状間伐	列状間伐	列状間伐
成立本数 (本/ha)	1,250	1,600	1,200	2,500	750	750	1,000
樹高(m)	24	24	23	22	27	27	27
胸高直径(cm)	25	26	24	20	32	32	30
収量比数	0.88	0.94	0.85	0.98	0.78	0.78	0.86
3. 林床植生							
植生高(cm)	120	50	300	90	300	300	400
植被率(%)	40	10	75	3	87	70	90
構成種 (数字は被度%)	アブラチャン(18) ミツハウツギ(7) ヒトリスカ(7) ムラサキシキブ(5)	オシダ(3) クマラビ(2) ホソバナライシダ(3)	クリ(25) アブラチャン(23) リョウブ(10) コシアブラ(7) ミヤマウグイスカグラ(7) ガマズミ(6) コナラ(5)	アブラチャン(2) タニウツギ(1)	アブラチャン(28) キブシ(28) オシダ(23) コシアブラ(5) クマイザサ(5) ウミスズクラ(3)	アブラチャン(20) オシダ(20) キブシ(10) ツノハシバミ(5) クリ(4) コナラ(3)	アブラチャン(50) キブシ(25) シナノキ(10) ウリノキ(9) オシダ(5) イワガラミ(5)
4. 林内の高木性広葉樹発生状況							
主な種類	なし	なし	クリ・コナラ・コシアブラ	なし	コシアブラ・ウミスズクラ・ホオノキ	クリ・コナラ	シナノキ・ホオノキ
成立本数 (本/ha)	0	0	2,000	0	300	350	150
平均樹高(m)	0	0	4	0	3	3	2
近接広葉樹林との距離	150	200	30	120	50mだが、隣接して成木点在	50mだが、隣接して成木点在	100

調査地は長野松代町西条地区のスギ人工林である。

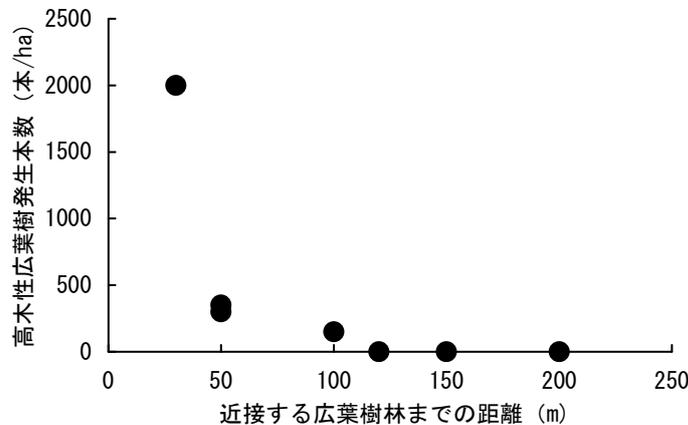


図 3-1 近接する広葉樹林までの距離とスギ林内に見られた高木性広葉樹の発生本数

4 過密ヒノキ林での施業効果

4.1 目的

2章の調査で、ヒノキ人工林では高木性広葉樹の発生本数が少ない林分が多かった。ヒノキ人工林では間伐を行うことで植生回復が図られる場合があるが、間伐前に林床植生が失われている場合には、通常の間伐程度では林床植生の発達が見込めない(横井ら 2008)とされている。

こうしたことから、林床植生が失われたヒノキ人工林では、強度な間伐を行って光環境を一気に改善することが重要であるが、高木性広葉樹の稚樹が発生するかどうかは不明である。

一方、ヒノキと同様に林内に高木性広葉樹の発生本数が少ないことが多いスギ林では、広葉樹林からの距離が近ければ、高木性広葉樹が発生する可能性が高いことを3章で示した。

そこで、広葉樹林に隣接し、林床植生の失われたヒノキ林で間伐率と間伐方法が異なる施業を行い、スギでみられたように隣接林分の高木性広葉樹を母樹として、更新稚樹を誘導できるかどうかを検討した。

4.2 方法

試験は、下伊那郡高森町の41年生ヒノキ人工林に設定した過密人工林の間伐試験地(大矢・近藤 2011)を利用した(表 4-1)。試験地の周囲は、コナラやカスミザクラ、ウリハダカエデなどの高木性広葉樹が多く混交するアカマツ林となっていた。

当地は、高森町の町有林であるが、林内には切り株などの痕跡もなく、町にも施業の記録がなかったことから、除間伐などの施業は行われていないと判断された。間伐前の試験地は、収量比数が0.96と過密状態にあり、林内には枯死木も発生していた。このため、林床は非常に暗

く、林床植生はほぼ皆無の状況だった。

試験は、2009年1月に材積間伐率40%の強度間伐(以下、強度間伐区)、材積間伐率20%の普通間伐(以下、普通間伐区)、3残1伐の列状間伐(以下、列状間伐区)の3種類の間伐を行い、その他に未施業の対照区を設定した。なお、強度間伐区と普通間伐区の間伐方法は、小径木や不良木を優先する間伐を行ったため、普通間伐区では下層間伐であったが、強度間伐区では上層にも間伐が及んだ。試験区の本数間伐率は、強度間伐区が55%、普通間伐区が33%だった。

間伐直後の2009年7月と翌年の2010年7月に林床に発生した稚樹の発生状況を調べるため、林縁から試験区を超えて対岸の林縁へと結ぶ2m幅の帯を、調査林内全域でランダムに10本設定し、その帯枠内に発生した高木性広葉樹を調査した。あわせて、試験区のほぼ中央部で2×2mの方形区を10か所設置し、枠内の植生調査により植被率を算出した。

また、母樹となる広葉樹が混交する周囲のアカマツ林内で、稚樹の発生状況を同様の方法で調査した。

4.3 結果と考察

間伐直後の2009年7月における実生稚樹の発生状況は、表 4-2 に示すように間伐率が高いほど、コナラ及びウリハダカエデなどの高木性広葉樹の実生稚樹が確認できた。しかし、実生稚樹の発生数を見ると、最も間伐強度の高い強度間伐区(本数間伐率55%)でも1,000本/haに留まっていた。

さらに林床の植被率は、隣接するアカマツ林が60%あったのに対して、試験区は、高くても2.5%にとどまっており、間伐直後には植生回復

表 4-1 高森ヒノキ人工林試験地の概要

試験地名	林班名	標高	林齢	試験区	成立本数(本/ha)		本数間伐率(%)	収量比数		上層樹高(m)	平均胸高直径(cm)
					間伐前	間伐後		間伐前	間伐後		
高森	34林班へ 小班8	950m	41	強度間伐	2,130	950	55.4	1.00	0.80	20.1	18.8
				普通間伐	1,960	1,300	33.7	0.96	0.86	19.1	19.1
				列状間伐	2,127	1,564	26.5	0.98	0.91	19.1	17.9
				無間伐	1,870	—	0	0.95	—	19.1	19.4

林齢、上層樹高、平均胸高直径は試験区設定直後(2009年1月現在)の数値である。

表 4-2 高森ヒノキ人工林試験地における間伐直後の林床植生

試験区	林縁からの平均距離(m)	調査面積合計(m ²)	高木性広葉樹実生稚樹発生本数(本/m ²)	平均植被率(%)
強度間伐区	30.1	358	1,089	2.5
列状間伐区*	35.0	96	104	2.1
普通間伐区	30.8	260	231	0.6
対照区	32.3	360	56	1.0
隣接アカマツ林	-	360	1,194	60.0

* 列状間伐区は伐採列のみ調査

表 4-3 高森ヒノキ人工林試験地における間伐翌年の林床植生

試験区	調査面積合計(m ²)	高木性広葉樹実生稚樹発生本数(本/ha)	平均植被率(%)
強度間伐区	238	1,723	12.9
列状間伐区*	202	149	10.3
普通間伐区	342	789	4.8
対照区	276	399	7.9
隣接アカマツ林	306	1,471	55.7

* 列状間伐区は伐採列のみ調査

効果が得られなかった。

そのため、間伐翌年に当たる 2010 年 7 月まで調査を継続させたところ、高木性広葉樹の発生本数は 150~1,700 本/ha で、新たな実生が発生し、前年よりも高木性広葉樹の発生量は増加していた(表 4-3)。間伐翌年の高木性広葉樹発生量は、間伐区だけでなく対照区でも増加しており、列状間伐区よりも多かった。対照区で多く発生した実生はコナラだったが、対照区で発生していたコナラは、1 か所でまとまって発生していたことから、哺乳類などの動物散布の影響(箕口 1996) が考えられた。

それでも、間伐翌年までの実生稚樹の樹高は、平均して 5 cm 程度と極めて低く、発生本数も最大で 1,700 本/ha しか見られなかったことから、混交林への誘導に充分とは言えなかった。

一方、林床の植被率は、間伐初年に比べて、間伐翌年に上昇しており、強度間伐区と列状間伐区の伐採列上では 10% を超えた。このことから、いったん消失した林床植生は、強度な間伐により回復する可能性が示唆された。また、実生の発生数が昨年よりも増加したことから、今後も発生数が増加する可能性はあり、今後も継続して調査を進めていく必要があると思われる。

また、ヒノキ人工林の林床に発生した植物種は、ヒノキの根などに寄生しながら自らも光合成活動を行う半寄生植物のツクバネが多く、隣接するアカマツ林に多く見られたリョウブやヤマウルシはほとんど見られなかった。

アカマツ林に多く認められたリョウブやヤマウルシは、埋土種子になることが知られている。埋土種子起源の種子は、光環境が改善すれば、すぐに発生する(川西ら 2006) ことが知られているが、今回の試験地では埋土種子起源と言われるような樹木の実生は発生しなかった。

埋土種子としての寿命は、ヤマウルシで 10 年程度と言われるもののリョウブはわからない(小沢 1958)。試験地のヒノキ林は、41 年生で樹高が 20m 近くあることを考えると、収穫予想表(長野県 1984) から 20 年生時には既に樹高が 10m を超え、林冠閉鎖が完了していたと推定される。本試験地は、少なくとも 20 年以上は林冠が閉鎖された状態が維持されてきたため、埋土種子があったとしても、両種ともに発芽能力を失ったと考えられた。一方、間伐翌年までの結果では、鳥散布による種子供給も見られなかった。既往の研究では、広葉樹林から 100m 程度離れた林内まで鳥散布種子が認められており(平田ら 2006)、試験地周辺では、果実食性鳥類として知られているヒヨドリやヤマガラ(平田ら 2006) が、観察されている。アカマツ林内には鳥散布の種子源となるウワミズザクラなどの種子が観察されたが、林内での発芽にはつながらなかった。

この原因は不明であるため、トラップの設置などを行って、ヒノキ林で鳥による種子散布が行われているかどうかを確かめる必要がある。

5 施業履歴の異なるヒノキ林での高木性広葉樹の発生状況

5.1 目的

林床植生の発達が悪いヒノキ林では、広葉樹林に隣接していても、強度間伐だけではすぐに林床植生は発達せず、高木性広葉樹の発生も期待したレベルには到達しなかった。

これまでの研究を見ても、林冠閉鎖したヒノキ人工林では、木本種子の埋土種子はほとんど見られず(黒瀬 2005)、林床の植生は一度でも喪失すると戻りにくい(横井ら 2008)とされている。しかし、天然林を見ると、木祖村の水木沢天然林のようにヒノキやサワラなどの針葉樹と、ブナなどの広葉樹が混交した林分が存在しており(小山ら 2002)、ヒノキ林であっても広葉樹と混交する事例は認められる。

そこで、広葉樹林に隣接し、かつ、過去の施業履歴が異なる林分で調査を行い、施業履歴と広葉樹の侵入定着状況について調査し、ヒノキ林内に広葉樹が混交する条件を検討した。

5.2 方法

調査は、塩尻市榑川桑崎の長野県林業総合センター榑川試験地(標高 900 m、区域面積 10.06ha)で行った。本試験地は、1976年に当所の試験地として設定し、60区画以上の小面積の区画に区分して、1980年までに植栽を行い、その後の施業も試験的に実施しながら現在まで継続している。榑川試験地では、1区ごとの試験区は小さいものの、同一斜面に同時植栽したヒノキが認められ施業履歴の違いを検討する試験地として適している。

調査地は、1976年にヒノキを植栽し、除伐、枝打ち、間伐などの保育施業の有無が異なるヒ

ノキ4林分とした(表5-1)。

調査区の施業は、表5-1に示すように、1976年に植栽後、すべての試験区で1981年まで年1回の下刈りを実施し、13年目の1988年に除伐を行っていた。その後の施業は、試験区ごとに異なり、調査区1では、1988年から施業を行っていなかった。調査区2では、2006年に2回目の除伐を行っていた。調査区3では1991年と1997年に2回の枝打ちを行い、2回目の枝打ちとあわせて除伐を行っていた。調査区4では1999年に枝打ちを行った後、2004年に間伐を行っていた。

調査区は、それぞれの区域面積が小さいため、10×10mの方形区とし、林床植生、高木性広葉樹の発生状況及び林分の階層構造を調査して、施業履歴とこれらの関係について比較した、なお、調査は32年生に当たる2008年に行った。

5.3 結果と考察

調査結果を表5-2に示す。今回調査を行った4林分は、平均樹高はどの林分もほぼ同一であり、地位級には違いがなかった。一方、胸高直径は施業回数との関係が顕著で、1988年の除伐後は無施業だった調査区1が最も細かった。

調査区ごとの林分構造をみると、調査区1では、樹高5~7m程度に成長したミズナラやクリ、コシアブラなどがヒノキと混交する針広混交林となっていた。加えて、植生高2m以下の林床植生率は10%と低かったが、ウワミズザクラやコシアブラなどの稚樹が発生していた。

調査区2では、1988年に除伐を行った後、近年まで施業を行わず、2006年に2回目の除伐を実施しており、高木層の半数をミズナラ、コナラ、ミ

表5-1 施業履歴が異なるヒノキ人工林調査地の概要

調査区名	1	2	3	4
林班名	□-18	□-17	□-3	□-15
上木	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ	ヒノキ
植栽年	1976	1976	1976	1976
下刈り	~1981	~1981	~1981	~1981
除伐	1988	1988	1988	1988
施業履歴	2回目	2006 (広葉樹を残す)	1997	-
	枝打ち	1回目	1991 (広葉樹除去)	1999
	2回目	-	1997	-
間伐	-	-	-	2004

調査地は塩尻市榑川桑崎の長野県林業総合センター榑川試験地内である。

ズメなどの広葉樹が占めていた。これは、2006年の除伐を行う際に、ヒノキの一部に成長停滞がみられたため、成長が良好な樹木を中心に残すこととしたため、胸高直径10cmのヒノキと広葉樹を残存木として施業し、それ以下の小径木はヒノキでも伐採するように指示した結果である（山内私信）。林床では、除伐によって林床が明るくなった影響で、スズタケなどの植生が発達したほか、ウワミズザクラやホオノキ、ミヤマザクラなどの高木性広葉樹の稚樹も多数発生していた。

調査区3では、2008年の調査時にはヒノキによって林冠がすでに閉鎖し、ヒノキの枯死木が発生していた。林床は、オクノカンスゲが点在して認められたほかは植生が認められず、高木性広葉樹については実生稚樹を含めて皆無だった。

調査区4では、1988年と1999年の2回の除伐のほか、2004年に間伐が実施され、間伐前に点在していたオクノカンスゲが分布を拡大していたほか、ツガ、モミ、イチイなどの高木性針葉樹が実生で発生していた。また、スズタケやクロモジ、コムラサキなど多くの植物が発生し、植被率が高かった。

以上の結果から、1988年に行われた除伐時の林分状況については、詳細な記録が残されていない

ため、不明な点もあるが、当時はまだ林冠が閉鎖していなかったと思われる。このため、高木性広葉樹が除伐後に侵入し、定着したと考えられ、その後の施業をしばらく行わなかった調査区1と、広葉樹を意図的に残した調査区2では、混交林化が進んだと思われる。

一方、初回の除伐から3年後に枝打ちが行われた調査区3では、枝打ち時に除伐後に侵入した広葉樹が、作業の支障木として除去された可能性が高い。枝打ち作業後に林冠が閉鎖し、2回目の除伐時には、ヒノキの被圧木を中心に施業が行われたと思われる。その後も間伐を行わなかったことで、林冠が閉鎖している期間が長くなり、林床植生がなくなったと思われる。

一方、除伐後に枝打ちと間伐を行った調査区4は、林内に残存していたカスミザクラの成木が間伐対象から外れたことと、間伐後に照度が確保されたことで、林床植生の回復にあわせて実生稚樹が発生し、一定量の高木性広葉樹が発生していた。

これらのことから、ヒノキ林で高木性広葉樹が定着し、混交化していく条件としては、林冠閉鎖前に高木性広葉樹が侵入定着していることが必要であると考えられた。

表 5-2 榑川試験地におけるヒノキ人工林調査結果

調査区名	1	2	3	4
試験区面積	10×10m	10×10m	10×10m	10×10m
森林現況				
成立本数(本/ha)	3,200	2,600	2,300	1,800
平均DBH(cm)	10.2	12.0	16.5	17.4
平均樹高	14.7	14.5	14.5	15.0
階層構造				
高木層優占種	ヒノキ	ヒノキ・広葉樹	ヒノキ	ヒノキ
高木層植被率	70%	70%	90%	70%
亜高木層優占種	ミズナラ	欠落	欠落	欠落
亜高木層植被率	20%			
低木層優占種	イロハモミジ	欠落	欠落	欠落
低木層植被率	5%			
林床植生				
植被率	10%	40%	15%	70%
優占種	クロモジ	スズタケ	オクノカンスゲ	オクノカンスゲ
確認種数	18	22	8	23
高木性広葉樹発生本数(本/ha)	400	1,500	なし	700
発生種の状況				
植被率25%以上				オクノカンスゲ
植被率10%以上		スズタケ クロモジ	オクノカンスゲ	クロモジ コムラサキ
植被率5%以上		ウワミズザクラ オクノカンスゲ		スズタケ

6 林床植生が欠落した若齢林の間伐

6.1 目的

長野県内の主要な針葉樹のうちで、ヒノキ人工林では、長期間の林冠閉鎖などで林床植生を失ってしまうと、高木性広葉樹はおろか、林床植生の回復も見込めないことを4章で示した。加えて、5章の結果から、林床植生が欠落しない若齢期の施業が重要であることが示唆された。

このように考えると、針広混交林化を進めるためには、林床植生が維持され続けていることが重要であると思われ、若齢期に適切な施業を行うことで下層植生の発達を促すとともに高木性広葉樹の混交も期待できる可能性が高い。

そこで、本章では、林床植生が欠落している事例が多いスギ・ヒノキ人工林を対象として、林床植生が欠落して間もない若齢スギ・ヒノキ人工林で列状間伐を行い、その後の林床植生の生育状況を調査するとともに高木性広葉樹の発生状況を調査した。

6.2 方法

調査は、1987年に植栽した塩尻市片丘にある長野県林業総合センター構内にあるスギ・ヒノキ人工林試験地で行った（表6-1）。当該試験地では、植栽後数年間下刈りを行ったが、その後は施業を行っておらず、2006年4月までに林冠

表 6-1 若齢スギ・ヒノキ人工林調査地の概要（2006年5月末現在）

場所	標高(m)	林齢	面積(ha)	植栽年	樹種	調査本数	平均胸高直径(cm)	平均樹高(m)
塩尻市片丘	900	19	0.07	1987	ヒノキ	116	13.5	10.0
			0.11	1987	スギ	214	14.0	12.1

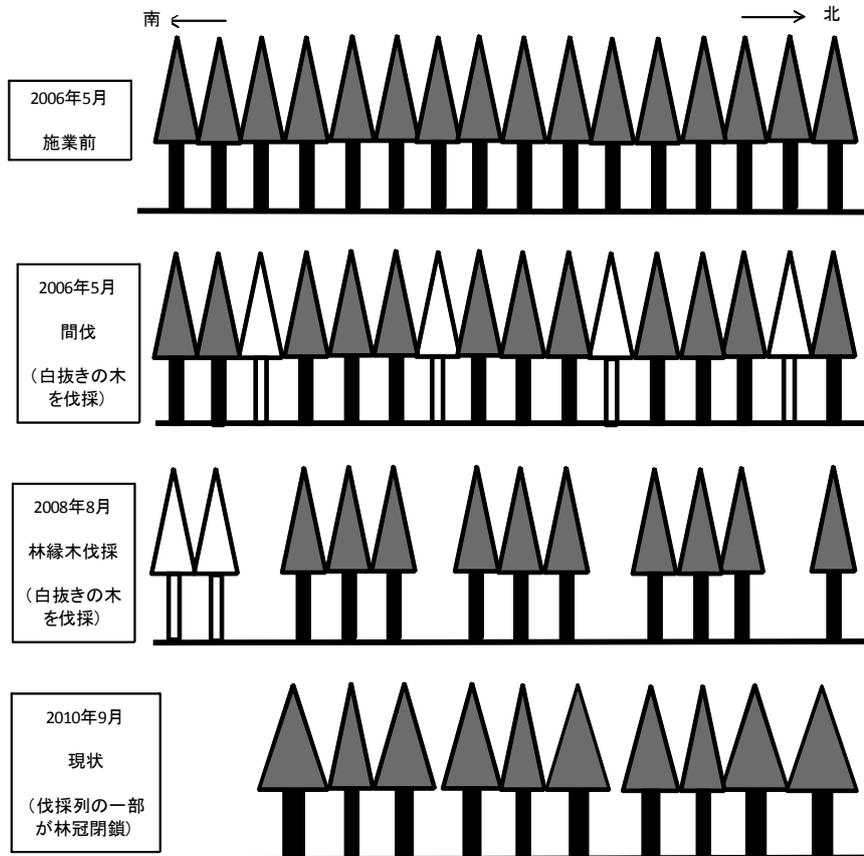


図 6-1 施業模式図

が完全に閉鎖し下層植生が欠落していた。そこで、2006年5月に東西方向の列に添って3残1伐の列状間伐を行った(図6-1)。また、2008年8月に残存列の林縁部の立木が一部伐採された(図6-1)。

調査は、列状間伐と林床植生の発達状況、高木性広葉樹の発生状況を調査するため、林分のほぼ中央を南北に横断する形で1m幅の带状試験区を設置し、固定調査地とした。固定調査地を1m間隔で区分し、1mおきに1×1mの調査枠を設置し、枠内における下層植生の植被率と発生状況を調査した。

調査は間伐直前の2006年5月から間伐後の2006年10月、翌年の2007年10月に行った。

最終的な調査は、林縁木の伐採から2年が経過した2010年9月に行い、列状間伐及び林縁木の伐採による林床植生の変化についてとりまとめた。

6.3 結果と考察

施業前後の植被率及び確認された植物の種数を表6-2に示す。間伐前には、18年生のスギ及びヒノキ人工林は施業前には林床植生はほとんど見られず、発生していた植物もスギナなどが

ごくわずかに認められたただけだった。

しかし、施業後は、光環境が改善された結果、間伐当年秋には特にヒノキ林で植被率が上昇し、発生した植物種も多くなった。その後、発生種数は多少減少したが、4年後の2010年秋には植被率が平均で40%を超えた。一方、間伐直後に植被率の上昇が見られなかったスギ林でも、4年後の植被率は30%近くまで上昇し、間伐による林床植生の回復がみられた。

伐採列と林床植生の植被率の関係について、間伐翌年までの経過をみると、ヒノキ林では図6-2のように伐採列の周辺で、植被率が上昇しており、間伐の効果で光環境が改善し、林床植生が発達していた。さらに、2010年秋の調査では、図6-3のように林分の一番南側に位置する林縁木を伐採した影響で、南側では植被率が50%を超えて林床植生が繁茂した。一方で、林内の伐採列では、2010年9月に一部列の林冠が再開鎖したように観察され(図6-3)、2007年9月よりも林床の植被率が低下していた。

また、スギ林では間伐当年秋までは植生の変化はほとんど見られず、翌年秋になって伐採列上でわずかに林床植被率が増加しただけだった(図6-4)。2010年9月には、林縁木を伐採した試験区で植被率が高くなり、その他の場所でも

表6-2 若齢スギ・ヒノキ人工林における列状間伐前後の林床植被率と発生種数の変化

樹種	調査枠数 (1×1m)	平均植被率(%)				平均発生植物種数			
		間伐前 (2006/5)	間伐後 (2006/9)	翌年秋 (2007/9)	4年後 (2010/9)	間伐前 (H18/5)	間伐後 (H18/9)	翌年秋 (H19/9)	4年後 (2010/9)
ヒノキ	18	1.4	28.8	32.7	41.3	3.0	10.0	2.2	7.4
スギ	16	0.1	3.0	10.1	28.5	0.9	4.8	3.1	4.6

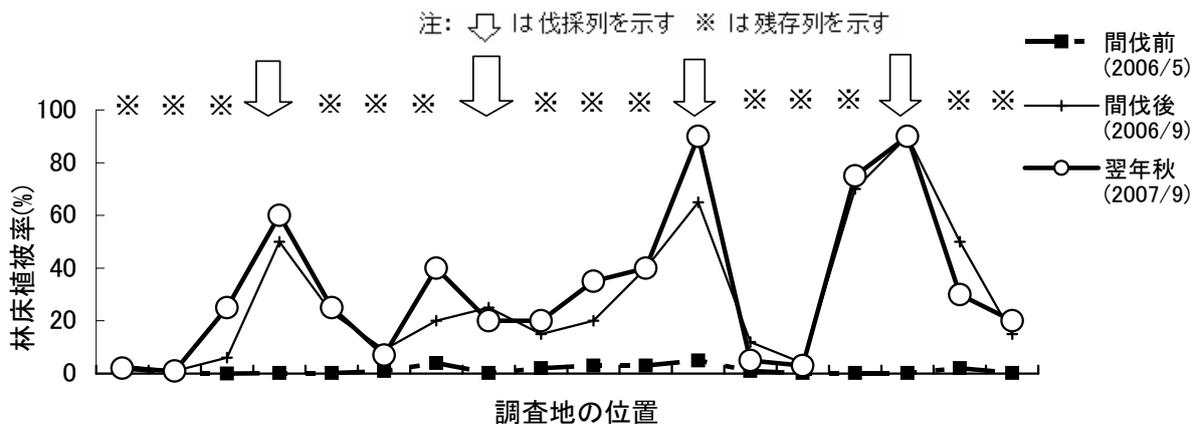


図6-2 3残1伐の列状間伐を行ったヒノキ林における間伐翌年までの林床植被率の変化

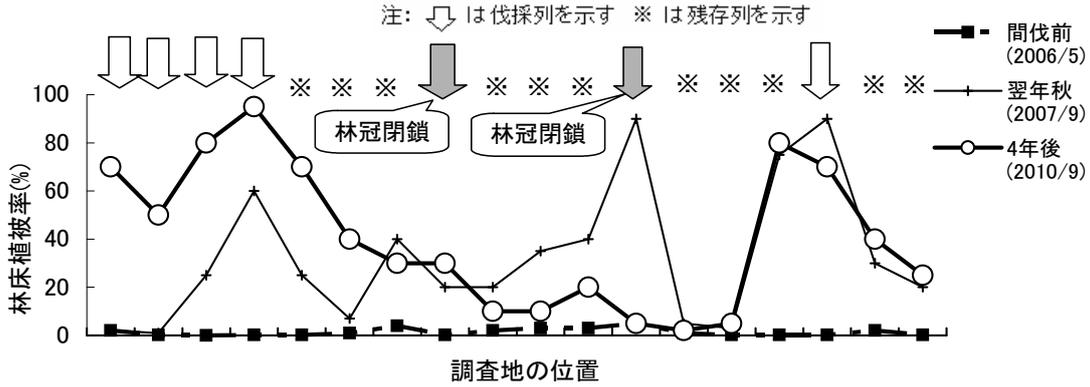


図 6-3 3 残 1 伐の列状間伐を行ったヒノキ林における林床植被率の変化

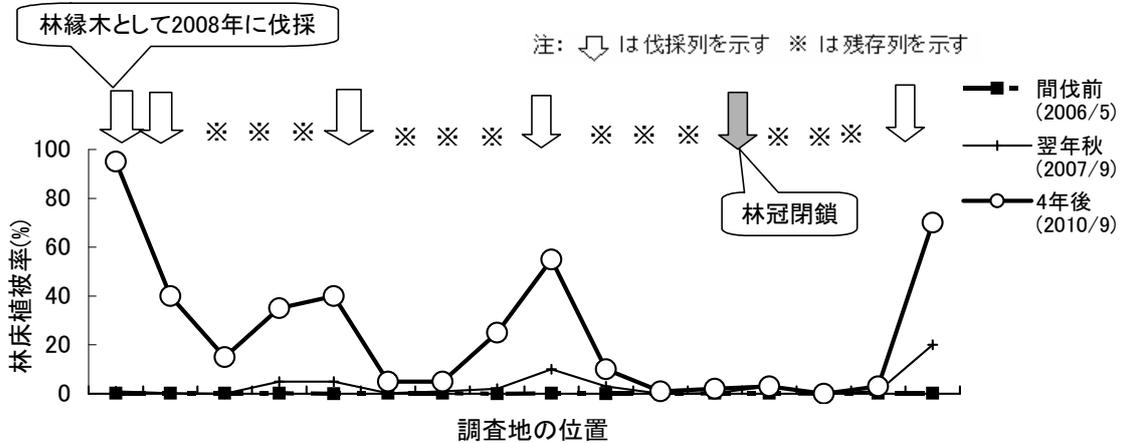


図 6-4 3 残 1 伐の列状間伐を行ったスギ林における林床植被率の変化

伐採列上で植生の回復が認められた。しかし、林冠が閉鎖した場所では植生は発達しなかった。

以上の結果を見ると、ヒノキ林に比べてスギ林で植生の発達が悪かったが、その原因はスギの方がヒノキに比べて樹高が高く、直径も多少太かったため、同じ施業を行っても、開放空間の大きさが異なり、林床の光環境改善効果が低かったためと思われる。

なお、コナラなどの高木性広葉樹の発生本数は、林縁部の 2 m 範囲では 25,000 本/ha 認められたが、列状間伐の伐採列では、1,000~3,000 本/ha と少なかった。この結果から、今回の 3 残 1 伐の列状間伐における 3 m 程度の伐採幅では、高木性広葉樹の侵入を促すほどの光環境の改善にはつながらなかったと考えられる。

また、林内で発生した植物の種組成を見ると、ミズヒキやケチヂミザサなど比較的耐陰性があ

る植物が多く見られたことから、今回のような若齢期における 3 残 1 伐の列状間伐では、林床植生の回復には一定の効果があるものの、高木性広葉樹の発生を促すことが難しいと判断した。

今回の結果と 5 章で報告した楢川のヒノキ林における結果をあわせて考えると、林床植生が欠落したヒノキ林では広葉樹類の更新が困難である(横井ら 2008)とした指摘を支持しており、短期間であっても一度林床植生を失ってしまった場合には、天然更新による針広混交林化は難しいと考えられた。

7 まとめ

6章までの結果を受けて、針葉樹人工林を間伐して、天然更新による針広混交林化を進めるための条件を、上層木の樹種別に整理した。

7.1 カラマツ林とアカマツ林

カラマツ林、アカマツ林では、高木性広葉樹稚樹の発生を阻害するササ類のような植生が林床の全面を覆っていないければ、一定の高木性広葉樹が認められた。このことから、両樹種では、強度間伐などによって、亜高木層以下の広葉樹類の成長を促すことができれば、針広混交林への誘導は比較的容易であると考えられた。

7.2 ヒノキ林

ヒノキ人工林で、広葉樹が多く混交していた林分は、林冠閉鎖前の除伐以後に、施業が行われていない保育が不十分な林分に限られていた。一方、通常の施業が行われているヒノキ林では、収量比数が低い比較的明るい林分であっても高木性広葉樹の発生は少なかった。

ヒノキ人工林で、針葉樹人工林としての機能を維持しつつ、高木性広葉樹の発生を促すように強度間伐や列状間伐を試みたが、今回実施した方法では、効果はみられなかった。このことは、これまでの研究でヒノキ林では、いったん林冠が閉鎖してしまうと、通常の施業を行うだけでは高木性広葉樹の天然更新を期待することが難しい(横井ら 2008)とされたことと、同様の結果だった。本県に多く見られるような、保育の初期までは施業を行ったものの、その後の保育が不十分で過密林となり、下層植生が欠落した林分では、天然更新による針広混交林化が極めて難しく、高木性広葉樹の植栽等を検討する必要があると考えられた。

7.3 スギ林

林内に天然性広葉樹が成立していたスギ林分は、隣接して広葉樹林が存在しているか、母樹となるべき広葉樹が林分内で点在しているような場合に限られていた。このことから、近くに広葉樹の母樹が存在していれば、スギ林の間伐により高木性広葉樹が侵入し、天然更新による針広混交林化も期待できるといえる。しかし、隣接する広葉樹林からの距離が 50m以内という種子散布の条件を考えると、大面積の造林地

では、天然更新による針広混交林化は難しいと思われた。

7.4 おわりに

今回の結果から見て、針葉樹人工林から針広混交林へと移行させる場合、長野県で最も多く植栽されたカラマツ林では、林床に広葉樹が残されている場合が多く、これらを活かすことで針広混交林化は比較的容易ではないかと思われた。また、アカマツ林もカラマツ林と同様に高木性広葉樹が多く混交しており、針広混交林化が容易ではないかと判断された。

一方で、スギ林やヒノキ林の場合には、林内に高木性広葉樹が存在しないだけでなく、間伐等の施業を行っても、高木性広葉樹の侵入や埋土種子起源による稚樹の発生が期待できない事例が多かった。特に、ヒノキ林の場合は高木性広葉樹が発生しないだけでなく、林床植生が欠落してしまうことが多かった。林床植生がいったん欠落してしまった林分では、強度な間伐を行っても植生の回復が思わしくないことがあり、針広混交林化を進めるだけでなく、林分を維持していくことに対しても課題が残ると考えられた。

今回の研究では、針葉樹人工林を針広混交林化させるために必要な、更新樹となる高木性広葉樹の発生条件について樹種別に整理を行うことで、天然更新により針広混交林化が容易な針葉樹林を抽出することはできたが、針広混交林を整備していくためには、その後の保育管理を検討する必要がある。

特に、今回の報告では触れなかったが、近年増加傾向にあるニホンジカの分布拡大は、天然更新に対する重大な阻害要因となっており、光環境が改善されてもニホンジカの食害により更新が困難になる事例が県内でも報告されている(小山ら 2011)ため、ニホンジカの生息密度が高くなっている地域では注意する必要がある。

今後は、林床に発生した高木性広葉樹の成長を追跡しながら、針広混交林として成立していくまでの過程について研究を行い、針広混交林の施業体系の確立に努めていきたい。

最後になりましたが、本研究を進めるに当たり、各地方事務所林務課職員を始めとする長野県林務部の関係者から、多くの有益な情報と現

地調査に対する協力を得て、今回の成果を得ることができましたので、この場を借りて感謝申し上げます。

引用文献

- 荒上和則・汰木達郎(1988) 列状間伐による複層林の形成に関する研究、九大演報 58 : 1-15.
- 花田尚子ら(2006) カラマツ人工林内における広葉樹の更新過程、日林誌 88 : 1-7.
- 長谷川幹夫・平英彰(2000) 多雪地帯のスギ造林地に侵入した広葉樹の種組成構造の特徴、日林誌 82 : 28-33.
- 平田令子, 畑 邦彦, 曾根 晃一 (2006) 果実食性鳥類による針葉樹人工林への種子散布 . 日林誌 88: 515-524.
- 川西基博ら(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: 55-60.
- 小谷二郎(1990) 積雪地帯における広葉樹林造成・改良技術、石川県林試研報 21 : 1-13.
- 小山泰弘ら(2002) ブナを主体とした広葉樹人工林の初期管理技術の開発 - 冷温帯地域における広葉樹林施業技術の確立 -, 長野県林総セ研報 16 : 1-22.
- 小山泰弘ら(2006) カラマツ林から針広混交林へ、長野県林総セ技術情報 126 : 32-35.
- 小山泰弘(2010) 豪雪の里 秋山郷のカラマツ、総合地球研究所プロジェクト秋山報告会報告書 3 : 24-28.
- 小山泰弘ら (2011) 下層植生が欠落した針広混交林の施業〜ニホンジカが増加している地域での防護柵の効果〜、中森研 59:印刷中
- 近藤道治・小山泰弘 (2004) 天然性過密アカマツ林管理技術の開発、長野県林総セ研報 18:1-11.
- 近藤道治・小山泰弘 (2006) 森林施業が森林環境におよぼす影響、長野県林総セ研報 20:21-30.
- 黒瀬勝雄(2005) スギ・ヒノキ人工林を広葉樹林に更新する技術の研究、岡山県林試研報 21:1-13.
- 箕口秀夫(1996) 野ネズミから見たブナ林の動態、日生態誌 46: 185-189.
- 森澤猛ら(2010) 空中写真から解析した三浦実験林のヒノキ帯状皆伐天然更新試験地におけるササ及び更新木樹冠被覆の 36 年間の変遷、日林誌 92:22-28.
- 長野県(1984) 長野県ヒノキ・アカマツ人工林林分材積表・収穫予想表、66pp
- 長野県(2005a) 長野県森林づくり指針、46pp
- 長野県(2005b) 長野県針広混交林施業指針 16pp.
- 大矢信次郎・近藤道治(2011) 過密人工林における間伐が、気象害発生におよぼす影響、日林学講 122、CD-ROM.
- 小沢準二郎(1958) 林木のタネとその取扱、日本林業技術協会、332pp.
- 榊原茂樹(1989) イチイの種子散布におけるヤマガラ役割、日林誌 71 : 41-49.
- 杉田久志ら(2007) 岩手県雫石町の若齢人工林における混生樹の混交歩合と樹種構成、東北森林科学会誌 12:28-36.
- 和田覚ら(2009) 多雪環境下におけるスギ人工林の成林と混交林化に影響を及ぼす要因、日林誌 91:79-85.
- 横井秀一・山口清(1998) 積雪地帯のスギ不成績造林地におけるスギと広葉樹の生育実態、森林立地 40:91-96.
- 横井秀一ら(2008) 間伐後 3~5 年が経過したヒノキ人工林の下層植生、岐阜県森林研研報 37:17-22.