

## スギ林の強度間伐が林内の光環境と下層植生に与える影響

相浦英春・大宮徹

Effects of residual trees on photoenvironment and understory vegetation  
in heavy thinned Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D.Don) stand

Hideharu AIURA, Tohru OHMIYA

過密人工林を対象とした「みどりの森再生事業」によって、2008年3月に間伐が行われた朝日町山崎にあるタテヤマスギ林分を対象に、間伐による林内の光環境の変化と、稚樹の発生や植生の変化について調査を行った。間伐前の林床における相対散乱光は林内全体が15%未満であったが、間伐後は15%以上の部分が80%以上になったと推定された。また、間伐によって相対散乱光が15%以上となった場所では、先駆性の高木が多数発生し稚樹の種数も増加した。また、下層植生の植被率や種数も増加した。ただし、間伐後に林内は明るくなったものの、相対散乱光が30%未満の部分が大半を占め、陽樹である先駆性の樹種が生育することは難しいと予想された。実際に、間伐後1年目に発生したこれらの稚樹の多くは、2年目には消滅し個体数は激減していた。以上の結果から、ここで実施されたような間伐は、先駆性木本の発生や下層植生の増加を生じさせるものの、広葉樹がスギと混交して生育できるようにするためには、さらに光環境を改善するための施業が必要になるものと判断された。

### 1. はじめに

2006年に新たに策定された森林・林業基本計画では、国土の保全、水源かん養、地球温暖化の防止などの森林の多面的機能を持続的に発揮させるため、育成単層林の一部については間伐や択伐を進め、徐々に広葉樹林を含む育成複層林へ誘導するとしている(林野庁、2006)。また、富山県においては2007年度から「水と緑の森づくり事業」が開始され、その事業の中で風雪被害を受けた人工林や過密となった人工林など、公益上又は景観上放置しがたく早急に整備が必要と認められる人工林を対象に、間伐や群状択伐を行いスギと広葉樹の混交林へと誘導し、水土保持機能や生物多様性の保全など公益的機能の確保や景観の保全を図ることを目的とした、「みどりの森再生事業」が実施されている。

富山県におけるスギ人工林の間伐についての研究はこれまで、スギ残存木の成長や間伐後のスギ林の林分構造の変化(相浦、2006)、システム収穫表の成長パラメータの調整(嘉戸ら、2008など)、冠雪害抵抗性に対する効果(嘉戸、2001)などを調べる目的で行われてきている。一方、スギ人工林への広葉樹の侵入や混交に関しては、幼齡林や多雪地帯の不成績造林地を対象とした調査事例や、下刈りや除伐といった保育施業の影響などに関する研究成果が報告され

ている(豪雪地帯林業技術開発協議会、2000; 長谷川、2007など)。また、低標高地域に成林したスギ壯齡林を対象とした調査事例として、風雪害を受けたスギ人工林での広葉樹の発生を調べた事例(相浦、2009)がある。しかし、スギ人工林における間伐が林内の光環境や下層植生に及ぼす影響についての調査事例は限られている(相浦、2006)。

そこで、「みどりの森再生事業」によって強度の間伐が行われたスギ壯齡人工林を対象に、間伐が林内の光環境や稚樹の発生、下層植生の変化に与える影響について調査したので、その結果について報告する。

### 2. 調査地および調査方法

#### 2.1 調査地

2007年度の「みどりの森再生事業地」で混交林化を目指した強度の間伐が行われた、朝日町山崎のタテヤマスギ65年生林分を調査対象とした。調査地は東経137°33'23"、北緯36°53'32"、標高130~170mの北向き斜面に位置し、メッシュ気候値2000(気象庁、2002)から推定された年平均気温は13.0℃、年間降水量は3,306mmである。なお、間伐は2008年3月に実施された。

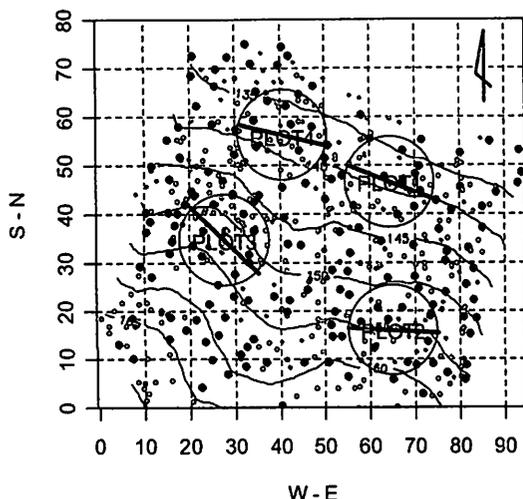


図-1 樹木の分布と調査プロットの配置

● スギ残存木、● スギ間伐木、○ 広葉樹

## 2.2 林分調査と間伐状況

間伐が実施される前の2007年10月に、スギ林内に半径10mの円形プロット（面積314m<sup>2</sup>）を4箇所設定し、スギを含む胸高直径3cm以上の樹木を対象に、胸高直径と樹高の毎木調査を行った。さらに、間伐実施後の2008年5月に、4箇所の調査プロットを含む調査林分全体、約0.5haで胸高直径3cm以上の樹木の毎木調査と樹木位置の測定を行った（図-1、表-3）。

各プロットにおける間伐前後の林分概況および間伐率は表-1に示したとおりで、間伐率は平均では本数で43.8%、材積で25.7%であった。ただし、事業の目的から空間的に多少偏りを持った選木が行われたため、部分的には本数で52.9%、材積で40.2%のかなり強度の間伐が行われた。

## 2.3 稚樹と植生の調査

林分調査を行った4箇所の調査プロットにお

いて、円形プロットの中心から等高線方向に左右10mのライン（図-1中の太線）に沿って、斜面上側に2m×2mの調査区を連続的に10カ所設定し、胸高直径3cm未満の木本について、すべての高木種と樹高1.3m以上の低木種（表-3を参照）の樹高および胸高直径を測定した。

また、そのうちそれぞれ5カ所の調査区では下層群落の植生調査（胸高直径3cm未満の木本層以下の、すべての維管束植物の葉の最高点の高さと植被率%）を行った。なお、調査は間伐前の2007年10月、間伐後1年目の2008年10月および間伐後2年目の2009年9月に行った。

## 2.4 埋土種子の調査

2007年10月にプロット3、4の各調査区の近く、および調査林分の上部に隣接する広葉樹林内のそれぞれ10箇所、合計30箇所から2,000cm<sup>3</sup>（20×20×深さ5cm）の土壌を採取し、発芽試験法により2008年に表面積約1,000cm<sup>2</sup>のプランターに播きだし、ガラス温室内に設置して、6月25日から11月2日の期間、発芽してくる芽生えを識別し、埋土種子の調査を行った。

## 2.5 林内光環境の測定と推定

4箇所の調査プロットのそれぞれ10個の調査区の中心の地表面から2mの高さで、デジタルカメラ（カメラ：NIKON D60、レンズ：SIGMA 45mm F28 EX DC CIRCULAR FISHEYE）で全天写真を撮影し、全天写真画像から相対散乱光を求めるソフトウェア「RGBFisheye」（石田、2005）を使用して相対散乱光を求めた。撮影は間伐前の2007年10月と、間伐後1年目の2008年10月に行った。また、2009年4月28日から9月25日の期間、すべての調査区40箇所の中

表-1 間伐前後の調査林分の概況と間伐率

		プロット	1	2	3	4	平均
間伐前	本数密度	本/ha	541.4	636.9	605.1	541.4	581.2
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	50.0	64.1	52.3	54.8	55.3
	林分材積	m <sup>3</sup> /ha	564.9	730.1	587.8	623.1	626.5
	平均直径	cm	33.4	34.3	31.6	34.1	33.4
	平均樹高	m	23.8	23.9	22.8	23.8	23.6
間伐後	本数密度	本/ha	254.8	350.3	350.3	350.3	326.4
	林分断面積	m <sup>2</sup> /ha	29.3	43.9	39.2	48.6	40.2
	林分材積	m <sup>3</sup> /ha	338.1	510.1	450.4	566.9	466.4
	平均直径	cm	37.5	39.1	37.1	40.5	38.6
	平均樹高	m	25.3	25.8	25.2	26.0	25.6
間伐率	本数	%	52.9	45.0	42.1	35.3	43.8
	林分断面積	%	41.5	31.5	25.1	11.4	27.4
	林分材積	%	40.2	30.1	23.4	9.0	25.7

心付近の地表面に、小型温度・照度ロガー（ホボペンダントロガー UA002-64）を設置して、温度と照度の観測を行った。

つぎに、間伐後の林床における相対散乱光の分布の推定を行った。これまでに隣接する樹木間での相互作用が、個々の樹木の成長に及ぼす影響についての解析が多く行われている（Mitsuda *et.al.* 2002、Yamashita *et.al.* 2006など）。また、これらの影響を表す指標は、光環境に大きく関わるものと考えられていることから、その指標を林内光環境の分布の推定に利用することとした。樹木の存在はその樹冠などにより開空度を減少させ、林内の相対散乱光を小さくする。本調査地のようにスギが林冠層を形成し、中下層に広葉樹が分布している場合、それぞれが相対散乱光の低下に影響を与えると考えられる。さらに、本調査地のような傾斜地の場合には、周辺の樹木間での距離が同じであっても、方位によって相対散乱光の低下に与える影響は異なってくると考えられる。また、ギャップ内での方位による光環境の違いから、稚樹の発生も異なってくると言われている（小谷、2004）。そこで、林冠層を形成するスギと中下層の広葉樹それぞれについて、四方位を中心とする90°の範囲ごとに指標を求めることとした。スギが相対散乱光低下に与える影響の指標は、山下ら（2006）がコホート間の競争に用いた指標を修正した次式から求めた。

$$CI_i = \sum_{j=1}^n \tan^{-1} \left( \frac{H_j + Z_j - H_i - Z_i}{DIST_{ij}} \right) \quad (1)$$

$CI_i$ はスギが地点*i*の相対散乱光低下に与える影響の指標、 $DIST_{ij}$ は地点*i*と対象となるスギ*j*の根元までの水平距離（m）、 $H_j$ は対象となるスギ*j*の樹高（m）、 $H_i$ は全天写真を撮影した高さの2 m、 $Z_j$ と $Z_i$ はそれぞれ対象となるスギ*j*の根元と地点*i*の標高（m）、 $n$ は対象となる範囲内のスギの本数。この指標は地点*i*から対象となるスギへの仰角の合計値で、その値は被陰の程度を表す。この指標を四方位について求め、相対散乱光の推定値を次の重回帰式で求めた。

$$DIF_i = DIF_{\max} - \alpha_1 CIn - \alpha_2 CIs - \alpha_3 CLe - \alpha_4 Clw \quad (2)$$

$DIF_i$ は地点*i*における相対散乱光の推定値、 $DIF_{\max}$ は重回帰式の切片で、相対散乱光の観

測値の最大値、 $CIn$ 、 $CIs$ 、 $CLe$ 、 $Clw$ はそれぞれ北、南、東、西方向の四分円内のスギが地点*i*の相対散乱光低下に与える影響の指標、 $\alpha_1$ から $\alpha_4$ は回帰係数。

広葉樹が相対散乱光低下に与える影響の指標は、広葉樹には形態的に大きな変異があることから、一定範囲内に分布する本数として次式から求めた。

$$BI_i = \sum_{n=1}^n N \quad (3)$$

$BI_i$ は広葉樹が地点*i*の相対散乱光低下に与える影響の指標、 $n$ は対象となる範囲内の広葉樹の本数。この指標を四方位について求め、相対散乱光の推定値を次の重回帰式で求めた。

$$DIF_i = DIF_{\max} - \beta_1 BIn - \beta_2 BIs - \beta_3 BLe - \beta_4 Blw \quad (4)$$

$BIn$ 、 $BIs$ 、 $BLe$ 、 $Blw$ はそれぞれ北、南、東、西方向の四分円内の広葉樹が地点*i*の相対散乱光低下に与える影響の指標、 $\beta_1$ から $\beta_4$ は回帰係数。

対象とする範囲は $BI_i$ は水平距離のみを考慮した指標であることから、式（4）において四方位それぞれに、単純に水平距離 $DIST_{ij}$ の範囲を0mから10mに1 m間隔で変化させ、すべての組み合わせの中で自由度修正決定係数（adjusted $R^2$ ：以下、決定係数）の中央値が最も大きくなる距離の組み合わせを選択した。 $CI_i$ は垂直方向の位置関係も含む指標であることから、式（2）において四方位それぞれに山下ら（2006）が用いた方法を参考に次式から求められた相対距離

$$rDIST_{ij} = \frac{DIST_{ij}}{H_j + Z_j - H_i - Z_i} \quad (5)$$

の範囲を0から1まで0.1間隔で変化させ、すべての組み合わせの中で決定係数の中央値が最も大きくなる相対距離の組み合わせを選択した。

最後に、スギおよび広葉樹双方の影響を考慮した相対散乱光の推定式

$$DIF_i = DIF_{\max} - \alpha_1 CIn - \alpha_2 CIs - \alpha_3 CLe - \alpha_4 Clw - \beta_1 BIn - \beta_2 BIs - \beta_3 BLe - \beta_4 Blw \quad (6)$$

について、赤池情報量指数（AIC）を基準にステップワイズによる変数選択を行った。これらの計算にはR ver2.4.1を用いた。

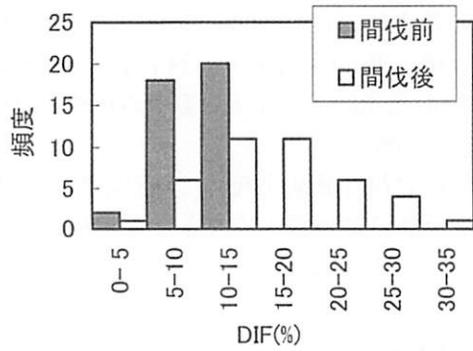


図-2 間伐前後の相対散乱光

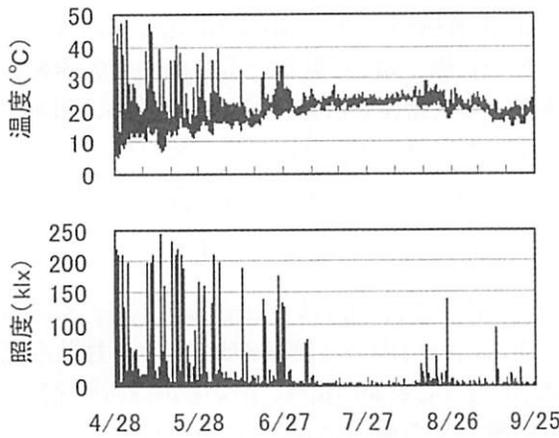


図-3 地表面での温度と照度の変化

### 3. 結果

#### 3.1 間伐による林内光環境の変化

間伐前に各調査区で撮影した全天写真から求めた相対散乱光はすべて15%未満であったのに対して、間伐後には15%以上の箇所が半数以上を占めていた(図-2)。2009年4月～9月における地表面での温度と照度の観測結果の一部を図-3に示す。下層植生が繁茂してくる6月下旬までの期間にたびたび照度が100klx以上になり、

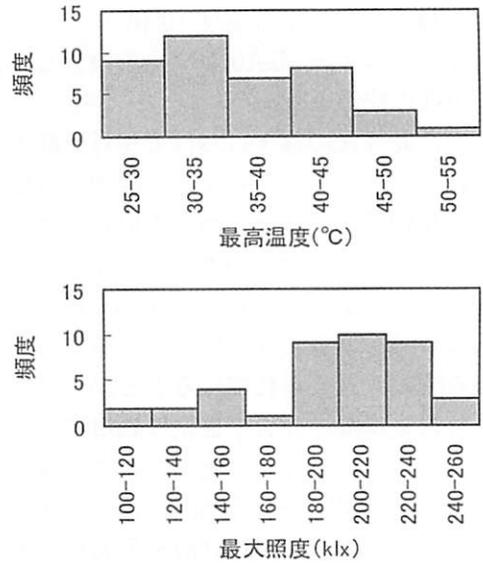


図-4 最高温度と最大照度の頻度分布

直達光が観測点に達したと考えられる。観測期間を通じた温度の最大値は、観測を行った40箇所中19箇所が35℃以上に達し、22箇所では照度の最大値が200klxに達した(図-4)。

図-5は $CI_n$ 、 $CI_s$ 、 $CI_e$ 、 $CI_w$ についてそれぞれ0～1までの相対距離を与えた場合の決定係数の変動を示している。この結果から $CI_n$ 、 $CI_s$ 、 $CI_e$ について計算対象とするのは、決定係数が最も大きくなったそれぞれ0.9、0.2、0.4を採用した。 $CI_w$ については相対距離0.2、0.4、1.0の場合について式(2)に代入してその決定係数で比較した結果、決定係数が最も大きくなった0.2を採用することとした。

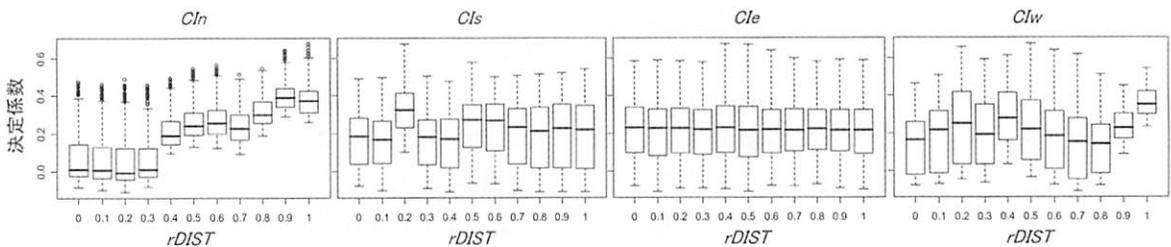


図-5 相対距離ごとの $CI_n$ 、 $CI_s$ 、 $CI_e$ 、 $CI_w$ における決定係数の変動

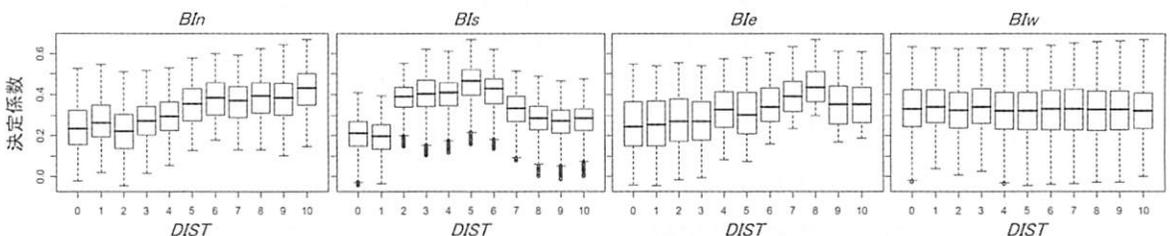


図-6 水平距離ごとの $BI_n$ 、 $BI_s$ 、 $BI_e$ 、 $BI_w$ における決定係数の変動

表-2 重回帰式 (6) (7) の概要

変数	RC	SRC	P
式(6)			
$DIF_{max}$	37.787		***
$Cl_n$	1.301	0.468	***
$Cl_s$	1.486	0.189	
$Cl_e$	0.421	0.097	
$Cl_w$	1.868	0.254	**
$Bl_n$	0.451	0.266	**
$Bl_s$	1.996	0.368	***
$Bl_e$	0.571	0.224	*
$Bl_w$	0.370	0.047	
AIC	207		
決定係数	0.831		
式(7)			
$DIF_{max}$	36.136		***
$Cl_n$	1.281	0.461	***
$Cl_s$	1.020	0.130	
$Cl_w$	1.765	0.241	**
$Bl_n$	0.438	0.258	**
$Bl_s$	2.058	0.379	***
$Bl_e$	0.760	0.298	**
AIC	205		
決定係数	0.832		

RC, 偏回帰係数; SRC, 標準化偏回帰係数;  
P, \*\*\*:<0.001, \*\*:<0.01, \*:<0.05

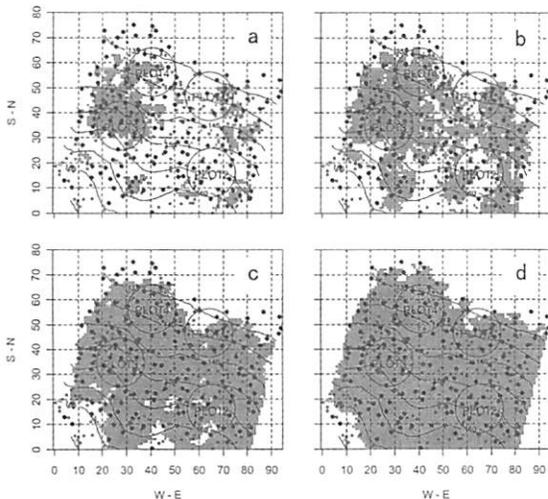


図-7 重回帰式 (7) から推定された間伐後の林内における相対散乱光の分布  
a, b, c, dはそれぞれ相対散乱光が15, 20, 25, 30%より小さいと推定された場所を示している

図-6は $Bl_n$ ,  $Bl_s$ ,  $Bl_e$ ,  $Bl_w$ についてそれぞれ0m~10mまでの水平距離を与えた場合の決定係数の変動を示している。この結果から $Bl_n$ ,  $Bl_s$ ,  $Bl_e$ ,  $Bl_w$ について計算対象とするは、それぞれ決定係数が最も大きくなった10, 5, 8, 3mを採用した。

これらの結果から得られた式 (6) およびその変数選択の結果得られた重回帰式の係数は表-2のようになり、いずれの場合もすべての係数は正の値となって、スギ、広葉樹とも林内の相対散乱光を小さくすることが分かる。間伐後の

表-3 前生広葉樹と間伐前後の稚樹の密度 (本/ha)

樹種	前生樹*1	稚樹*2		
		間伐前	間伐後 1年目	間伐後 2年目
先駆種				
高木				
アカメガシワ	10		10875	2563
カラスザンショウ			813	375
キリ			750	125
クヌギ			15938	6875
ヤマグル	2	188	1438	1125
スルデ			250	188
クサキ			125	250
先駆種計	12	188	30188	11500
林内種				
高木				
シロダモ	30	1625	2000	1938
ウミスズガラ	128	313	1438	1563
ミズキ	18	500	1000	1000
ホオノキ	74		688	500
アオハダ	26	313	313	250
キタコブシ			125	63
ハリギリ		63	125	125
イタヤカエデ		125	63	
ウラジロガシ		63	63	63
エゾノキ			63	63
クマミズキ			63	63
コハウチワカエデ	6		63	
コナラ	14			
イタヤカエデ	2			
コシアブラ	2			
ミスナラ	2			
クロガネモチ		63		
コブシ		63		
ハゼノキ		188		
エゴノキ	2	188	938	1313
リウウブ	8	250	688	625
ヤマウルシ	22		625	750
ネムノキ			125	
ナンキンハゼ			63	63
ヤマハゼ			63	
ヤマモミジ	4			63
マルハマンサク	30			
ハウチワカエデ	16			
キンキマサガラ	2			
低木				
オオバクロモジ	96	2563	2250	2250
キブシ			563	250
アブラチャン	100	313	250	250
ムラサキシキブ	8	438	250	250
タニウツギ	2		188	
サンショウ			63	63
カマツカ		125		
クロウモトキ				63
ケナシヤブデマリ	6			
林内種計	598	7188	12063	11563
合計	610	7375	42250	23063

\* 1 林分全体の調査結果 (DBH≥3cm)

\* 2 40調査区での調査結果 (DBH<3cm)

林内の相対散乱光の分布を推定するための重回帰式は、AICがより小さく、決定係数がより大きくなった変数選択後の次式とした。

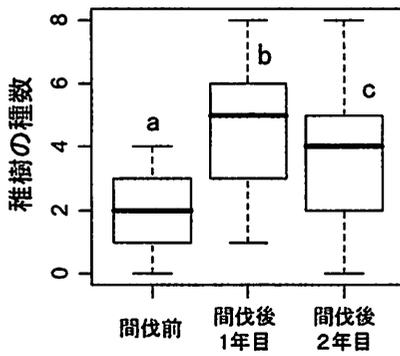


図-8 間伐前後の稚樹の種数

異なるアルファベット間には有意に異なる (t検定、 $P < 0.05$ )

$$DIF_i = 36.14 - 1.28CI_{n_{0.2}} - 1.02CI_{s_{0.9}} - 1.77CI_{w_{0.2}} - 0.44BI_{n_{10}} - 2.06BI_{s_5} - 0.76BI_{e_8} \quad (7)$$

式(7)を用いて1m間隔の格子点ごとに推定された林内全体の相対散乱光の分布は図-7のように推定され、間伐後の相対散乱光が15%、20%、25%、30%より小さい値となった面積の割合は、それぞれ、19.5%、49.0%、73.8%、88.0%で、間伐前と比べると林内の光環境は改善されているが、相対散乱光が30%を超える場所は、林縁に近い一部分に限られた。

### 3.2 稚樹の変化

間伐前に7,375本/haであった稚樹の本数は、間伐後1年目には42,250本/haとなり、約35,000本/ha発生し5.7倍に増加した(表-3)。中でも多数発生した樹種としては、間伐前には全く見られなかった先駆種のタラノキが15,938本/ha、アカメガシワが10,875本/haで、いわゆる先駆種(ここではこの2樹種にカラスザンショウ、キリ、ヌルデ、ヤマグワ、クサギを加えた7樹種とした)の合計で30,000本/haとなり、増加本数の86%を占めた。間伐後2年目にかけては稚樹本数が大きく減少し、23,063本/ha(間伐後1年目の54.6%)となった。目だって減少した樹種としては、タラノキとアカメガシワの減少数がそれぞれ9,063本/ha、8,313本/haで、これら2樹種で減少本数の90%を占めた。また、先駆種全体で減少本数の97%を占めた。一方、林内種の中では大高木のシロダモと、低木のオオバクロモジが間伐前の林内に比較的多く分布していた。ただし、これら2樹種については間伐後1年目、2年目にかけての本数の変化はほとんど見られなかった。稚樹の種数を見ると、間伐前に比べ

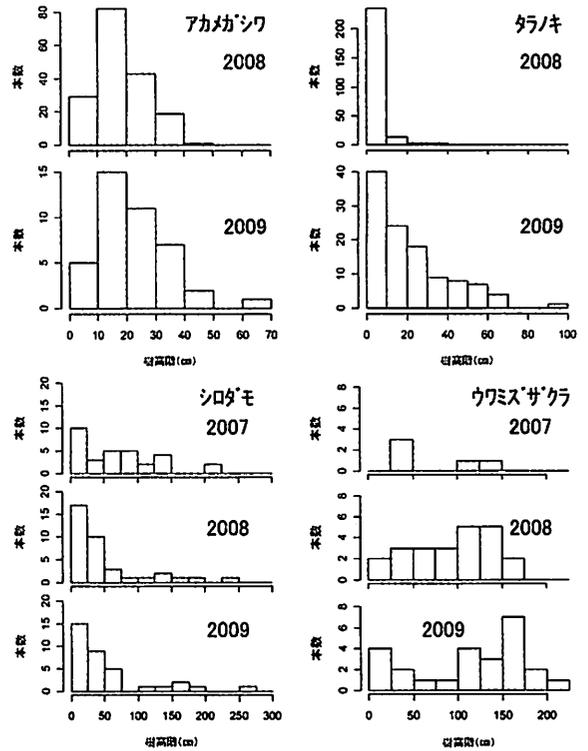


図-9 4樹種の樹高階分布

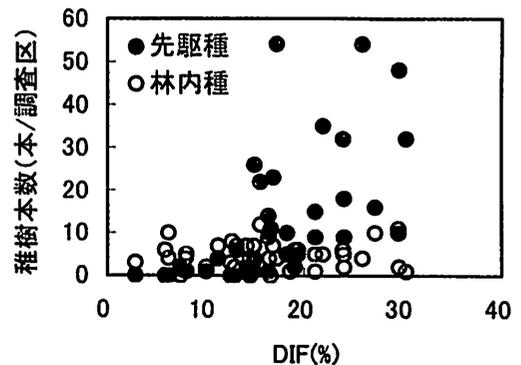


図-10 間伐後の相対散乱光と稚樹本数の関係

間伐1年後には明らかに増加しているが、2年目にかけては反対に減少している(図-8)。先駆種で個体数の多かったタラノキとアカメガシワ、林内種で個体数の多かった高木種のシロダモとウワミズザクラの樹高階分布では、先駆種の2種では今のところ50cm未満の小さな個体が大半を占めている。林内種の2種については間伐後に新たな個体に加わるとともに、ウワミズザクラでは1mを超える個体が増えつつある(図-9)。

間伐後の相対散乱光に対する稚樹本数の関係では、先駆種では相対散乱光が15%以上となった調査区で明らかに多くなったのに対して、林内種では相対散乱光との間に関係は認められなかった(図-10)。

表-4 木本の埋土種子密度

樹種	(個/100m <sup>2</sup> )		
	広葉樹林	スギ林3	スギ林4
キリ	2500	3250	15750
ヤマグワ	2250	500	1000
アカメガシワ	1250	750	1500
タラノキ	250	500	250
カラスザンショウ	750	250	
ヌルデ	500		250
リョウブ	2250		
ヒメコウゾ	250		

### 3.3 埋土種子

発芽試験法により埋土種子が確認された樹種は、表-4に示した8樹種で、実際に林内での発生が認められた先駆性7種の内クサギを除く6樹種で埋土種子が確認された。最も多く発生したのはキリで、林内で多数発生したアカメガシワとタラノキおよび、キリとヤマグワはプロット4、5、隣接する広葉樹林のいずれにおいても確認された。

### 3.4 植生の変化

各調査区に出現した植物の種数の平均は、間伐前、間伐1年後、2年後にそれぞれ113、168、188種で、いずれも互いに有意に異なり(t検定、 $p < 0.01$ )、間伐後に徐々に種数が増加している。調査区内に出現した個々の種の植被率を足しあげて求めた積算植被率は、間伐前、間伐1年後、2年後にそれぞれ72.3、80.1、102.4%で、間伐1年後では間伐前と比べて積算植被率の有意な変化は認められなかった(t検定、 $p > 0.05$ )が、2年後には有意に増加している(t検定、 $p < 0.001$ )。

## 4. 考察

間伐前の調査林分では全天写真を撮影したすべての地点の相対散乱光が15%未満と推定された。また、林床に見られた稚樹はほぼすべて(97.5%)が林内種であった。また、下層植生の積算植被率は72%であり、調査林分は過密となりつつある閉鎖したスギ壮齢林分であったと考えられる。一方、間伐後の調査林分では全天写真を撮影した地点の過半数で相対散乱光が15%以上と推定された。また、地表面における温度と照度の観測結果から、林内の比較的広い範囲に直達光が届くようになったと考えられた。その結果、間伐後1年目には発芽に35℃前後の比較的高温の条件を必要とするアカメガシワ(鷲谷、

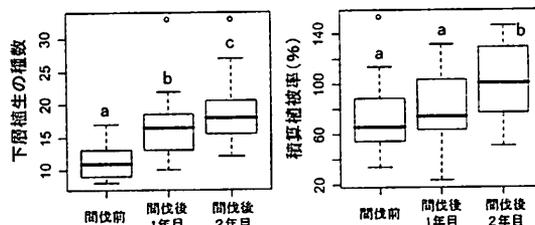


図-11 間伐前後の下層植生の種数と積算植被率異なるアルファベット間は有意に異なる(t検定、 $P < 0.05$ )

1987)をはじめ、埋土種子として潜在的に分布していたタラノキなどのいわゆる先駆性樹種が多数発生し、スギ林床における広葉樹の稚樹密度が大きくなるとともに、樹種が増加し木本の多様性も高まった。また、下層植生における積算植被率に変化は認められなかったが、種数は増加し草本の多様性も高くなった。

林内の相対散乱光を周辺のスギおよび下層の広葉樹との位置関係から推定した結果、非常に高い精度で推定することができた(adjusted  $R^2 = 0.832$ )。ところで、耐陰性が高い樹種、中間樹種、陽樹の更新稚樹が定着するのに必要な相対散乱光は、それぞれ20%、30%、40%と言われている(石田2000,2004)。したがって、間伐後の林内における相対散乱光の推定結果から、シロダモなど耐陰性が高い樹種であれば更新稚樹が定着できる場所は、林内のほぼ半分の51%であった。コナラやミズキなどの中間樹種が定着できる場所は、林縁に近い一部分の12%に限られた。一方、陽樹が定着できる場所は林内にはなく、また、先駆性樹種のアカメガシワでは、大きなギャップ以外では当年生稚樹の死亡率が高いとされている(市河・荻野、1988)。これらのことから、間伐後1年目に多数発生した陽樹である先駆性樹種が、間伐後の光環境で定着できる可能性は低いと判断された。一方、シロダモなどの耐陰性が高い樹種は定着できる確率が高く、ウワミズザクラやミズキなどの中間樹種は部分的には定着が可能と考えられた。

間伐2年目の稚樹密度を見ると、間伐後のスギ林内における光環境から推定されたとおり、1年目に多数発生した先駆性樹種の多くが消滅していた。また、生残していた個体も成長の悪いものが多く、石田(2000)が定着の基準とした樹高1m以上に達したものはなかった。一方、耐陰性が高いシロダモなどでは間伐前から稚樹密度に変化がなく、一部の個体は1m以上に達し、前生稚樹を中心に定着できるものと考えら

れる。中間樹種であるウワミズザクラやミズキは前生稚樹に間伐後1年目に発生した個体が増え、2年目にかけての個体数の減少は見られていない。ミズキではまだ樹高1mを超える個体は認められないが、ウワミズザクラでは1mを超える個体が増えつつあり、林縁の近くなど光環境に比較的恵まれた場所では、定着できる可能性が残されていると思われる。また、間伐後2年目には下層植生における種数はさらに増加するとともに、積算植被率が増加し100%を超えた。このため、今後はこれらの草本などとの競合による枯死の可能性も考えられる。

以上のことから、このような強度な間伐を行うことは、林内の光環境を改善し、先駆性の高木を多数発生させるとともに、耐陰性の高い樹種が定着できる条件を提供したと考えられた。また、下層植生の植被率や種数を増加させ植物の種多様性を高める効果を持つことも示された。ただし、間伐2年目にはすでに先駆性の高木の個体数が大きく減少しており、スギの林分葉量の回復にもなっており、林内の光環境が再び低下することも予想される。したがって、より多様な広葉樹をより多く確実に定着させ、混交林に近づけていくためには、今後も、スギ林の適切な管理を続けていくことが必要であるとともに、そうした過程を明らかにするための調査を行っていく必要がある。

## 5. おわりに

スギ林の間伐が林内の光環境や広葉樹の定着、下層植生などに与える影響について調べたが、本研究は1林分を対象にしたにすぎない。間伐による光環境の改善効果には、間伐の方法、間伐の強度、対象となる林分の発達程度などが関わると考えられる。また、更新稚樹の密度には前生稚樹や埋土種子の量、光環境改善の程度などが関わると考えられる。これらは対象となる林分によってそれぞれ異なることから、他の林分において同様の調査を行い、ここで得られた結果を検証する必要がある。

## 引用文献

相浦英春 (2006) カワイダニスギ人工林における成長と間伐効果、富山県林技セ研報19: 16-23

- 相浦英春・嘉戸昭夫・長谷川幹夫・大宮 徹・小林裕之・高橋由佳・安田洋 (2009) 気象害の発生がスギ人工林の下層植生および広葉樹稚樹密度に与える影響、120回日林学術講  
豪雪地帯林業技術開発協議会 (2000) 雪国の森づくり、189pp、林業調査会  
長谷川幹夫 (2007) 山地帯における人工林施業に起因する混交林の成立過程とその管理、富山県林技セ研報20 (別冊) : 1-129  
市河三英・荻野和彦 (1988) モミ・ツガ天然生二次林における生育初期の各種個体群の行動様式、99回日林論: 425-426  
石田仁 (2000) 光環境が温帯林主要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  
石田仁 (2004) 富山県の天然林とその管理-基礎編-, 富山県林技セ研報17 (別冊) : 1-146  
石田仁 (2005) RGBFisheyeマニュアル-森林内の光環境をデジタル全天写真から自動計算するアプリケーション・ソフト-, <http://www1.gifu-u.ac.jp/~ishidam/etc.html>  
嘉戸昭夫・岡子光太郎・田中和博 (2008) カワイダニスギ林におけるシステム収穫表の成長パラメータ、富山県林技セ研報21: 9-16  
嘉戸昭夫 (2001) スギ人工林における冠雪害抵抗性の推定とその応用に関する研究、富山県林技セ研報14: 1-78  
気象庁 (2002) メッシュ気候値2000、(財) 気象業務支援センター  
小谷二郎 (2004) スギ人工林の冠雪害と広葉樹の侵入パターン、石川県林試研報35: 1-86  
Mitsuda Y. Ito S. and Takata K. (2002) Effects of Comperirive and Cooperative Interaction among Neighboring Trees on Tree Growth in a Naturally Regenerated Even-aged *Larix sibirica* Stand in Considering Height Stratification, J.For.Res. 7:185-191  
林野庁 (2006) 森林・林業基本計画、42pp、林野庁、東京  
Yamashita K. Mizoue N. Ito S. Inoue A. and Kaga H. (2006) Effects of residual trees on tree height of 18- and 19-year-old *Cryptomeria japonica* planted in group selection openings. J.For.Res. 11:227-234

### Summary

We investigated changes of in photoenvironment and development of saplings and understory vegetation in Japanese cedar (*Cryptomeria japonica* D.Don) plantation at Yamazaki, Asahi-machi, Toyama. This plantation was thinned in March, 2008, by “Green Forest Regeneration Project” intended for overpopulated artificial forests. Diffuse transmittance (DIF) on forest floor before thinning was less than 15% elsewhere in the plantation. After thinning, it was intensified more than 15% in eighty percent of the total area. In the areas where DIF became more than 15% by thinning, many pioneer arbors were developed, species number of saplings was increased and understory vegetation cover and species were also increased. Although it became lighter in forest floor, DIF remained less than 30% in most of the areas, it was expected difficult for pioneer intolerant trees to develop in the plantation. Actually, most of saplings germinated in the first year after thinning has disappeared within the second year, and number of individuals was sharply decreased.

Considering the results, we concluded that such thinning operated here would induce germination of pioneer arbors and enrich understory vegetation, but much more improvement on photoenvironment through stronger thinning would be required for broadleaf trees cohabiting with Japanese cedar.