

スギ人工林における周辺林分や林地生産力の違いが 下層木本の組成やサイズに及ぼす影響

吉川 秀平*・國崎 貴嗣**

Effects of surrounding stands and forest site productivity on the composition and size of
understory trees in Sugi (*Cryptomeria japonica*) plantations

Shuhei YOSHIKAWA*¹ and Takashi KUNISAKI**

1. はじめに

我が国の森林面積の4割を占める人工林の中で、スギ人工林は43%と大きな割合を占めており、自然環境保全を考慮する上で無視することはできない(長池, 2000; 林野庁, 2013)。しかし、近年増加している手入れ不足の人工林では、生物多様性保全(Hill, 1979; 清野, 1990)や水土保全(大原, 2007)の機能が低い。そこで、こうした機能を高度化するため、針広混交林化が注目されている(Kerr, 1999; 長池, 2000; 林野庁, 2007)。人工林は同齢の単一樹種で構成されることが多い(Kerr, 1999)ため、針広混交林への誘導には林分外からの広葉樹の導入が必要である。また、林業経営の採算性の悪化、林業従事者の減少や高齢化(林野庁, 2013)を踏まえた粗放的な育林の観点から、広葉樹の導入には天然更新が望ましい。

天然更新によるスギ人工林への広葉樹導入のための重要な要因のひとつとして、近隣での種子供給源の確保(長池, 2000; Utsugi et al., 2006; 齊藤ら, 2006; 谷口, 2007)が知られている。また、広葉樹の種子供給源として、スギ人工林の周辺林分が機能する可能性が指摘されている(小谷, 2004; Kodani, 2006; 菅原・國崎, 2011)。周辺がスギ人工単純林である場合より、広葉樹二次林、またはアカマツ林など広葉樹の混交しやすい林分である場合の方が、侵入する広葉樹の種数は多くなることが予想される。しかし、スギ人工林に侵入する広葉樹群集

Received February 28, 2014

Accepted June 9, 2014

* 岩手大学農学部 **岩手大学環境科学系

¹ 現在の所属 岩手大学大学院農学研究科

の具体的な組成やサイズに対して周辺林分がどのように影響するのかについてはあまり明らかになっていない。

また、伐採による林内光環境の改善（伊藤，1986）も、針葉樹人工林への広葉樹導入のための重要な要因である。しかし、林内光環境を改善したとしても、地形や土壌条件の影響する林地生産力（地位指数）の違いにより、その後の林冠閉鎖の速度は異なり（安藤，1968；Fish et al., 2006），林内光環境に差異が生じる。この結果、林地生産力の違いが広葉樹の侵入状況に影響を及ぼし、林地生産力の低いスギ林で広葉樹本数密度が高くなる傾向が報告されている（國崎・川村，2000）。しかし、この傾向の一般性についてはあまり議論されていない。種多様性の高い針広混交林の育林方法確立のため、こういった要因が広葉樹の侵入にとって重要な要素となり得るのかを調べる必要がある。

天然生林においても、水分・養分条件の良いと思われる斜面下部ほど広葉樹本数密度が低いことが知られており（山中ら，1993；杉田ら，1995），斜面の上下で林地生産力に違いがあると予想される。そのため、周辺林分の異なる，斜面上のスギ人工林において下層木本を調査することで、広葉樹の侵入に影響する要因としての周辺林分や林地生産力の可能性を、定量的に評価することができると考えられる。

そこで本研究では、滝沢演習林のスギ人工林を対象として、周辺林分や林地生産力の違いが下層木本の組成・サイズに及ぼす影響を明らかにすることを目的とする。

II. 調査地と方法

1. 調査地

調査地は岩手大学農学部附属寒冷フィールドサイエンス教育研究センター滝沢演習林（以下、滝沢演習林）内のスギ人工林である。滝沢演習林は、総面積280.5haで、北緯39° 46′，東経141° 9′ に位置する。滝沢演習林の標高210m地点における気象観測資料（1983～2003年）によれば、年平均気温9.2℃，暖かさの指数76.7，年平均降水量1,219mmである。最深積雪深は40 cm程度であり，少雪地域に相当する。

本研究では、スギ人工林のうち、林齢が11，12齢級と同程度であること，周辺林分が異なること，斜面上下方向に40m以上の水平距離を確保できることを条件に，滝沢演習林の林相図および現地踏査から調査地を選定した。その結果，調査対象地は13林分となった。表-1に各調査地の概要を示す。

2. 調査方法

各林分に，図-1のように長さ10mのプロットを斜面上下方向に4つ連続して並べる形で带状標準地を設定した。標準地の設定には巻尺，超音波樹高測定器（VERTEX III，Haglof社），

表一 1 調査地の概要

林小班	林齢 (年)	平均傾斜角 (度)	スギ本数密度 (本/ha)	林冠木本数密度 (本/ha)*
1-に	51	12.7	1,100	1,100
2-か	54	4.0	750	750
2-た	59	13.3	925	925
4-か	53	0.0	1,000	1,000
4-り	53	9.9	725	725
4-を	53	12.7	1,275	1,350
6-え西	56	16.4	850	850
6-え東	56	12.7	1,350	1,350
6-ま北	55	13.9	600	700
6-ま中	55	9.0	1,125	1,125
6-まわ	53	14.4	725	725
7-と	56	21.5	950	1,050
7-ぬ	56	12.0	650	650

* スギを含む林冠形成木の本数密度

測桿を用い、スギについては幅10m、下層木本については幅5mの範囲内に入るものを調査した。標準地調査では、範囲に含まれるすべてのスギおよび林冠形成木について胸高直径、樹高を測定した。なお、胸高直径の測定には直径巻尺を、樹高の測定はVERTEX IIIを用いておこなった。また、下層木本については、ツル性木本を除く樹高1.3m以上のものを対象に樹種を判別し、測桿を用いて樹高を計測した。

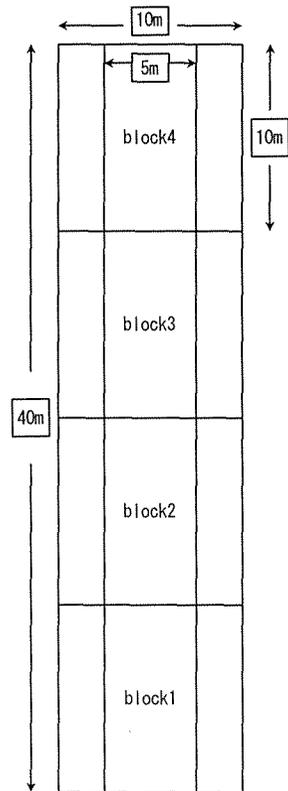
3. 解析方法

1) 林地生産力の影響

スギ人工林内に侵入した広葉樹本数密度を目的変数として、地位指数および林内光環境の指標を説明変数として回帰分析(単回帰, 重回帰)をおこなった。地位指数の推定にあたっては、川村・國崎(2000)を参考に基準林齢を40年とする地位指数曲線を作成した。そして、各プロットにおける樹高の上位3分の2の平均を上層木平均樹高として、地位指数曲線に基づき地位指数を推定した。また、林内光環境を評価するための間接的な指標(安藤, 1983: 下元ら, 2000; 小山ら, 2009)として、森林の密度指標であるスギの収量比数および林冠木相対幹距を用いた。表一2に、各プロットのスギ収量比数, 林冠木相対幹距および地位指数を示す。

2) 周辺林分の影響

本研究では、種子供給源として機能すると考えられる広葉樹林およびアカマツ林のみを周辺



図一 1 標準地の設定方法

表-2 各プロットの密度指標、地位指数および周辺林分数

プロット	スギ収量比数	林冠木相対幹距 (%)	地位指数 (m)	周辺広葉樹林数	周辺アカマツ林数
1に1	0.94	10.3	24.5	0	2
1に2	0.81	12.6	23.0	0	2
1に3	0.93	10.8	21.5	0	2
1に4	0.73	14.3	20.5	0	3
2か1	0.74	13.6	24.0	0	0
2か2	0.84	11.9	24.0	0	0
2か3	0.74	13.5	24.0	0	0
2か4	0.71	14.3	22.5	0	0
2た1	0.85	11.5	25.5	0	0
2た2	0.94	10.3	24.0	0	0
2た3	0.84	11.9	23.0	0	0
2た4	0.81	12.6	22.0	0	1
4か1	0.91	10.7	25.5	0	1
4か2	0.74	13.5	24.0	0	1
4か3	0.96	9.9	25.0	0	1
4か4	0.96	9.8	26.0	0	1
4り1	0.77	12.8	25.5	1	2
4り2	0.63	15.7	24.5	1	2
4り3	0.76	13.4	23.0	1	2
4り4	0.79	12.9	22.0	1	2
4を1	0.85	11.2	20.5	1	0
4を2	0.83	12.2	19.5	1	0
4を3	0.88	11.8	20.5	1	0
4を4	0.90	11.5	20.0	1	0
6え西1	0.60	16.8	20.5	2	1
6え西2	0.73	14.1	21.0	2	1
6え西3	0.61	16.7	20.5	2	1
6え西4	0.89	11.7	19.5	2	1
6え東1	0.85	12.1	20.0	0	2
6え東2	0.97	10.2	20.5	0	2
6え東3	0.86	12.2	19.0	0	2
6え東4	0.86	12.2	19.0	0	2
6ま北1	0.83	12.3	22.0	1	0
6ま北2	0.50	18.5	19.0	1	0
6ま北3	0.61	15.5	23.5	1	0
6ま北4	0.39	17.4	17.5	1	0
6ま中1	0.90	11.2	22.0	2	0
6ま中2	0.79	12.9	22.0	2	0
6ま中3	0.84	12.3	21.0	1	0
6ま中4	0.84	12.5	19.0	1	0
6わ1	0.75	13.6	22.5	1	1
6わ2	0.80	12.5	24.5	1	1
6わ3	0.70	14.6	22.5	1	1
6わ4	0.62	16.4	21.5	1	1
7と1	0.46	17.5	16.0	1	0
7と2	0.61	16.3	17.0	1	0
7と3	0.66	17.2	14.0	1	0
7と4	0.73	15.1	16.0	1	0
7ぬ1	0.72	14.9	18.0	1	1
7ぬ2	0.64	16.3	19.5	1	1
7ぬ3	0.49	20.3	18.5	1	1
7ぬ4	0.43	22.3	19.0	1	1

林分として取り扱い、他の針葉樹林については周辺林分に含まないものとした。その上で、林相図上でプロットの四方（斜面上下左右）50m以内に存在する林分の林相を判別した。各方位において範囲内に周辺林分が存在するかどうかを確認し、広葉樹林、アカマツ林のいずれも存在しなかった場合は0、両林分のどちらか、もしくは双方が存在した場合は1とカウントした。そして、4方位の合計値（0～4）を周辺林分数とした。同様に、広葉樹林のみ、アカマツ林

のみにについてもその有無を判別し、各林分の存在する方位数（0～4）を、それぞれ周辺広葉樹林数、周辺アカマツ林数とした（表-2）。

また、侵入した広葉樹を生活型（高木、小高木、低木）、種子散布型（鳥、小動物、風、重力）で区分し（表-3）、生活型それぞれの侵入本数、種数および平均樹高、ならびに種子散布型別の侵入本数と、周辺林分、周辺広葉樹林数、周辺アカマツ林数との間の対応関係を

表-3 調査地に侵入した広葉樹

生活型	樹種	常在度 (%)	本数密度 (本/ha)	種子散布型
高木	ウワミズザクラ	44.2	169	鳥
	ハクウンボク	40.4	208	鳥
	ホオノキ	32.7	104	鳥
	コブシ	25.0	65	鳥
	ヤマグワ	21.2	50	鳥
	ハリギリ	15.4	31	鳥
	ミズキ	15.4	38	鳥
	クリ	13.5	31	小動物
	カスミザクラ	13.5	35	鳥
	ニガキ	13.5	27	鳥
	エゾエノキ	11.5	23	鳥
	ケヤキ	9.6	31	風
	オオモミジ	7.7	19	風
	ハウチワカエデ	7.7	23	風
	コナラ	5.8	15	小動物
	イタヤカエデ	3.8	8	風
	オニグルミ	3.8	8	小動物
	ミズナラ	1.9	4	小動物
	アワブキ	1.9	4	鳥
	ウリハダカエデ	1.9	4	風
コシアブラ	1.9	4	鳥	
コハウチワカエデ	1.9	4	風	
コミネカエデ	1.9	4	風	
シウリザクラ	1.9	4	鳥	
小高木	ツノハシバミ	50.0	254	小動物
	クサギ	26.9	131	鳥
	マルバアオダモ	26.9	85	風
	アオハダ	25.0	62	鳥
	ハシバミ	15.4	54	小動物
	エゴノキ	11.5	23	小動物
	ツリバナ	11.5	35	鳥
	ヤマウルシ	9.6	19	鳥
	オオバクロモジ	7.7	38	鳥
	タラノキ	5.8	12	鳥
	ヒトツバカエデ	5.8	15	風
	ヤマボウシ	5.8	12	鳥
	ナツハゼ	1.9	4	鳥
	ニワトコ	1.9	8	鳥
マユミ	1.9	4	鳥	
低木	ミツバウツギ	86.5	877	重力
	ムラサキシキブ	61.5	269	鳥
	キブシ	42.3	404	小動物
	サンショウ	38.5	192	鳥
	ガマズミ	36.5	127	鳥
	コゴメウツギ	36.5	173	重力
	ハナイカダ	21.2	62	鳥
	ミヤマガマズミ	15.4	54	鳥
	モミジイチゴ	13.5	58	小動物
	ヤマブキ	9.6	65	風
	クマイチゴ	3.8	8	小動物
	アオキ	1.9	4	鳥
ノリウツギ	1.9	4	重力	

アソンの積率相関係数を用いて調べた。

なお、生活型の区分については林業科学技術振興所(1985)を、種子散布型の分類については菊沢(1983)およびNagaike(2002)を参考におこなった。

III. 結 果

1. 林地生産力の影響

地位指数および各密度指標の広葉樹本数密度に対する単回帰の結果を表-4に示す。このうち、最も広葉樹本数密度との間の相関が強かったのは地位指数であり、有意な負の相関が認められた(図-2)。

次に、因子の影響の大きさを調べるため、広葉樹本数密度(N)を目的変数、地位指数および林冠木相対幹距を説明変数として重回帰モデルに当てはめ、ステップワイズ法により有意水準5%で有効な変数の選択をおこなった。その結果、次式のように地位指数(A)が説明変数として選択された。

$$N = 14474.33 - 493.07A \quad (r^2 = 0.42) \quad (1)$$

(1)式より、地位指数が低いほど広葉樹本数密度は高くなることが確認された。

表-4 広葉樹本数密度に対する回帰の結果

説明変数	r	P 値
地位指数	-0.65	<0.01
スギ取量比数	-0.29	<0.05
林冠木相対幹距	0.39	<0.01

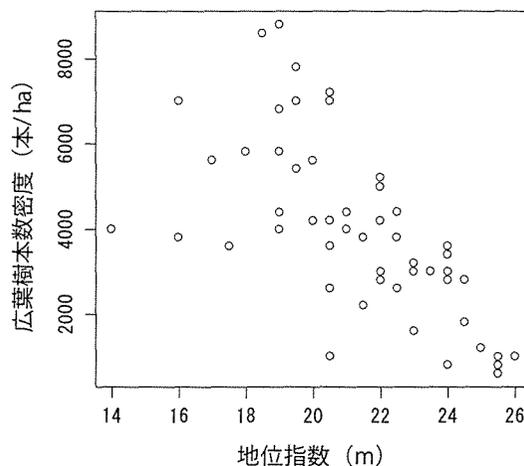
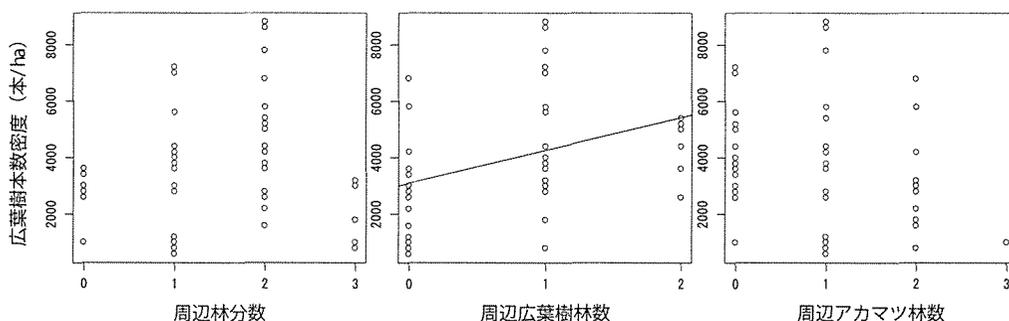
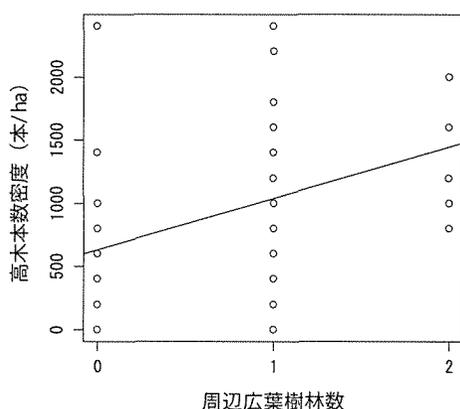


図-2 広葉樹本数密度と地位指数の関係



図一 3 種類別周辺林分の数と広葉樹本数密度との関係



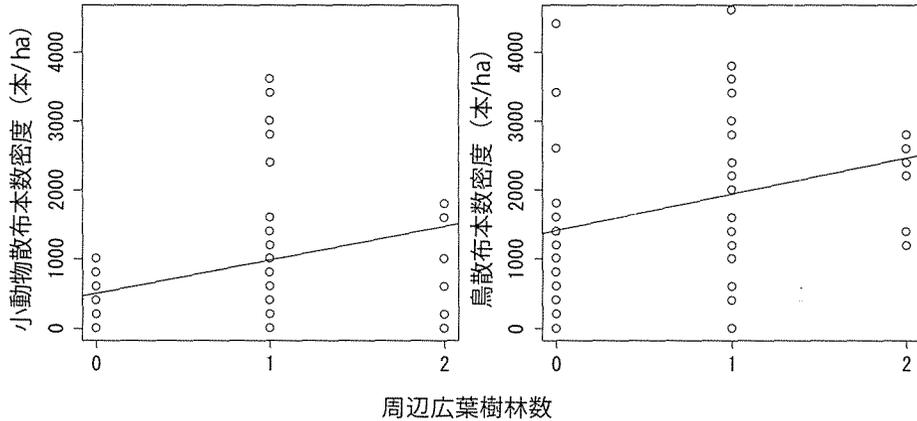
図一 4 周辺広葉樹林数と高木本数密度との関係

2. 周辺林分の種類および数と広葉樹の侵入

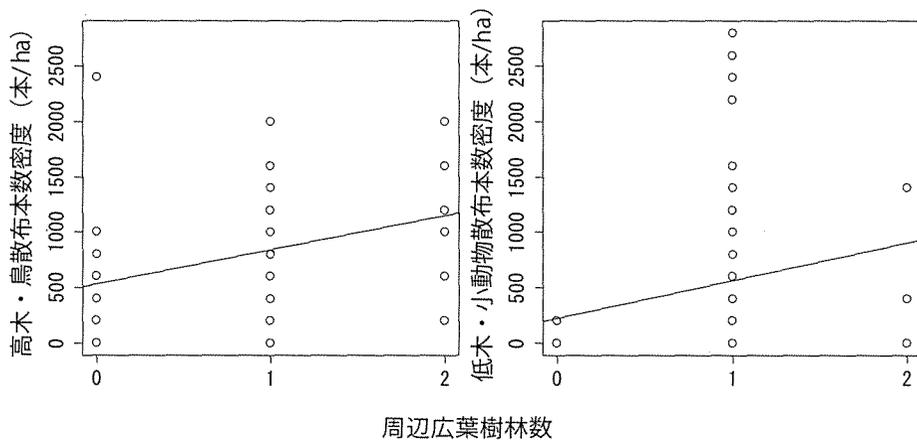
周辺林分数，周辺広葉樹林数および周辺アカマツ林数と広葉樹本数密度について調べてみると（図一 3），周辺広葉樹林数との間に有意な正の相関が認められた（ $r=0.37$ ， $P<0.01$ ）。そこで，周辺広葉樹林数と生活型毎の本数密度との関係を見ると，高木本数密度との間にのみ有意な正の相関が確認された（図一 4： $r=0.38$ ， $P<0.01$ ）。

同様に，侵入した広葉樹の種類数との対応関係についても，周辺広葉樹林との間に有意な相関が認められ（ $r=0.37$ ， $P<0.01$ ），各生活型との検定では高木および低木種数との間に有意な正の相関が認められた（高木， $r=0.36$ ， $P<0.01$ ；低木， $r=0.33$ ， $P<0.05$ ）。

また，侵入した広葉樹の種子散布型別の本数密度と周辺広葉樹林数との関係を見ると，小動物散布および鳥散布本数密度との間に有意な正の相関が認められた（図一 5：小動物， $r=0.36$ ， $P<0.01$ ；鳥， $r=0.29$ ， $P<0.05$ ）。次に，生活型毎の種子散布型での区分による本数密度と，周辺広葉樹林数との関係を確認した。その結果，高木の鳥散布種および低木の動物散布種との間に有意な正の相関が認められた（図一 6：高木・鳥， $r=0.34$ ， $P<0.05$ ；低木・小動物， $r=0.31$ ， $P<0.05$ ）。



図一五 周辺広葉樹林数と小動物および鳥散布本数密度との関係



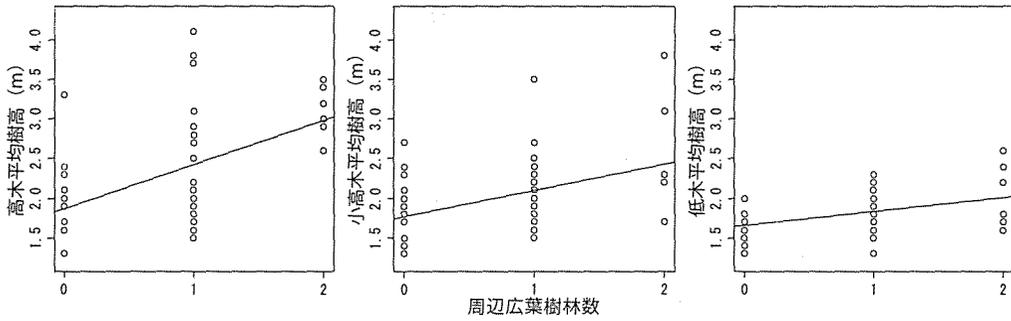
図一六 周辺広葉樹林数と高木・鳥散布および低木・小動物散布本数密度との関係

3. 周辺林分の種類および数と下層木本のサイズ

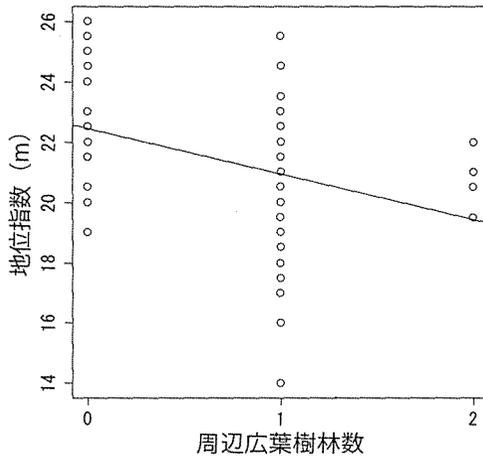
周辺林分数, 周辺広葉樹林数, 周辺アカマツ林数について広葉樹の平均樹高との関係を見ると, 周辺林分数および周辺広葉樹林数との間に有意な正の相関が確認された(周辺林分数, $r = 0.39$, $P < 0.01$; 周辺広葉樹林数, $r = 0.62$, $P < 0.01$)。次に, 周辺広葉樹林数と生活型毎の平均樹高との関係についてみると, それぞれについて有意な正の相関が認められた(図-7: 高木, $r = 0.51$, $P < 0.01$; 小高木, $r = 0.32$, $P < 0.05$; 低木, $r = 0.33$, $P < 0.05$)。

4. 林地生産力および周辺林分と広葉樹の侵入

侵入した広葉樹の本数密度を説明する因子として, 林地生産力と周辺広葉樹林数の影響の強さを調べるため, 広葉樹本数密度を目的変数, 地位指数および周辺広葉樹林数を説明変数としてステップワイズ法による重回帰分析をおこなった。その結果, 地位指数のみが有効な変数と



図一七 生活型毎の平均樹高と周辺広葉樹林数の関係



図一八 地位指数と周辺広葉樹林数との関係

して選択され、(1)式と同じ式が得られた。この結果より、これら2つを因子とすると、広葉樹本数密度は林地生産力のみで説明可能であることが確認された。そこで、地位指数と周辺広葉樹林数について相関の検定をおこなうと、有意な負の相関が認められた(図一八： $r = -0.36$, $P < 0.01$)。つまり、周辺広葉樹林数が多くなるほど、地位指数は低くなる傾向が確認された。また、生活型毎、種子散布型毎の本数密度を目的変数として、地位指数 (A_1) および周辺広葉樹林数 (A_2) を説明変数としてステップワイズ法による重回帰分析をおこなうと、高木本数密度 (N_h) を目的変数とした場合のみ周辺広葉樹林数が有意となり、次式が選択された。

$$N_h = 3267.6 - 117.41A_1 + 230.41A_2 \quad (r^2 = 0.33) \quad (2)$$

(2)式より、地位指数が低いほど、周辺広葉樹林数が多いほど、高木本数密度は高くなることが確認された。

IV. 考 察

1. 林地生産力の影響

(1) 式の結果は、林地生産力の低い林分ほど広葉樹の侵入が多いことを意味する。このことは、御明神演習林のスギ人工林で確認された知見(國崎・川村, 2000)と同様である。また、回帰の結果より、地位指数の広葉樹本数密度に及ぼす影響は光環境を示す他の密度指標と比べて大きく、林地生産力はスギ人工林への広葉樹侵入に対し、重要な要因であると考えられる。

斉藤(1989)によれば、林床植生の種数は林内が明るいほど増加する傾向がある。しかし、本研究では、林内光環境の間接的な指標として用いた収量比数および林冠木相対幹距よりも、地位指数の方が広葉樹本数密度に及ぼす影響は大きいという結果になった。地位指数は広葉樹本数密度に対してよりもスギの個体群構成値に対し影響する因子であり、林冠閉鎖までの時間に強く関わるものと予想される(國崎・川村, 2000)。他樹種ではあるものの、ロジポールマツ林では地位指数と林冠閉鎖度との間に有意な正の相関が認められている(Fish et al., 2006)。これらのことから、ある時点での林冠下の光の強弱よりも、一定以上の光条件が継続する期間の長さの方が、広葉樹の侵入にとって強く影響するものと考えられる。ただし、本研究では、具体的な林内光量や光環境改善からの経過年数については取り扱わなかったため、どの程度の光環境がどのくらい持続すれば下層植生が侵入できるのかを明らかにできなかった。

2. 広葉樹の侵入に及ぼす周辺林分の影響

1) 周辺林分と生活型

周辺林分として、スギ人工林内に侵入した広葉樹の本数密度、種数および平均樹高について有意な相関が確認されたのは周辺広葉樹林のみであり(図-3)、アカマツ林の存在は広葉樹の侵入にはそれほど影響を与えないことが示唆された。周辺広葉樹林数との間に確認された相関は正であり、林分周囲を取り囲む広葉樹林の数が多いほど、侵入する広葉樹の本数、種数は多く、樹高は高くなる傾向にある。

侵入した広葉樹の生活型毎の本数密度について、周辺広葉樹林数の有意な影響が確認されたのは、高木本数密度に対してのみであった(式(2))。図-4より、高木本数密度は各生活型の本数密度と周辺広葉樹林数との間で唯一有意な相関がみられており、周辺広葉樹林数の影響が比較的大きいと考えられる。そのため、高木本数密度を目的変数とした場合のみ、周辺広葉樹林数が有効な変数として選択されたものと推測される。低木や小高木において周辺広葉樹林数が有意とならなかった理由としては、次のようなことが考えられる。低木や小高木はスギ人工林内にも多数侵入しており、高木に比べ早い段階で種子散布が可能となる。母樹となる低木や小高木がスギ人工林内にも存在するため、種子供給源として必ずしも周辺広葉樹林に依存する必要はない。そのため、スギ人工林内に侵入した低木や小高木の本数密度には、周辺広葉樹

林数の影響は小さくなったと考えられる。また、低木種数と周辺広葉樹林数の間にみられた正の相関については、低木・小動物散布型の本数密度と周辺広葉樹林数との間に相関が認められたことから、小動物散布型の低木の侵入が影響していると考えられる。

2) 周辺林分と種子散布型

種子散布型別の本数密度と周辺広葉樹林数との関係を見ると、有意な相関が確認されたのは鳥散布型および小動物散布型であった(図-5)。調査したプロットの約半数が収量比数0.8以上の過密林分であり、4分の1が収量比数0.7~0.79の中庸林分であった(表-2)。このため、風散布型や重力散布型の種子散布形式では、立ち並ぶスギが障壁となり、スギ人工林内への侵入が妨げられると考えられる。谷口(2007)の研究より、スギ人工林内に出現した高木性広葉樹種は皆伐地での出現種と異なり、鳥散布型樹種が多いという結果が示されている。表-3より、今回出現した高木性樹種において、常在度の上位ほとんどを鳥散布型の樹種が占めており、既存の研究と同様の結果といえる。また、スギ人工林では、種子供給源からの距離が鳥散布型種子の分布に与える影響はほとんどないか、あっても非常に少ないことが示唆されている(平田ら, 2006)。しかし、鳥散布型樹種であっても、林内に止まり木のない伐採跡地では、広葉樹林から離れるほど種子散布量が減少することが示されている(谷口, 2007)。これらのことから、鳥散布型樹種の種子散布には距離の影響が少なくとしても、そう遠くない場所に種子供給源となる広葉樹林が必要であると予想される。また、今回の結果より、高木・鳥散布型の本数密度と周辺広葉樹林数の間に有意な正の相関が認められた(図-6)ことから、スギ人工林の周辺に広葉樹林が多く存在することは、鳥散布型樹種のスギ人工林への侵入の増加に影響していると考えられる。以上のように、スギ人工林において周辺広葉樹林は主に高木性鳥散布型樹種の種子供給源として機能しており、スギ人工林を取り囲む林分のうち、広葉樹林の割合が多いほどその影響は強まると推測される。しかし、本研究では周辺林分の具体的な樹種組成について調査をしていないため、周辺広葉樹林の種子供給源としての機能を明らかにするためには、今後のより詳細な研究が必要である。

3) 周辺林分と下層木本のサイズ

侵入した広葉樹のサイズについては、高木、小高木、低木のいずれにおいても、周辺広葉樹林数の増加に伴い平均樹高が高くなる傾向が認められた(図-7)。下層木本の樹高に影響する要因として、下層木本の樹齢もしくは光環境の違いが考えられる。すなわち、周辺広葉樹林数の多いスギ人工林では、リター蓄積が少なく広葉樹が侵入しやすい環境にあるか、広葉樹の樹高成長を促進するような、光環境の良い状態にあると予想される。Utsugi et al. (2006)は、広葉樹林と隣接するスギ人工林では、林内に比べ、広葉樹林から10m以内の林縁においてリター蓄積がより浅く、光量および土壌温度がより高いことが確認され、広葉樹の侵入やその後の成長に都合のよい環境であることを示している。周辺広葉樹林数が多いということは、広葉樹林と接する林縁が多いことを意味し、広葉樹の侵入・成長に好適な環境が多いことを示唆する。

周辺広葉樹林数が多いほど侵入した広葉樹の平均樹高が高くなるという本研究の結果に、このことが影響している可能性が考えられる。しかし、本研究におけるプロットの設置位置は林縁に限らず、広葉樹林と接する林縁からの距離が10m以内の位置にあるプロットは多くない。そこで、広葉樹のサイズに影響している他の要因について、周辺広葉樹林数と地位指数との間にみられた負の相関(図-8)から考察する。負の相関が確認されたことについて、偶然ではないと仮定すると、2つの可能性が想定される。第一に、適地適木の観点に反し、林地生産力が高くない広葉樹林の皆伐跡地にスギ人工林を造成したことが考えられる。人工林造成前の土地利用は、植物の残存物や土壌の物理的・化学的変性などにより、侵入する広葉樹の樹種組成に影響を及ぼす(長池, 2000)。また、人工林造成前の林況は、下刈りや除伐後における広葉樹の再生に影響することが示唆されている(國崎・川村, 2000)。これらのことから、前林分が広葉樹林であることで伐根萌芽枝や埋土種子が多く、広葉樹が再生・侵入しやすいことに加え、林地生産力が高くない立地に造成されたスギ林であることで、林冠閉鎖していない期間が比較的長く、広葉樹が成長しやすくなった可能性が推察される。また、周辺広葉樹林数と地位指数との間の負の相関についての別の可能性として、林分成立初期段階におけるスギと雑草木との競合が周辺広葉樹林の影響で激化し、スギの初期成長が悪化したことが考えられる。つまり、周辺広葉樹林数の多い林分ではスギの初期成長が悪くなる結果、林冠閉鎖までの期間が長くなり、林内光環境が良好になったと予想される。このことが侵入した広葉樹のサイズに影響し、本研究のような結果が得られた可能性が考えられる。周辺広葉樹林数が多いほど侵入した広葉樹の樹高が高くなる傾向が認められたことの理由として、以上のことが考えられた。しかし、今回の調査では、スギ人工林に侵入した広葉樹のサイズを規定する要因について明らかにできなかった。今後の研究では、針葉樹人工林内への広葉樹の侵入に影響する要因を解明するため、光量、広葉樹の侵入時期や樹高成長速度を調査する必要がある。

結論として、天然更新によるスギ人工林の針広混交林化を考える際には、林地生産力および周辺林分の違いは重要な要因となると考えられる。林地生産力は、針葉樹人工林への広葉樹の導入にとって重要な光環境の持続の点で、下層木本の侵入に影響していると考えられる。また、周辺林分としてスギ人工林への広葉樹の侵入に影響を及ぼすのは広葉樹林であり、高木性鳥散布型樹種の種子供給源としての機能の他、広葉樹の侵入および樹高成長にとって好適な環境を構成する機能をもつことが示唆された。そして、どちらの機能も、スギ人工林の周辺に広葉樹林が多いほど、及ぼす影響が強くなると考えられる。

本研究を遂行するにあたり、滝沢演習林の職員各位には調査の便宜を図って頂いた。岩手大学農学部青井俊樹教授には数々の助言を頂いた。森林動態制御研究室の蓮沼友紀子さんには林分調査を手伝って頂いた。ここに記して深甚の謝意を表す。

引用文献

- 安藤 貴 (1968) 同齢単純林の密度管理に関する生態学的研究. 林試研報 210 : 1-153.
- 安藤 貴 (1983) スギ林間伐後の林内の相対照度. 林試研報 323 : 58-59.
- Fish, H., Lieffers, V. J., Silins, U. and Hall, R. J. (2006) Crown shyness in lodgepole pine stands of varying stand height, density, and site index in the upper foothills of Alberta. Can. J. For. Res. 36 : 2104-2111.
- Hill, M. O. (1979) The development of a flora in even-aged plantations. In The Ecology of Even-Aged Forest Plantations. Ford, E. D.; Malcolm, D. C.; Atterson, J., (eds.) Cambridge, Institute of Terrestrial Ecology, 175-192.
- 平田令子・畑邦彦・曾根晃一 (2006) 果実性鳥類による針葉樹人工林への種子散布. 日林誌 88 : 515-524.
- 伊藤忠夫 (1986) 林地の保育. (川名明・片岡寛純 著者代表「造林学 三訂版」200pp, 朝倉書店, 東京), 159-173.
- 川村かの子・國崎貴嗣 (2000) 岩手大学御明神演習林におけるスギ人工林の林地生産力と地形因子との関係. 岩大演報 31 : 111-119.
- Kerr, G. (1999) The use of silvicultural systems to enhance the biological diversity of plantation forests in Britain. Forestry 72 : 191-205.
- 菊沢喜八郎 (1983) 北海道の広葉樹林. 152pp. 北海道造林振興協会, 札幌.
- 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. 森林総研研報359 : 1-122.
- 小谷二郎 (2004) スギ人工林の冠雪害と侵入パターン. 石川県林試研報 35 : 1-86.
- Kodani, J. (2006) Species diversity of broad-leaved trees in *Cryptomeria japonica* plantations in relation to the distance from adjacent broad-leaved forests. J. For. Res. 11 : 267-274.
- 小山浩正・林直哉・高橋教夫 (2009) スギ人工林の疎密度と林内の光環境の関係—人工林の混交林誘導のための目安として—. 森林計画誌 42 : 81-86.
- 國崎貴嗣・川村かの子 (2000) スギ・落葉広葉樹同齢混交林の空間分布. 岩大演報 31 : 121-131.
- 長池卓男 (2000) 人工林生態系における植物種多様性. 日林誌82 : 407-416.
- 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.
- 大原偉樹 (2007) スギ人工林の間伐にともなう水土保全機能に関する研究の必要性. 森林総研

- 研報 6 (通号403) : 127-134.
- 林業科学技術振興所 (1985) 有用広葉樹の知識. 514pp. 林業科学技術振興所, 東京.
- 林野庁 編 (2007) 森林・林業白書 平成19年度版. 165pp, 農林統計協会, 東京.
- 林野庁 編 (2013) 森林・林業白書 平成25年度版. 226pp, 農林統計協会, 東京.
- 齊藤昌宏 (1989) スギ人工林における林内日射量と林床植生量の関係. 日林誌 71 : 276-280.
- 齊藤哲・猪上信義・野田亮・山田康搭・佐保公隆・高宮立身・横尾謙一郎・小南陽亮・永松大・佐藤保・梶本卓也 (2006) 九州における針葉樹人工林および皆伐後再造林未済地に定着した樹木の本数密度の予測. 日林誌 88 : 482-488.
- 下元経寛・吉田茂二郎・光田靖・西園朋広・溝上展也・今田盛生 (2000) 九州大学福岡演習林におけるヒノキ高齢林の間伐に関する研究—間伐による林内光環境の変化と予測—. 九大演報 81 : 31-50.
- 菅原真明・國崎貴嗣 (2011) 滝沢演習林のスギ人工林における下層木本の種多様性に影響する要因の序列化. 岩大演報 42 : 1-14.
- 杉田久志・下本晴夫・成松眞樹 (1995) 岩手大学御明神演習林大滝沢試験地における樹種の空間的分布とサイズ構成. 岩大演報 26 : 115-130.
- 谷口真吾 (2007) 皆伐地に出現した高木性樹種の種数変化と隣接する広葉樹林までの距離. 兵庫県立農林水産技セ研報 (森林林業編) 54 : 10-13.
- 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.
- 山中典和・松本 淳・大島有子・川那辺三郎 (1993) 京都大学芦生演習林モンドリ谷集水域の林分構造. 京大演報 65 : 63-76.

要 旨

周辺林分や林地生産力の違いが下層木本の組成・サイズに及ぼす影響を明らかにすることを目的とし、スギ人工林を対象に調査をおこなった。林地生産力の指標である地位指数と侵入した広葉樹の本数密度との間には負の相関が認められた。地位指数が広葉樹の侵入に及ぼす影響は、林内光環境の指標よりも大きいことが確認された。広葉樹を生活型、種子散布型で区分して周辺広葉樹林数との関係について検定すると、本数密度では高木性鳥散布型樹種との間に正の相関が、平均樹高ではすべての生活型において正の相関が確認された。以上より、林地生産力が低いほど、周辺に広葉樹林が多いほど、スギ人工林内に広葉樹が侵入しやすい傾向が示唆された。

Summary

The effects of the surrounding stand type and forest site productivity on the composition and size of understory trees were examined in middle-aged *Cryptomeria japonica* plantations. A negative correlation was found between the stem density of hardwood colonized and the site index as an indicator of forest site productivity. The effect of the site index on the colonization of hardwood is greater than that of the measures of current light intensity. The stem density of tall hardwood species with seed dispersal type by birds was positively correlated with the number of surrounding hardwood forests. In addition, the mean heights of all life-forms were positively correlated with the number of surrounding hardwood forests. In conclusion, as forest site productivity decreases and the number of surrounding hardwood forests increases, many hardwoods appear to colonize *Cryptomeria japonica* plantations.