

冷温帯上部に植栽されたカラマツ人工林の 広葉樹レフュージアとしての機能の検討

田中ゆり子^{1,2}・城田徹央¹・木村 誇^{1,3}・岡野哲郎¹

¹ 信州大学農学部

² 棚倉森林管理署, 福島県東白川郡

³ 北海道大学農学院, 北海道札幌市

要 旨

冷温帯上部に植栽されたカラマツ人工林が隣接する針広混交林構成樹種のレフュージアとして機能しうるかどうかを検討するため, 信州大学農学部 AFC 西駒ステーションのカラマツ人工林と周囲の針広混交林において, 森林の階層構造, 林床の光環境, 木本植物の種組成を比較した。カラマツ人工林では階層構造が明確であり, 侵入した広葉樹の多くは7m未満にとどまった。また, 林床の光環境はカラマツ人工林で暗かった。両林分間では, 種多様性の観点からは差異が見られなかった。しかし一方, 広葉樹林に出現した18種のうちカラマツ人工林に出現した種は10種であり, カバノキ属などの陽性の樹種は侵入していなかった。カラマツ人工林を構成する種の約半分が風散布種子をもつ種であったが, 樹高が低いことから, その種子散布能力は相対的に低いと考えられた。以上のことから, カラマツ人工林は広葉樹のレフュージアとして機能しうるものの, 本調査地ではその能力は十分に発揮されていないと結論された。

キーワード: カラマツ人工林, レフュージア機能, 種多様性, 林分構造, 種子散布

1. はじめに

近年, 長期的な視野に立った森林管理のなかで, 木材生産だけでなく水土保全や生物多様性維持など, 森林の持つ多面的機能の発揮が, 人工林においても求められている²⁵⁾。この中でも生物多様性維持機能は, 持続可能な土地利用と, 人工林とその周辺の様々な土地景観を含む広域スケールでの生態系保全に取り組む上で欠かせない機能である¹⁸⁾。これまで, 人工林内にいかに他の樹種を導くか, という観点から複数の研究がなされており, 施業の重要性⁶⁾²³⁾²⁸⁾とともに, 周囲の広葉樹林が種子供給源として重要な役割を果たす³³⁾ことが指摘されている。一方で, 人工林において種多様性維持機能が保たれた場合, その人工林は周囲の自然林に生育する種にとっての一時的な退避の場 (レフュージア refugium) となりうる¹³⁾。すなわち, 自然林の側がなんらかの攪乱を受けた際には, そうした人工林が逆に, 多くの種の個体群維持を可能にするだけでなく, 攪乱跡地への種子供給源としての役割も果たすと考えられるが, 実際に検証した例は見られない。レフュージアとし

て人工林が機能する場合, 人工林の種多様性は, 広葉樹林のそれと同等であることが望ましい。また, 人工林に侵入している広葉樹が種子供給源として機能することも重要である。種子の散布様式は種子散布型によって異なる。重力散布型の種がその後小動物により運ばれる場合や鳥散布型の場合には, 散布動物の行動が種子の散布距離のみでなく散布先を左右する⁸⁾⁹⁾。これに対し, 風散布型の種では樹高や風速が散布範囲を大きく制限する⁵⁾。このため, 人工林のレフュージア機能を評価する上では, 植物の種多様性だけでなく, 生活形や繁殖特性と関連して種組成やサイズ構造を考慮し²⁰⁾, 人工林に生育している個体とその種にとっての種子供給源となりうるかどうかを見極める必要がある。

長野県では, 戦後の拡大造林期以降, カラマツ (*Larix kaempferi*) が多く植栽され, その範囲は冷温帯上部まで至っている。カラマツ人工林は林床が明るく, 植物が林内に侵入・定着しやすいため, 他の針葉樹人工林に比べて種多様性が高いことが多くの研究で指摘されている³⁾⁶⁾⁷⁾。また最近では, 周囲の自然林にとってのレフュージアという観点からも着目されてきているが¹³⁾, 種子散布能力に注目して議論された例はない。そこで本研究では, 冷温帯

受付日 2011年1月12日

受理日 2011年2月10日

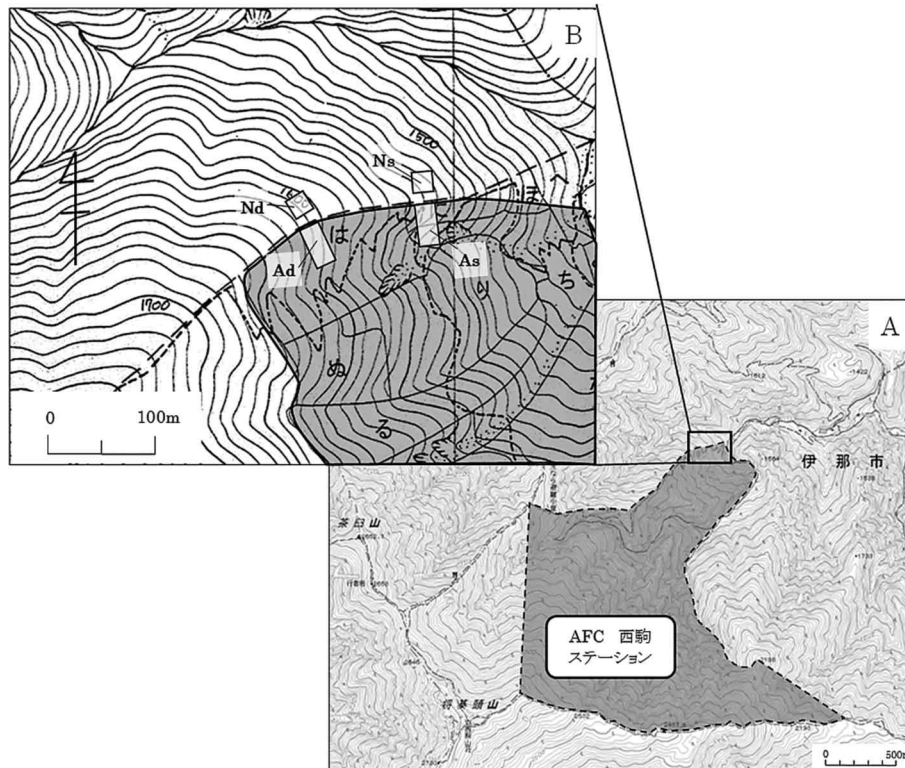


図-1 調査地図

- A, 広域 (網掛けは AFC 西駒ステーション) ;
 B, 詳細 (網掛けはカラマツ人工林, 白抜きは各調査プロット)。

上部にあるカラマツ人工林と、隣接する天然生針広混交林の林分構造調査から、木本種の種組成を比較するとともに、各林分の構成種の種子散布能力を、種の散布形態および垂直構造によって解析する。これらの結果から、冷温帯上部にあるカラマツ人工林が、隣接する天然生針広混交林のレフュージアとして機能しうるかどうかを検討する。

2. 調査地と方法

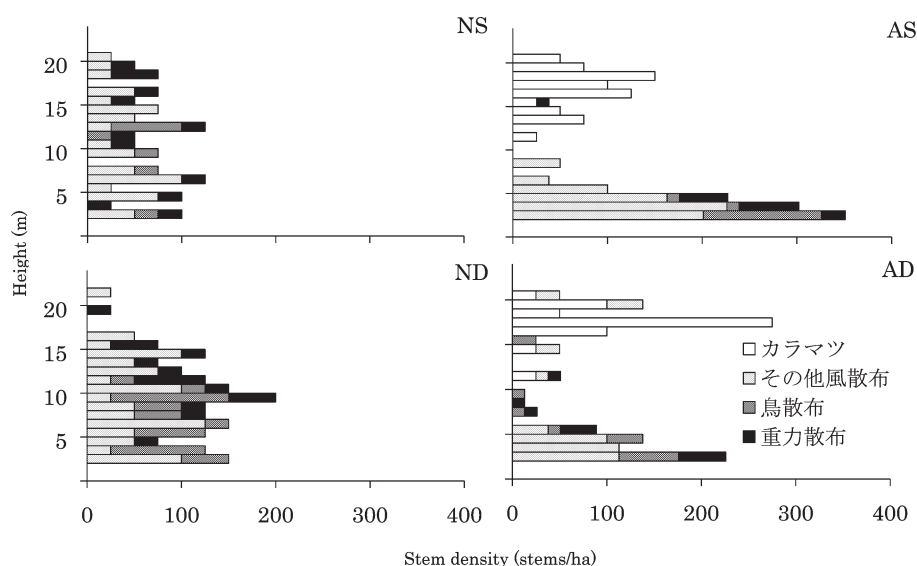
2.1. 調査地

調査は長野県南部の中央アルプス将基頭山の東側山麓に位置する信州大学農学部 AFC 西駒ステーションの46~49年生カラマツ人工林、および隣接する伊那市市有林の針広混交林で行った (図-1, 北緯35度49分, 東経137度50分, 標高1550~1600m)。地質は黒雲母粘板岩帯に属し¹⁷⁾, 付近の土壤型は乾性褐色森林土の B_B型である²¹⁾。調査地から約1km東方にある桂小場観測所 (標高約1280m) における年平均気温は7.1度, 年平均降水量は1843mmである (観測年は2000年11月-2003年10月)。両林分の林床はクマイザサ (*Sasa senanensis*) を主とするササで覆われているが, 場所によって粗密が見られる³²⁾。

カラマツ人工林は1959年から1962年の間に3000本/haの密度で植栽された。このときブナ (*Fagus crenata*) やウラジロモミ (*Abies homolepis*) の大木は残されていた (川崎, 私信)。主な施業としては30年生時に密度800本/haにする強度間伐が行われたのみである²⁷⁾。また, 風倒や火災, 斜面崩壊や雪崩による攪乱を受けた形跡もない。隣接する針広混交林では明治時代には択伐が行われたとされるが, 林内には一目でそれと分かるような伐採根は認められず, その後は自然状態で保たれてきたものと思われる。また, カラマツ人工林と同様, 自然攪乱を受けた形跡がないことから, 長期に渡って攪乱の影響を受けずに成立していると考えられる。

2.2. 種組成

種組成に及ぼす森林タイプとササの影響を比較するために, 針広混交林とカラマツ人工林のササの疎なところ (それぞれ NS 区, AS 区) と密なところ (それぞれ ND 区, AD 区) の4調査区を設定し, 2008年10月に調査を行った。林床のササ類は大部分がクマイザサであった。NS区では9本/m², 群落高が46cm, AS区では6本/m², 群落高が44cmであったのに対し, ND区では37本/m², 群落高が81cm, AD区では34本/m², 群落高が99cmであった。



図一 2 各林分の樹高ヒストグラム

樹高 3 m 以上の木本植物については、4 調査区のうち NS 区と ND 区では 20m×20m のコドラートを設けた。AS 区と AD 区では 20m×20m のコドラートを設けてカラマツの調査を行い、20×40m のコドラートを設けて他の樹種の調査を行った。調査はコドラート内の個体について、種の同定と樹高の測定とした。ササの疎密を比較するため、各コドラート内に 1 m×1 m の小コドラート (NS 区・ND 区、各 4 個；AS 区・AD 区、各 8 個) を設け、ササの稈数、高さ、被度を計測した。そのうち、AS 区と AD 区のそれぞれ 8 個の小コドラートでは、カラマツ人工林における稚樹の侵入状況を把握するために、コドラート内に出現した 3 m 未満の木本植物の出現個体数を記録した。

針広混交林とカラマツ人工林、またはそれぞれにおけるササの有無による種数および種組成の違いを、生態的機能との関係から解析した。ただし、カラマツ人工林の種多様性はカラマツを除外して評価した。本研究では、種の生態的機能を論じるために生活形と種子散布型に着目した。まず、生活形を高木種：T、小高木種：TS、低木：S (つる性植物：L を含む) の 3 つに分けた¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾。次に、種子のサイズや果肉の有無から、重力散布型、風散布型、鳥散布型の 3 つに区分した¹²⁾。また、出現パターンを、針広混交林とカラマツ人工林で比較する場合、両者に出現する種、前者のみに出現する種、後者のみに出現する種のように 3 つのパターンに区分した。出現パターンごとに、生活形または種子散布を集計した分割表を作成し、出現パターンと生態的機能が独立であるかどうかをフィッシャーの正確確率検定に

よって検出した ($p=0.05$, 以下, 正確確率検定)。

2.3. 林床の光環境

林床の光環境を評価するために、高さ約 30cm の位置で、魚眼レンズ (LC-ER1, NIKON) を装着したカメラ (COOLPIX 950, NIKON) による全天写真の撮影を行い、解析を行った。撮影は 2008 年 5 ~ 9 月に 4 日から 2 週間程度の間隔 (最終計測日を除く) で計 11 回行った。撮影の反復は、AS 区および AD 区では 8 地点、NS 区および ND 区では 4 地点である。竹中³¹⁾によれば、全天写真の撮影はなるべく曇天日が良いとされるが、この標高域の気象の条件上、曇天日には周囲の尾根に霧がかかり、空と区別がつかなくなるため、本研究では直接太陽が写らない晴天日の日没後とした。撮影した写真から全天解析ソフト CanopOn2³¹⁾を使用し、空全体から均一に散乱光が来ると仮定する光源モデルによる光透過率の値 (UOC, %) を求めた。計測日ごとに 4 つの調査区の UOC を、林冠タイプ (カラマツ人工林、針広混交林) とササ (疎、密) の 2 要因分散分析により比較した ($p=0.05$)。

3. 結果

3.1. 各林分の種組成

各調査区における樹高のヒストグラムを種子散布形態別に図一 2 に、樹種ごとの個体数密度を表一 1 に示した。針広混交林では、NS 区、ND 区ともに連続的な樹高分布を示したことから、複雑な林冠構造が形成されていることがわかる。樹高 10m 以上の林冠上部はブナ、ミズナラといった重力散布型の樹種、ウラジロモミ、コメツガといった風散布型の常

表一 針広混交林とカラマツ人工林の種組成と個体数密度

樹種	生活形*1	種子 散布*2	出現 様式*3	個体密度 (no./ha) *4				個体密度 (no./ha ²) 樹高 3 m 未満	
				NS	ND	AS	AD	AS	AD
カラマツ	Lk	T	W	A			675 #	600 #	
ミズナラ	Qc	T	G	G	25 #	250 #	113 #	51 #	
ブナ	Fc	T	G	G	275 #	125 #	25	75	
ウラジロモミ	Ah	T	W	G	75 #	150 #		75 #	
コメツガ	Td	T	W	G	25	75 #		13 #	
コハウチワカエデ	As	T	W	G	150 #	50 #	88	38	
ハウチワカエデ	Aj	T	W	G	75	50	175		
シナノキ	Tj	T	W	G		75 #	38		
コシアブラ	Es	T	B	G	100	425		13	1250
ダケカンバ	Be	T	W	N	100 #	100 #			
ウダイカンバ	Bm	T	W	N	25 #	150 #			
ミズメ	Bg	T	W	N	75 #	25 #			
ウリハダカエデ	Ar	T	W	N	125				10000 1250
サワラ	Cp	T	W	N		25 #			
ミズキ	COc	T	B	N	50				
サワシバ	CAC	T	W	A			13		
クマシデ	Cj	T	W	A			50		
イタヤカエデ	Amo	T	W	A			75		
アオダモ	Fl	T	W	A			75		
アオハダ	Im	T	B	A				25	
キハダ	Pa	T	B	A				51 #	
ウワミズザクラ	Pg	T	B	A			13	38	
ミヤマザクラ	Pm	T	B	A				13	
リョウブ	Cb	TS	W	G		125	213	200	1250
ノリウツギ	Hp	TS	W	G		25	13	75	13750
コミネカエデ	Ami	TS	W	N	25	75 #			6250 1250
オオカメノキ	Vf	TS	B	N	25	100			
オオバアサガラ	Ph	TS	W	A			38	63 #	
ニシキウツギ	Wd	TS	W	-					1250
ツノハシバミ	Cs	S	B	A			13		
ツリバナ	Eo	S	B	-					1250
バイカウツギ	Ps	S	W	-					
クロモジ	Lu	S	B	A			138	25	6250
ミヤマガマズミ	Vw	S	B	-					5000
ミヤマニガイチゴ	Rm	S	B	-					12500
フウリンウメモドキ	Ig	S	B	-					1250
ヤマハギ	Lb	S	G	-					1250
イワガラミ	Sh	L	W	-					2500 1250
種数									
高木*5	T				12	12	10	10	2 1
小高木	TS				2	4	3	3	4 1
低木*6	S						2	1	6 2
合計					14	16	15	14	12 4
重力散布		G			2	2	3	2	1 0
風散布*5		W			9	12	10	6	6 3
鳥散布		B			3	2	2	6	5 1
合計					14	16	15	14	12 4

*1: Tは高木種, TSは小高木種, Sは低木種, Lはつる植物を表す。*2: Gは重力散布, Wは風散布, Bは鳥散布を表す。*3: Gは針広混交林とカラマツ人工林の両者に出現, Nは針広混交林のみに出現, Aはカラマツ人工林のみに出現したことを表す。*4: #は樹高が10mに達している個体が含まれることを表す。*5: カラマツを除く。*6: つる植物を含む。

Lk, *Larix kaempferi*; Qc, *Quercus crispula*; Fc, *Fagus crenata*; Ah, *Abies homolepis*; Td, *Tsuga diversifolia*; As, *Acer sieboldianum*; Aj, *Acer japonicum*; Tj, *Tilia japonica*; Es, *Eleutherococcus sciadophylloides*; Be, *Betula ermanii*; Bm, *Betula maximowicziana*; Bg, *Betula grossa*; Ar, *Acer rufinerve*; Cp, *Chamaecyparis pisifera*; COc, *Cornus controversa*; CAC, *Carpinus cordata*; Cj, *Carpinus japonica*; Amo, *Acer mono var. marmoratum f. heterophyllum*; Fl, *Fraxinus lanuginosa f. serrata*; Im, *Ilex macropoda*; Pa, *Phellodendron amurense*; Pg, *Prunus grayana*; Pm, *Prunus maximowiczii*; Cb, *Clethra barvinervis*; Hp, *Hydrangea paniculata*; Ami, *Acer micranthum*; Vf, *Viburnum furcatum*; Cs, *Corylus sieboldiana*; Ph, *Pterostyrax hispida*; Eo, *Euonymus oxyphyllus*; Ps, *Philadelphus satsumi*; Wd, *Weigela decora*; Lu, *Lindera umbellata*; Vw, *Viburnum wrightii*; Rm, *Rubus microphyllus*; Ig, *Ilex geniculata*; Lb, *Lespedeza bicolor*; Sh, *Schizophragma hydrangeoides*.

緑針葉樹とが共に優占していたが、ダケカンバ、ウダイカンバ、ミズメなどのカバノキ属、ハウチワカエデ、コハウチワカエデなどのカエデ属といった風散布型の樹種も混在していた。また林冠下部には、林冠構成種の幼個体に加え、コシアブラやミズキといった鳥類散布型の樹種も存在していた。NS区とND区の種数はほぼ同数であり、種組成についても高木や小高木によるプロット間の種数の違いはなく（正確確率検定、 $p=0.234$ ）、また種子散布型によるプロット間の種数の違いもなかった（正確確率検定、 $p=0.584$ ）。カラマツ人工林の上層はカラマツが主体で、AS区では立木密度が675本/ha、平均樹高は17.9（±2.3 s.d.）m、AD区では同じく600本/haと18.4（±1.7 s.d.）mであった。これらのカラマツは植栽時に残されていたミズナラとウラジロモミが混在する樹高14~21mの林冠層を形成しており、樹高7m未満の低木層（3m以上7m未満における立木密度はAS区で975個体/ha、AD区で563個体/ha）と明確な階層区分ができた。

カラマツ人工林内のカラマツ以外の樹種について、3m以上の個体の種組成を検討した。種子の散布型では、風散布型と鳥散布型の樹種がそれぞれ個体数比でASでは72%と14%、ADでは61%と22%を占めていた。AS区とAD区では、種数（それぞれ15種、14種）や個体数密度（それぞれ1080本/ha、755本/ha）に大きな差はなかったものの、種組成が異なっていた。しなしながら、AD区とAS区に出現する種の生活形や種子散布型の違いは有意ではなかった（正確確率検定、それぞれ、 $p=0.1157$ および $p=0.0828$ ）。カラマツ人工林の下層の稚樹（苗高3m未満）については、種数、個体数ともにAS区よりAD区で小さく、AD区のみで出現した種はミヤマガズミ1種のみであった。

針広混交林とカラマツ人工林の種数はそれぞれ18種と21種であった。そのうち、両林分に出現する種は10種に限られ、針広混交林にのみ出現する種が8種、カラマツ林にのみ出現する種が11種存在していたことから、種組成が大きく異なっていたことがわかる。針広混交林にのみ出現する種は、カバノキ属3種（ダケカンバ、ウダイカンバ、ミズメ）、ミズキ、サワラ、ウリハダカエデの高木種、コミネカエデとオオカメノキの小高木種であった。ただし、カラマツ人工林において3m未満のウリハダカエデとコミネカエデは存在していた。一方、カラマツ人工林にのみ出現する種は、イタヤカエデやアオダモをはじめとする高木種が多かった。しかし生態的機能

表一 2 UOCに関する分散分析のF値

date	forest type	sasa	forest type×sasa
5/1	60.87***	266.99***	1.10 ^{ns}
5/5	120.99***	398.69***	4.86*
5/9	219.10***	402.18***	16.24***
5/12	138.68***	196.63***	14.54***
5/16	283.79***	99.54***	6.76*
5/23	89.41***	4.67*	0.18 ^{ns}
5/28	21.99***	0.03 ^{ns}	3.04 ^{ns}
6/7	11.60**	2.87 ^{ns}	0.91 ^{ns}
6/15	16.65***	4.05 ^{ns}	0.01 ^{ns}
7/2	20.58***	4.55*	0.21 ^{ns}
9/9	21.82***	2.13 ^{ns}	7.95**

***, $p < 0.001$; **, $p < 0.01$; *, $p \leq 0.05$; ns, $p > 0.05$ 。

から種組成の違いを比較した場合、生活形および種子散布型に林分間での違いは認められなかった（正確確率検定、それぞれ、 $p=0.572$ および $p=0.300$ ）。

3.2. 光環境の比較

各調査区における光環境の変化をUOC値の推移によって示した（図一3）。カラマツ人工林の光環境は針広混交林のそれよりも全生育期間を通じて低かった（表一2）。調査地での目視による上層展葉開始時期は、カラマツ人工林ではAD区、AS区ともに5月1日頃、針広混交林ではND区、NS区ともに5月12日頃であり、針広混交林よりカラマツ人工林において早かった。5月12日におけるUOC値は、AD区およびAS区でそれぞれ14.7%および24.5%、ND区およびNS区でそれぞれ22.3%および39.4%であり、カラマツ人工林のほうが針広混交林より暗く、またササによって光環境が抑制されていた（表一2）。一方、UOC値に及ぼすササの影響と森林タイプとササの影響の交互作用は5月23日以降になくなり、森林タイプのみでの違いが検出された（表一2）。例えば、7月2日におけるUOC値は、AD区およびAS区でそれぞれ8.9%および9.7%、ND区およびNS区でそれぞれ10.7%および11.9%と、カラマツ人工林が針広混交林よりも低い値を示した。

4. 考 察

4.1. 針広混交林とカラマツ人工林の種多様性の違い

本調査地では、高木種8種がカラマツ人工林においてのみ出現した。人工林における種多様性は植栽

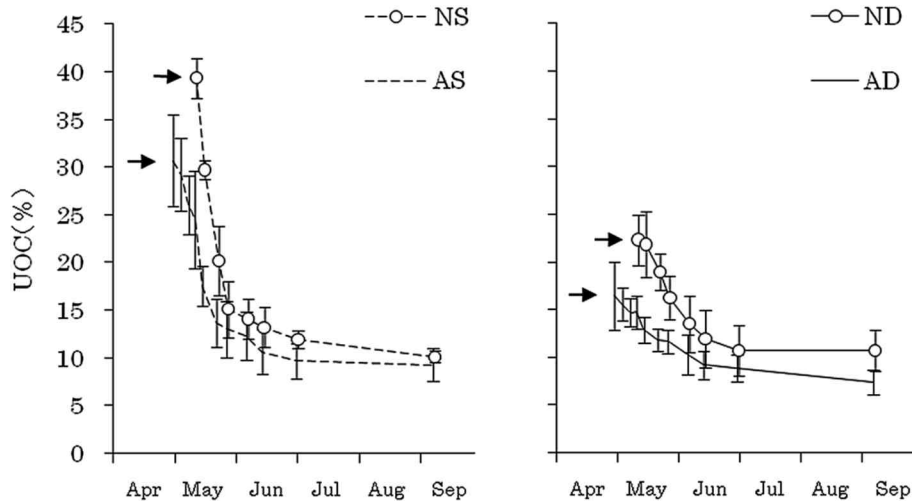


図-3 光環境フェノロジーの比較

矢印は各林分の上層の展葉開始日を、エラーバーは標準偏差を表す。

樹種¹¹⁾¹³⁾, 森林施業²⁾⁶⁾²³⁾²⁸⁾, 林齢²⁹⁾, 林分配置¹⁰⁾³⁴⁾に左右される。特に間伐は、林冠に一様のギャップを形成させ、その伐出過程でササを含めた地表を攪乱するが、このプロセスは、新たな樹種の侵入を促し、種組成を変化させる契機となる⁶⁾²³⁾²⁸⁾。このような森林施業は人為による攪乱であるため、天然性の針広混交林では生じていないだろう。すなわち、カラマツ人工林独自の種は、森林施業によって侵入した種であると考えられる。また、これらカラマツ人工林にのみ出現した種はいずれも林床稚樹としては観測されなかった(表-1)。このことは、これらの種は施業が行われていない期間ではなく、約30年生時に行われた強度間伐に対応して出現した可能性を示唆している。

一方、針広混交林において出現するが、カラマツ人工林において出現しない種が6種観察された。このうち針広混交林の林冠構成種であった個体は、ダケカンバ、ウダイカンバ、ミズメのカバノキ属3種とサワラであった(表-1)。本調査地ではカバノキ属の種子がカラマツ人工林に散布されていることが確認されている³²⁾。したがって、カバノキ属3種がカラマツ人工林において出現しなかったのは、種子散布過程ではなく、更新過程やその後の成長生残過程が阻害された結果である。カバノキ属はパイオニア的な生態を示し光要求度が高い。本研究では、カラマツ人工林と針広混交林の7月のUOCは、それぞれ8.9~9.7%, 10.7~11.9%と、前者で低かった。この光環境の違いによって、カラマツ林におけるカンバ類の更新が阻害されたことが考えられる。あるいは間伐直後の光環境は現在よりも明るいと予測されるので、更新そのものは阻害されなかったが、

その後の生残が阻害されたことが考えられる。

全体の種数を比較すると、カラマツ人工林では14~15種、針広混交林では14~16種と大きな違いがなかった。人工林へと近傍の広葉樹林の種組成を比較した研究によると、人工林のほうが低い多様性を示す場合²⁴⁾²⁶⁾³⁰⁾、高い種多様性を示す場合¹⁴⁾¹⁹⁾、あるいは本研究のように、ほとんど変わらない場合¹⁰⁾が報告されている。人工林のほうが低い多様性を示す原因としては光環境が劣っていることが¹¹⁾³⁰⁾、高い多様性を示す原因としては森林施業など人工林特有の攪乱が¹⁹⁾、それぞれ挙げられている。本研究ではカラマツ人工林と針広混交林の種組成が異なっており、これが森林施業の影響や光環境の違いにより生じていることが考えられる。これらの効果が相殺した結果として、種多様性そのものが同等になったと解釈される。

4.2. 冷温帯上部のカラマツ人工林のレフュージア機能

針広混交林に出現する18種のうち10種はカラマツ人工林に出現したが、カバノキ属など針広混交林のみに出現する種も8種存在することから、カラマツ人工林のレフュージア機能は完全なものではないと位置づけられる。なお、ミズナラ、ウラジロモミ、コメツガの3種は植栽時に残されていた可能性が高く、カラマツ人工林に侵入したものではないと考えられるが、侵入過程はレフュージア機能とは別の問題であり、針広混交林が攪乱を受けた場合には種子供給源となりうるという点で重要である。

カラマツ人工林の種組成を生活形から検討すると、高木種16種、小高木種3種、低木種2種であり、高木種の占める割合が高い。また、種子散布型から検

討すると、重力散布型3種、風散布型12種、鳥散布型6種であり、風散布型が最も多かった。風散布型の樹種の種子散布範囲は、種子の量、種子の重量、母樹の高さの影響を強く受ける⁵⁾。カラマツ人工林の樹木のほとんどが樹高7m未満であることから、これら風散布型の樹種の種子散布能力は、広葉樹林のそれと比較して小さいと考察される。一方で、重力散布型や鳥散布型の樹木の種子散布能力は、樹高よりも種子生産量や個体数密度の影響を受ける。したがって、現段階では、カラマツ人工林のレフュージア機能の向上には、風散布型の樹木よりも重力散布型や鳥散布型の樹木のほうが貢献していることが考えられる。いずれにしても、本研究では、カラマツ人工林の種子供給機能は針広混交林よりも低いと結論される。今後、カラマツ人工林の生態系サービスの向上の一環としてレフュージア機能を高めるのであれば、カラマツ人工林内に生育しているカラマツ以外の樹種の育成を図るために、間伐をさらに加えるなどの誘導的施策が必要であろう。

謝 辞

本調査地の設定に当たっては、現東信森林管理署の末安桂氏に、植物の同定に当たっては信州大学野生生物保全研究室の荒瀬輝夫准教授に、それぞれ有益な御助言をいただきました。また本研究に記載した気象データは、信州大学治山研究室の小野裕助教よりいただきました。現地調査に当たっては、当時の信州大学森林立地学研究室の丸山一樹、山中豪、飯野啓介、中山愛、西尾麻美、中野大佑、米山ひかるの各氏、および森林環境研究室の伊藤万理耶、和田鉄平の両氏に御協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

引用文献

- 1) BHUJU, D.R., OHSAWA, M., (1999) Species dynamics and colonization patterns in an abandoned forest in an urban landscape. *Ecol. Res.* 14: 139-153
- 2) BRUNET, J., FALKENGREN-GRERUP, U., TYLER, G., (1996) Herb layer vegetation of south Swedish beech and oak forests—effects of management and soil acidity during one decade. *For. Ecol. Manage.* 88: 259-272
- 3) 千葉宗男 (1981) 森林の保育とは. カラマツ造林学 (浅田節夫・佐藤大七郎編), 農林出版, 東京, pp.127-150
- 4) FAHY, O., GORMALLY, M., (1998) A comparison of plant and carabid beetle communities in an Irish oak woodland with a nearby conifer plantation and clearfelled site. *For. Ecol. Manage.* 110: 263-273
- 5) GREENE, D. F. JOHNSON, E. A. (1989) A model of wind dispersal of winged or plumed seeds. *Ecology* 70: 339-347
- 6) 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. *日本森林学会誌* 88: 1-7
- 7) 橋場 功 (1985) 林内にとどく光と木のめばえと育ち具合. 天然林を考える (北海道営林局編), 北方林業会, 札幌, pp.72-76
- 8) 樋口高志・肥後睦輝 (1994) 伐採跡地における落下種子の種組成. *岐阜大農研報* 59: 1-10
- 9) HOPPE W. G. (1988) Seedfall pattern of several species of bird-dispersed plants in an Illinois woodland. *Ecology.* 69: 320-329
- 10) ITO, S., NAKAGAWA, M., BUCKLEY, G. P., and NOGAMI, K. (2003) Species richness in sugi (*Cryptomeria japonica* D. Don) plantations in southeastern Kyushu, Japan. The effects of stand type and age on understory trees and shrubs. *J. For. Res.* 8: 49-57
- 11) 清野嘉之 (1990) ヒノキ人工林における下層植物群落の動態と制御に関する研究. 森林総合研究所研究報告 359: 1-122
- 12) 小林正明 (2007) 花からたねへ, 全国農村教育協会, 東京, pp247
- 13) 小山浩正 (2002) 近自然型森林造成方法の提案—(I) 人工レフュージアとしてのカラマツ林の価値—. *北方林業* 54: 193-197
- 14) 茂木 透・高橋秀男・勝山輝男・石井英美・太田和夫・城川四郎・崎尾 均・中川重年・吉山 寛 (2000a) 山溪ハンディ図鑑3 樹に咲く花—離弁花①—. 719pp, 山と溪谷社, 東京.
- 15) 茂木 透・高橋秀男・勝山輝男・石井英美・太田和夫・城川四郎・崎尾 均・中川重年・吉山 寛 (2000b) 山溪ハンディ図鑑4 樹に咲く花—離弁花②—. 719pp, 山と溪谷社, 東京.
- 16) 茂木 透・高橋秀男・勝山輝男・石井英美・太田和夫・城川四郎・崎尾 均・中川重年・吉山 寛 (2001) 山溪ハンディ図鑑5 樹に咲く花—合弁花・単子葉・裸子植物—. 719pp, 山と溪谷社, 東京.
- 17) 村山正郎・片田正人 (1957) 5万分の1地質図幅説明書 赤穂. 地質調査所 (現: 独立行政法人産業技術総合研究所 地質調査総合センター, 茨城).
- 18) 長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. *日本林学会誌* 82: 407-416.
- 19) NAGAIKE, T. (2002) Differences in plant species

- diversity between conifer (*Larix kaempferi*) plantations and broad-leaved (*Quercus crispula*) secondary forests in central Japan. *For. Ecol. Manage.* 168: 111-123.
- 20) 長池卓男 (2007) 種多様性の保全—種数が多ければすばらしい森林か?— 主張する森林施業論: 22世紀を展望する森林管理 (森林施業研究会編), 日本林業調査会, 東京, pp.130-137.
- 21) 中村 健・高橋成直・村上浩二 (1968) 信州大学西駒演習林土壌調査報告. 信州大学農学部演習林報告 5: 45-73.
- 22) NAKASHIZUKA, T., IIDA, S., MASAKI, T., SHIBATA, M., TANAKA, H. (1995) Evaluating increased fitness through dispersal - comparative study on tree populations in a temperate forest, Japan. *Ecoscience* 2: 245-251.
- 23) 野々田秀一・渋谷正人・斎藤秀之・石橋 聡・高橋正義 (2008) トドマツ人工林への広葉樹の侵入および成長過程と間伐の影響. 日本森林学会誌 90: 103-110.
- 24) QIAN, H., KLINKA, K., SIVAK, B., (1997) Diversity of the understory vascular vegetation in 40-year-old and old-growth forest stands on Vancouver Island, British Columbia. *J. Veg. Sci.* 8: 773-780.
- 25) 林野庁編 (2009) 森林・林業白書. 253pp, 社団法人日本林業協会, 東京.
- 26) STAPANIAN, M. A., CASSELL, D. L., (1999) Regional frequencies of tree species associated with anthropogenic disturbances in three forest types. *For. Ecol. Manage.* 117: 241-252
- 27) 杉本真由美・川崎圭造 (2005) カラマツ人工林化にともなう土壌化学性の変化—隣接する広葉樹林土壌との比較—. 森林立地 47: 29-37.
- 28) 杉田久志・猪内次郎・百目木忠之・田口春孝・岩根好伸・大石康彦・昆 建児 (2003) 天然更新によるカラマツ人工林の広葉樹林への誘導—小岩井農場山林における事例—. 東北森林科学会誌 8: 1-9.
- 29) 鈴木和次郎・須崎智応・奥村忠充・池田 伸 (2005) 高齢級化に伴うヒノキ人工林の発達様式. 日本森林学会誌 87: 27-35.
- 30) 武田明正・木村裕之 (1988), 三重県下にみられる主要な森林類型の木本類の種多様度. 日林誌 70, 269-272.
- 31) 竹中明夫 (2009) 全天写真解析プログラム CanopOn2 URL (<http://takenaka-akio.cool.ne.jp/etc/canopon2/>).
- 32) 田中ゆり子・岡野哲郎 (2008) 落葉広葉樹林に隣接するカラマツ人工林内における広葉樹種の更新—種子散布から更新樹成立過程における種組成の変化と更新環境—中部森林研究 57: 39-42.
- 33) UTSUGI, E., KANNO, H., UENO, N., TOMITA, M., SAITOH, T., KIMURA, M., KANOU, K. and SEIWA, K. (2006) Hardwood recruitment into conifer plantations in Japan: Effects of thinning and distance from neighboring hardwood forests. *For. Ecol. Manage.* 237: 15-28.
- 34) 山川博美・伊藤 哲・作田耕太郎・溝上展也・中尾登志雄 (2009) 針葉樹人工林の小面積皆伐による異齡林施業が森林の多面的機能に及ぼす影響. 日本森林学会誌 91: 277-284.

Evaluation of larch stand as a refugium for broad leaved species planted in upper edge of cool temperate zone

Yuriko TANAKA^{1,2}, Tetsuo SHIROTA¹, Takashi KIMURA^{1,3} and Tetsuo OKANO¹

¹Faculty of Agriculture, Shinshu University,

²Tanagura District Forest Office, Higashi-Shirakawa, Fukushima

³Graduate School of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo, Hokkaido

Summary

Forest structure, light condition, and species composition were compared between larch stand and natural mixed forest in order to evaluate larch stand as a refugium for broad leaved species. The structure of larch stand was clear. In the larch stand, the heights of most invaded broad leaf species were less than 7 m. The light condition of larch stand was inferior to than natural forests. 10 woody plant species were found in both larch stand and natural forest, while 8 species were found only in natural forest. Although the half of broad leaved species in larch stand was wing-seed- dispersal type, their ability of seed dispersal

seemed to be low, because the tree height of these trees were not high. We concluded that the ability of refugium for broad leaf species is not fully attained in the larch stand reported in our study.

Key word : artificial larch forest, function of refugium, species diversity, forest structure, seed dispersal