

林床の光環境

荒上, 和利
九州大学農学部附属演習林

汰木, 達郎
九州大学農学部附属演習林

<https://doi.org/10.15017/23318>

出版情報 : 九州大学農学部学藝雑誌. 44 (1/2), pp.1-8, 1989-11. 九州大学農学部
バージョン :
権利関係 :

林床の光環境

荒上和利・汰木達郎

九州大学農学部附属演習林
(1989年3月28日 受理)

Light Environment of Forest Floor

KAZUTOSHI ARAGAMI and TATSURO YURUKI

University Forest, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812

緒言

近年、その分布域を急速に縮小している山岳地帯の天然林については、その保全と更新が緊急の課題になっている。とくに天然林の更新は林床の稚樹の発生、成長に左右されている。この林床の稚樹の成長は受光量と密接に関係していると考えられ、林内の光環境との関係については、これまでも数多くの研究がなされているが、その多くは林内の平均的な陽光量であって、森林の光環境を特徴づけるものの一つで、成長と関係が深いと考えられる陽斑 (sun flecks) についての研究(飯盛ら, 1973; 四手井ら, 1974; 畑野ら, 1987) は少ない。

また、この研究をおこなった九州大学宮崎演習林においては、密度の差はあっても、ほぼ全域にスズタケの存在が、この地域における天然更新の大きな阻害要因となっている。

本報では林床上の陽斑の強さとその分布、林内の光量とスズタケの分布の関係について検討した。

調査地および方法

調査地はいずれも九州大学宮崎演習林 36 林班のモミ、ツガ林と 6 林班のスギ林床のスズタケ群落である。モミ、ツガ林は広葉樹、スズタケを全て除伐した後 3 つに区分し、モミ、ツガを胸高断面積合計で密度を 3 段階 (I : II : III = 0.5 : 1.0 : 0.75) に調整している。

スズタケ群落は無間伐のスギ林床(林齢 44 年, 平均樹高 16 m, 平均直径 26 cm) に数本あるいは 10 数本の小集団で分布している群落である。

1. 陽斑の測定

Fig. 1 に示すようにモミ、ツガ林第 II 区に 2×2 m の

測定プロットを設定し、さらにこれを 20×20 cm のサブプロットに分割した。陽斑の測定にあたっては、さらにこれを 4 分割して 10×10 cm を単位プロットとした。この 2×2 m のプロットの林床はシシガシラが優占し、イヌツゲの稚樹が多数みられた。また、ヒメシャラの稚樹 2 個体 ($H=100, 200$ cm) がかなりの空間を占めていた。測定にあたってはこれらの稚樹はすべて除去した。測定プロットと陽斑、上層モミ、ツガ樹冠の状態は Fig. 2, 3, 4 に示している。

陽斑の測定はプロットの側方約 2 m の高さより写真撮影をおこない、写真上より陽斑の位置を読み取り図に表わした。この場合、陽斑の面積が 50% 以上を占めているプロットを陽斑の出現プロットとみなした。

この写真撮影は午前 9 : 30 ~ 午後 3 : 00 の間 5 分おきにおこなった。また、プロット内で陽斑と影のそれぞれ最高、最低とみなされる地点と裸地の 3 個所の照度を撮影時に同時に測定し、相対照度を求めた。照度計は東芝 SPI-7 型を用いた。

2. 照度および日射量の測定

(1) 陽斑を測定したプロットにおいて、積算日射量の測定をジアゾ感光紙法(日本農業気象学会編, 1972)でおこなった。この場合、ジアゾ感光紙をその直径 2 cm の露光部がサブプロットの中央に位置するように配置し、そのサブプロットを代表させることにした。

(2) モミ、ツガ林の 3 密度水準区にそれぞれ 25×25 m のプロットを設け、除伐前(1968.10)と除伐 2 年後(1970.9)の相対照度を東芝 5 号型照度計を用いて、25 個所で測定し、さらに除伐 17 年後(1985.8)の日射量をジアゾ感光紙でプロット内 10 個所に配置して測定をおこなった。

(3) スズタケが分布しているスギ林に 10×30 m

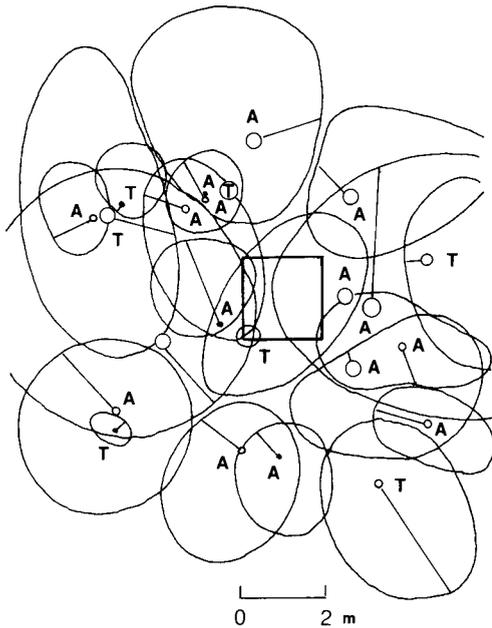


Fig. 1. Location of surveyed plot.

A: *Abies firma*,
T: *Tsuga sieboldii*.

のプロットを設定し、プロット内の 21 個所の日射量をジアゾ感光紙法によって測定し、スズタケの分布と林床の日射量との関係をしらべた (Fig. 5)。この場合ジアゾ感光紙を配置する前にスズタケは全て除去した。

なお、日射量と漂白枚数との関係をしらべるために用いた機器は、測定 (1) では、日射量センサー (LI-200 Spyranometer) とライカ積算計 (LI-500) である。測定 (2) (3) では、ミノルタデジタル照度計 T-1H である。感光紙はいずれもリコー R80 である。

積算日射量と感光紙の漂白枚数との関係は片対数グラフに直線関係で示される。Fig. 6 は日射量として積算照度を用いた場合の結果である。直線式は、

$$\log I = 1.0983 + 0.4600N$$

I: 積算日射量 Lux

N: 漂白枚数

である。

実際の積算日射量は、この関係式を使って求め、裸地積算日射量に対する相対日射量を計算した。測定時期は、陽斑の測定は 1977 年 7 月、日射量測定は、(1) 1977 年 9 月、(2) 1985 年 8 月、(3) 1985 年 8 月である。



Fig. 2. Crown of *Abies* and *Tsuga* trees.



Fig. 3. Surveyed plot.

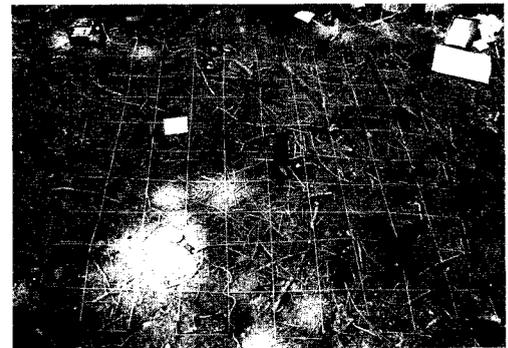


Fig. 4. Sun flecks of forest floor.

結 果

Fig. 7 は観測時間内にみられた陽斑の出現頻度分布を表わしたものである。この陽斑の出現分布の型式を I δ 指数を用いてしらべてみると、集中分布をしていることを示した。

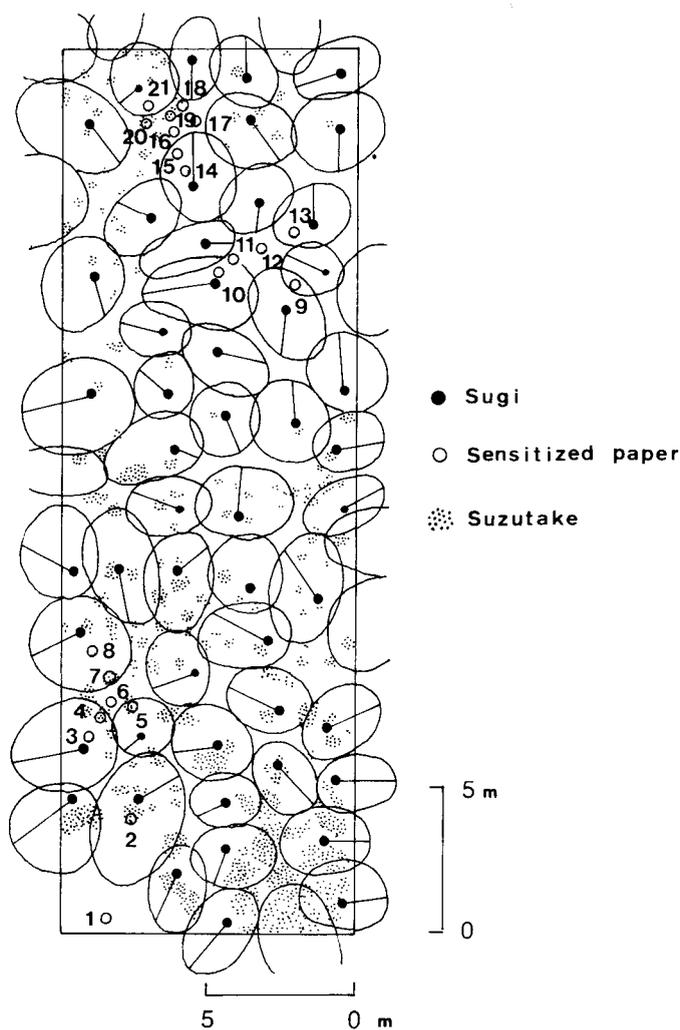


Fig. 5. Distribution of Suzutake in Sugi (*Cryptomeria japonica*) stand.

陽斑はその明るさにかかなりの強弱がみられるが、Fig. 8 は陽斑のなかでもっとも明るいところと、影のところでもっとも暗いとみられるところの照度を裸地との相対照度で示したものである。これで見ると、陽斑は裸地と比較してその70%近い強さを示す場合のあることがわかる。また、影の部分の相対照度 (minimum) には陽斑の相対照度 (maximum) が変化してもほとんど変動がみられなかった。すなわち、林内の相対的な最低照度は天候状態にほとんど左右されず一定である。したがって、陽斑の相対照度が高いほど明暗の度合が大きくなるといえる。

Fig. 9 は、サブプロットが一日に受けた積算光量を示している。数値は裸地の日射量を100とした場合の相対的な数値である。相対日射量の範囲は2.7~6.7、平均5.02で数値に極端な差は認められず、その頻度分布はほぼ正規分布を示しているが(Fig. 10)、その分布型式は $I\delta$ 指数で判定すると、ランダム分布 ($I\delta=1.0\sim 1.04$) を示している。

つぎに、モミ、ツガ林の相対照度(相対積算日射量)の経年変化にみたのが Table 1 である。表の結果から見ると、胸高断面積合計と相対照度との間には相関は認められなかったが、除伐によって林内の陽光量は明

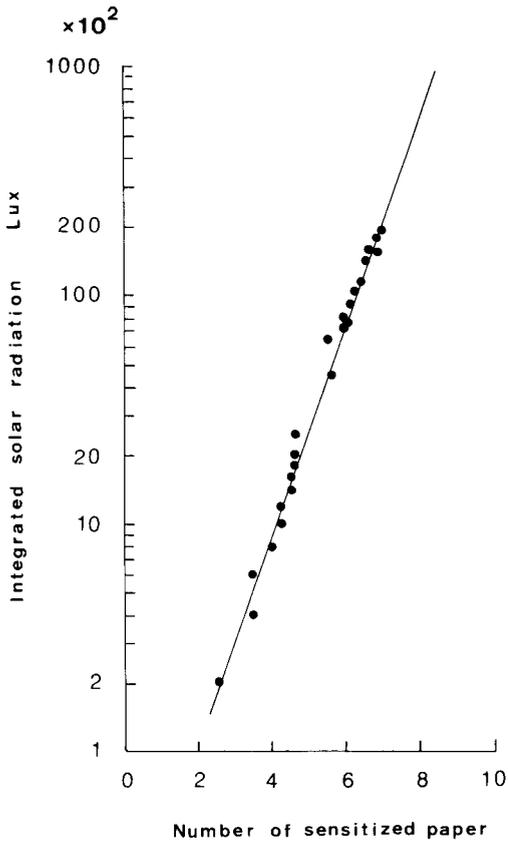


Fig. 6. Relationship between integrated solar radiation and sensitized paper.

らかに増加している。相対積算日射量と相対照度とを単純に比較はできないが、除伐後 17 年経過した時点では 3 区とも除伐前のレベルにもどっていると判断され、樹冠によるうっ閉がかなり進んでいることを示している。また、1968 年の除伐処理後にはスズタケの再生はみられなかった。

Fig. 11 は Fig. 5 に示したスギ林分内のスズタケの集団の大きさとその頻度との関係を示したものである。10 本以下の集団がとくに多いといえる。ただし、スズタケが全面に分布している Fig. 5 の下部の林縁 5×10 m は除いている。なお、集団の大きさとしては、本数は除いている。

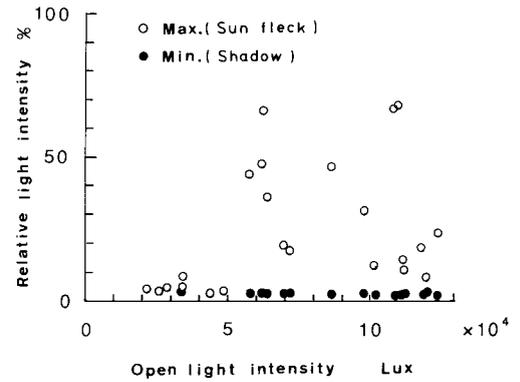


Fig. 8. Relationship between relative light intensity and open light intensity.

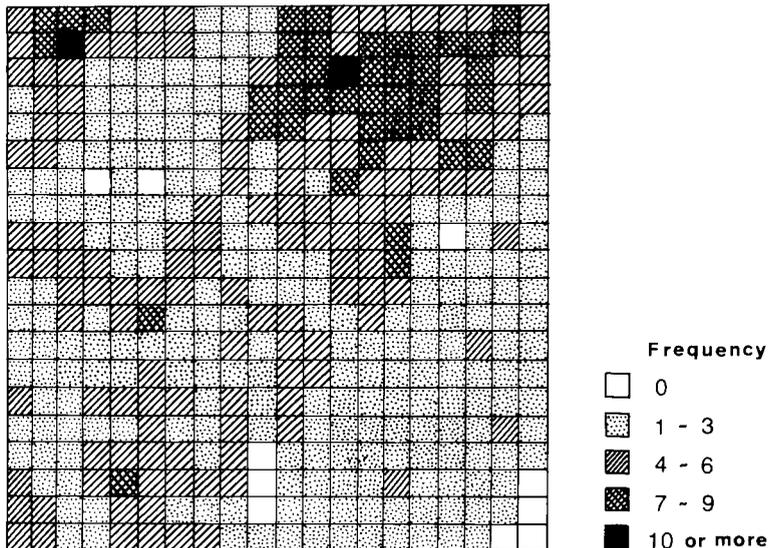


Fig. 7. Frequency of sun flecks.

のほかに占有面積も考慮すべきであるが、ここでは外観より集団を構成しているとみなされるものについて、その本数のみをしらべた。

Table 2 は Fig. 5 に示した測点の積算日射量を示している。これによると、林縁の No. 1, 2 を除くとスズタケ成立個所では平均 4.3%、スズタケが成立していない個所では平均 3.1% という結果がえられた。

つぎに日射量とスズタケ成立本数との関係を明らかにしたのが Fig. 12 である。あきらかに日射量 3.0% 以下になるとスズタケの成立は困難になっていることが認められる。

考 察

林床の陽斑は林床の傾斜と向き、太陽の位置、構成する樹種、密度等により変動する。陽斑の出現頻度の高い地点は季節（太陽高度の変動）によって当然移動していくが、林床の幼植物にとっては成長期に陽斑の出現頻度が高いか否かがその成長を支配する大きな環境要因の一つであろう。

四手井ら（1974）は、林冠が整齊と揃っている挿木のスギ林の林床にはほとんど下木草が生えておらず、林冠が不揃いの実生のスギ林の林床には下木草が十分に生えている例をあげ、挿木スギ林では陽斑は一地点を短時間にシステマティックに通過するにすぎないの

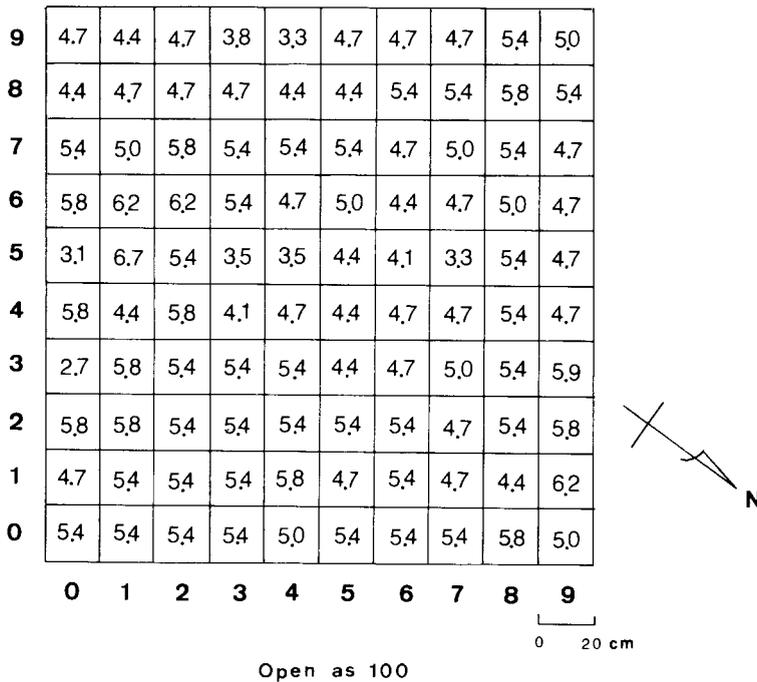


Fig. 9. Distribution of integrated solar radiation.

Table 1. A secular change of relative light intensity in natural forest of *Abies* and *Tsuga*.
 ※Relative light intensity. ※※Relative integrated solar radiation.

	Before the removal of broad-leaved trees and Suzutake	After the removal of broad-leaved trees and Suzutake	
	1968. 10※	1970. 9※	1985. 8※※
I	1.88%	7.47%	3.3%
II	1.84	6.28	2.9
III	2.05	12.83	2.4

に対して、実生スギ林ではランダムに照らすので、相対的に光合成のできる時間が長くなる結果であるとのべている。Fig. 7の結果は、一定時間内(9:30~15:00)に林床上を通過する陽斑は、ある地点(範囲)に集中的に出現することを示している。

陽斑の分布については、玉井ら(1973)の測定ではランダム分布を示し、有意な集中性は認められなかったが、地形によってはやや集中性を示す場合もあると考えている。この測定では毎回ほぼ集中分布を示していた。このちがいは立木密度の比較的高いヒノキ人工一斉林と個体の大きさが不揃いで、かつ樹幹の配置も不齊一なモミ、ツガ林のちがいによるものと考えられる。

陽斑の強さについてみると、裸地の70%にも相当するきわめて強い陽斑の出現もあるが、一定地点におけるその持続時間はきわめて短時間であり、5分毎の写

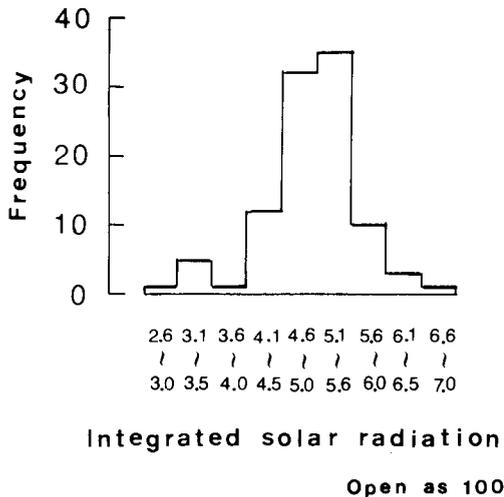


Fig. 10. Frequency distribution of integrated solar radiation.

真上で同一の陽斑を認めることはほとんど不可能であった。

任意地点の日射量の積算値は、その地点を通過する陽斑の頻度に大きく左右されることは当然であり、陽斑の頻度分布からも容易に推定されるようにプロット

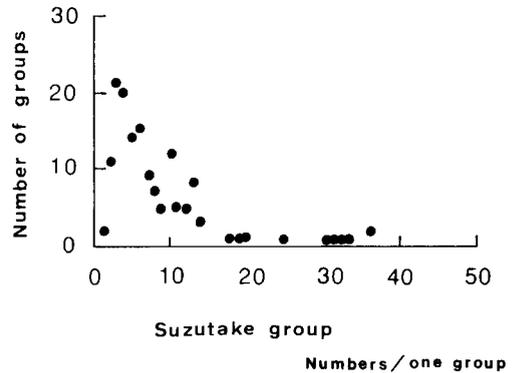


Fig. 11. Frequency distribution of Suzutake group.

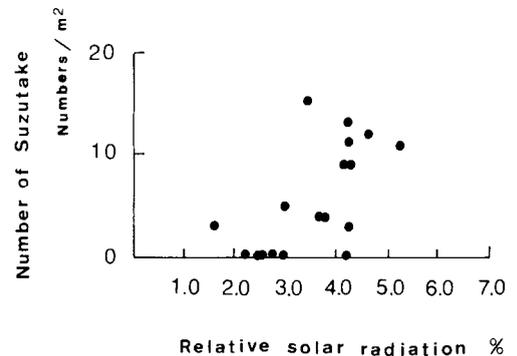


Fig. 12. Relation between Suzutake and relative solar radiation.

Table 2. Relative integrated solar radiation in Sugi (*Cryptomeria japonica*) stand.
*Suzutake group. NO.: Surveyed point.

NO.	Solar radiation	NO.	Solar radiation	NO.	Solar radiation
1	34.7%	8	3.7%	15	1.6%
2	28.1	9	2.5	16	3.0
3	3.7	10	2.2	17	4.2
4*	4.2	11	2.5	18*	4.6
5*	4.2	12	2.7	19*	5.2
6	4.2	13	2.7	20*	4.2
7*	3.4	14	3.0	21	4.2

内でかなりの差がみられる (Fig. 9)。しかし、この場合の日射量の分布型式は陽斑の集中分布とはことなりランダム分布であった。この分布型式のちがいは測定時期 (陽斑は 8 月, 日射量は 10 月) のちがいによるものか, 代表させる地点の広さ (陽斑: 10×10 cm, 日射量: 20×20 cm) のちがいによるものかさらに検討する必要が認められた。

つぎに, 持続時間が積算日射量にどのように関与しているかについて検討してみると, 陽斑測定での最大値に近い $62,000$ Lux の直射日光下にさらされると, ほぼ 5 分間で漂白枚数 4.0 となった。これは裸地の積算日射量の 2.3% に相当し, 10 分間ではその 2 倍の 4.6% になることを示した。このことは $62,000$ Lux の陽光が 10 分間も照射すると, その光量は林床の任意の地点がうけたほぼ 1 日の全日射量に相当することを示し, 短時間の陽斑も林床の光環境にとって主要な役割を占めていることを示唆している (汰木, 1978)。したがって, 樹冠の閉鎖度が低くなると, ある地点を通過する陽斑の頻度は大きくなると予測され, それだけ稚樹の育成にとっての光環境はよくなるといえる。

なお, この調査林分では林内陽光の絶対量が少ないため, モミ, ツガ稚樹は毎年発生と消失が繰り返されるだけで後継樹として育つ稚樹はほとんどみられない。

モミ, ツガ稚樹の分布と陽斑の出現分布との間には, はっきりとした関係は認められないが, 多くの林床でモミ, ツガ稚樹の分布型式を調査した結果によると (荒上, 1987), ほとんどの場合その分布は集中型であり, 陽斑の分布とモミ, ツガ稚樹の分布との間になんらかの相関があることが推測される。

この測定をおこなった地域ではモミ, ツガ林はもちろん, ほとんどの自然林の下層植生としてはスズタケが優占している。とくに林床に密生するため, 林床の光環境は極端に悪く, 他の植物の侵入を妨げ, ほとんどスズタケからなる林床群落を形成している場合が多い。また, 上層の高木が伐採されても残存するので, 天然更新や跡地植栽更新のさいの大きな生物的阻害要因にもなっている。

ところで, スギ林床のスズタケ分布と日射量との関係を見ると, Table 2 では, 明らかにスズタケの成立個所 (相対日射量平均 4.3%) と不在個所 (平均 3.1%) で日射量にちがいが認められた。また, 成立本数と日射量との関係からも, 相対日射量 3% 以下では極端に少なくなり, 全く存在しないところがほとんどであった (Fig. 12)。これらのことから, ほぼ 3.0% 以下ではスズタケの成立がきわめてむずかしいことが推定され

る。

このスギ林では, 林縁にはスズタケが大きな集団を形成しており, 林内に入るにしたがい, その集団も数本とごく小さい集団へと移行している傾向がみられる。

このことから, この林分は, 以前はかなりのスズタケが密生していた林分であったのがスギ樹冠が発達し, 上層のうっ閉がすすむとともにスズタケの衰退がはじまり, しだいに林内の光条件のよいところにごく小さな集団として残存しているものと考えられる。このようにスズタケの育成状態は, 林内の光環境の一つの指標になると考えられる。

ところで, m^2 当たり 30~40 本のスズタケ群落内の地表の照度は, スズタケ群落上部の 5~25% 程度に低下する (汰木ら, 1977)。たとえば, スズタケ群落上の相対照度が 20% であるとする, 林床では 5~1% に低下することになる。このような光環境の林床には, モミ, ツガ稚樹の分布はほとんどみられない。すなわち, スズタケが群落状に発達している場合には, その林床に発生したモミ, ツガ稚樹は貧弱な光環境のため, その育成を大きく阻害され次第に衰弱枯死してしまうと推定される。このスズタケ群落の成立とその光環境の結果は, スズタケの有無とその集団の大きさ等が林床のすぐれた光環境指標となりうることを示唆している。

要 約

この研究は森林の光環境を特徴づける一つで, 植物の成長と関係が深い林床上の陽斑の強さとその分布, 林内の光量とスズタケの分布の関係についてしらべたものである。

調査は九州大学宮崎演習林のモミ, ツガ林とスギ林内でおこなった。

陽斑はその明るさにかかなりの強弱がみられるが, 裸地と比較して, その 70% 近い強さを示す場合もあった。しかし, 一定地点におけるその持続時間はきわめて短時間であった。この持続時間と積算日射量との関係からみると, $62,000$ Lux の陽光が 10 分間も照射すると, その光量は林床の任意の地点がうけたほぼ 1 日の全日射量に相当することを示し, 短時間の陽斑も林床の陽光量の主要な部分を占めていることを示唆している。

林内の相対的な最低照度は, 天候状態にほとんど左右されず一定であった。

陽斑の出現分布の型式を $I\delta$ 指数でみると, 集中分布をしていた。

また, 林内に分布しているスズタケは, 上層のうっ

閉がすすむとともに衰退がはじまり、しだいに林内の光条件のよいところにごく小さな集団として残存している。林内の日射量が3.0%以下になると、スズタケの成立は困難になることがわかった。

このようにスズタケの育成状態は、林内の光環境の一つの指標になるとかんがえられる。

文 献

- 荒上和利 1987 九州中部山岳地帯におけるモミ・ツガ天然林の成立過程に関する研究。九大農演報 57: 42-47
- 畑野健一・佐々木恵彦 1987 樹木の生長と環境。養賢堂、東京
- 飯盛 功・尾方信夫・上中作次郎 1973 一時点における林内相対照度推定の方法について(第1報)。日林九支研論 26: 69-70
- 日本農業気象学会編 1972 農業気象の実用技術。養賢堂、東京
- 四手井綱英・赤井龍男・斎藤秀樹・河原輝彦 1974 ヒノキ林—その生態と天然更新。地球社、東京
- 玉井重信・四手井綱英 1973 林内の陽斑点測定解析の試み。四手井綱英編, 科研特定研究『生物圏の動態』JIBP-PT-F: 165-169
- 汰木達郎 1978 森林の光環境。日林九支研論 31: 175-176
- 汰木達郎・荒上和利・井上 晋 1977 スズタケの生態に関する研究。九大農演報 50: 103-107

Summary

The purpose of this paper is to elucidate the light environments of forest floor, and to provide fundamental data on their natural regeneration. This investigation was carried out in natural forests of Momi (*Abies firma*) and Tsuga (*Tsuga sieboldii*) in a 44-year-old Sugi (*Cryptomeria japonica*) stand distributed in the Kyushu University Forest of MIYAZAKI.

Light environments of the forest floor are characterized by sun flecks. We studied the relationship between intensity and distribution of sun flecks, solar radiation, and distribution of Suzutake (*Pseudotsuga purpurascens*). The results obtained are summarized as follows:

Sun flecks varied in light intensity. Sometimes, the light intensity of sun flecks was only about 70% of that of the open. And the duration of sun flecks of a fixed point was short.

Judging from the relationship between the duration of sun flecks and integrated solar radiation, 62000 Lux solar radiation for 10 minutes was equivalent to that of a sun fleck for a whole day at any given point. Accordingly, even if ephemeral, the sun flecks seem to have an important role in contributing to the total amount of solar radiation on the forest floor. Minimum relative light intensity in the stand was constant and not influenced by weather conditions.

Judging from the result of the distribution analysis by the I δ index, sun flecks were contagious distribution. Moreover, Suzutake distributed in the stand decreased with increasing canopy closure, and it survived in small groups in good light conditions. When relative solar radiation fell below 3%, Suzutake disappeared from the stand.

From the above results, it is considered that frequency of Suzutake is an index of the light environment of the forest floor in the stand.