

シラベ前生稚樹の光環境と光合成生産 (I)

季節的生長, 樹冠の発達および純生産

Photosynthetic Production in *Abies veitchii* Advance Growths
Growing under Different Light Environmental Conditions (I)
Seasonal Growth, Crown Development, and Net Production

松本陽介*

Yoosuke MATSUMOTO*

I はじめに

本州中部の亜高山帯には、シラベ (*Abies veitchii*)、アオモリトドマツ (*A. mariesii*)、コメツガ (*Tsuga diversifolia*)、トウヒ (*Picea jezoensis* var. *hondoensis*)、ダケカンバ (*Betula ermanii*) などで構成される亜高山帯林が広く分布している。近年、これらの森林は、奥地林開発 (拡大造林) の対象となり、各地で伐採・更新作業が行なわれた。伐採跡地の更新には、カラマツ (*Larix leptolepis*)、ウラジロモミ (*Abies homolepis*) などを用いた人工造林のほか、シラベ・アオモリトドマツなどの針葉樹前生稚樹を用いた天然更新が試みられている。

一般に、亜高山帯樹種の材価は低いため、更新には経費が少なくすむ作業法が望まれている。そのいっぽう、亜高山帯林は、急しゅんな山岳地帯に分布するため、国土保全上、次代の森林が早く、しかも確実に成立することが望まれる。亜高山帯針葉樹林では、前生稚樹が豊富に存在することが多く、これを用いた天然更新作業法により、次代の森林を仕立て、上述のふたつの要求を満たすことが可能と思われる場合が少なくない。

これまでのところ、亜高山帯針葉樹林の天然更新に関する研究は、施業の歴史が浅いため、あまり多くない。前田 (1978) は、天然林内に数多く成立するシラベ、アオモリトドマツなどの針葉樹前生稚樹についての多くの調査から、林床植生による林床型によって、比較的まとまった面積単位で天然更新の難易度の判定が可能であるとしている。宮川・前田 (1966) は、天然更新に有用な稚樹は、樹高約50cm以下、樹齢約40年以下のシラベ・アオモリトドマツ前生稚樹であるとした。松本ほか (1978)、松本ほか (1981) は、鉦物土層に根が達している樹高10~30 cm、樹齢10~30年のシラベ・アオモリトドマツ前生稚樹が天然更新に有用で、とくに、樹高20

*東京大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

～30 cmのものが皆伐後生存率が高いことを明らかにしている。

また、赤井・浅田(1963)は、林内の相対照度とシラベ・アオモリトドマツ前生稚樹の成立密度、樹高などのあいだに関係があることを、松本・湯浅(1977)、松本ほか(1977)は、相対照度とシラベ前生稚樹のC.F.I.(樹冠形指数, Crown Form Index)の関係、および樹冠形とシラベ前生稚樹の相対生長関係を報告している。

さらに、先にあげた亜高山帯林を構成する主な針葉樹のなかで、天然更新作業により、シラベが最も天然更新しやすいことが経験的に知られている。このため、中部地方太平洋側では、一般に亜高山帯針葉樹林の針葉樹による天然更新を“シラベの天然更新”と言うことがある。

これら一連の研究は、対象樹種のいわば表面的な反応だけをとりあげており、天然更新作業法の基礎を充実させるためには、さらに内部的な生理的過程に関連しての生態生理学的検討が必要である。これまでに、KUROIWA(1960a, b)、KIMURA et al.(1968)、KIMURA(1969)などによって、シラベ・アオモリトドマツ稚樹の光合成生産および生長の様式についていくつかの知見が得られている。しかし、生態生理学的研究は、まだ非常に少なく、ここで問題としてとりあげている天然更新作業に関連し、シラベなどの前生稚樹をみつかった例はみあたらない。

いうまでもなく、稚樹の生長は、生育環境によって大きく左右される。天然更新を目的とした皆伐作業の前後では、シラベ・アオモリトドマツ前生稚樹の光環境は大きく変化し、同時に土壤水分も変化(大角ほか, 1973)する。天然更新が成功するためには、シラベ・アオモリトドマツ前生稚樹がこのような生育環境に順応し、光合成生産をおこない生長をつづけることが前提となる。したがって、天然更新作業にともなう前生稚樹の順応の過程を追跡し、生態生理学的現象を明らかにしていくことが、シラベの天然更新に関する基礎研究として重要であろう。

本研究では、そうした過程を追跡する前段階として、天然林内に生育する稚樹の伐採の前と後の光合成生産に関係の深いいくつかの生態生理学的特性をとりあげた。その結果を以下の4つにわけ、順次報告する。

すなわち、天然林内に生育するシラベ稚樹と、隣接の皆伐による天然更新地、およびこれと接する天然林内の林縁の環境にすでに順応しているシラベ前生稚樹について、第1報では葉の形態的特性、各器官別重量および純生産量の空間分布を、第2報では光合成・呼吸速度を、第3報では水ストレスなどを、比較検討する。つぎに光環境のいちじるしく違うシラベ林内および前生稚樹のCO₂収支の特性を明らかにするために、以上の報告で得られた結果を用いて、CO₂収支モデルを作り、季節的な生長の違い、照度、気温の変動などにもなうCO₂収支の違いを調べた。第4報(次号に投稿予定)ではこれらの結果の比較、検討を行ない、さらに光合成生産からみたシラベ前生稚樹の光環境への順応について考える予定である。

本報では、まず調査地全体とS(林内)、I(林縁)、O(皆伐跡天然更新地)の各調査区の稚樹および生育環境について説明する。つぎに、各調査区の代表的な個体での各器官の季節的な

生長経過，各器官重および純生産量の空間的分布について報告する。

この研究をまとめるにあたり，東京大学農学部造林学教室 真下育久教授のご懇篤なご指導をいただいた。同，根岸賢一郎助教授には，計画からとりまとめにいたるまで，たえずご懇切なご指導とはげましのお言葉をいただいた。両先生に，心から感謝の意を表す。

また静岡大学農学部造林学教室 角張嘉孝助教授，東京大学農学部 小島通雅講師には，たびたび貴重な助言をいただいた。山梨県林業試験場 大橋邦夫氏，同塩山林務事務所 横井昭男氏には入山に際してお世話になった。計測に協力していただいた学部学生（当時）金指達郎氏，斉藤実氏，根本准氏，いろいろな面で協力していただいた造林学教室および東京大学演習林田無試験地の諸氏に厚くお礼を申し上げる。

II 調査地，調査区，および生育環境

1. 調査地

奥秩父山系の最高峰，北奥千丈岳（標高2,602m）の西斜面に調査地（標高2,320～2,350m，

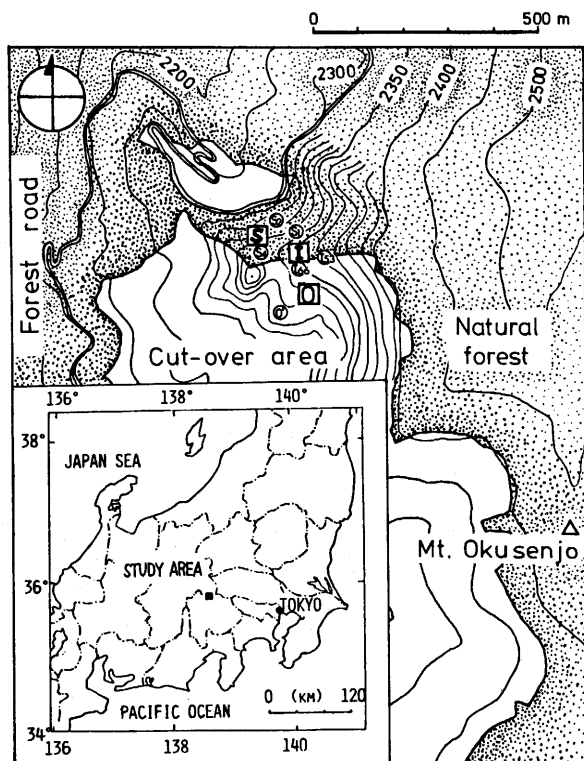


図-1 調査地および調査区

Fig. 1 Study area and plots

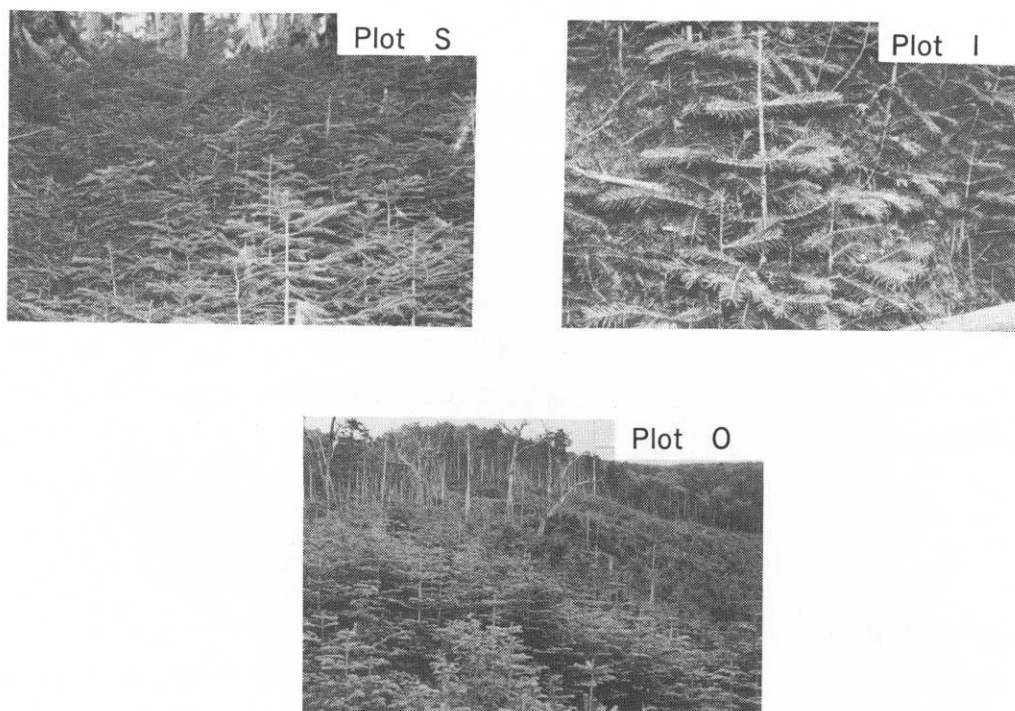


図-2 S, IおよびO区におけるシラベ・アオモリトドマツ稚樹の生育状態

Fig. 2 *Abies veitchii* and *A. mariesii* advance growths in each plot
 Photographed in late Sep., 1981 in the plots
 S and I, and in late Jul., 1981 in the plot O.

35°52'N, 138°40'E) を設けた。調査地は、針葉樹天然林とそれに隣接する皆伐跡の天然更新地からなるが、図-1に示す調査地周辺の一帯は、もともとは亜高山帯の代表的樹種であるシラベ、アオモリトドマツ、コメツガ、トウヒ、ダケカンバなどで構成される針葉樹天然林でおおわれていた。

調査地の林床型(前田, 1978)は、稚樹の成立密度が高く、天然更新作業の行ないやすいといわれるコケ型林床型である。この調査地の天然林は、大井川源流域(松本, 1978)、御岳山(前田・宮川, 1966)などほかの地域の森林と比べ、シラベ・アオモリトドマツなどの稚樹の成立密度が高い(松本ほか, 1981)。気候は、夏に雨がが多く、冬の積雪はあまり多くない。温量指数は約25、亜高山帯上部に位置づけられる。

近年、峰越し林道、川上-牧丘線の開通に伴い、調査地周辺の天然林の伐採が進んだ。本調査地の一部も1970年に皆伐されている。

2. 調査区

図-1に示した調査地において、うっ閉した天然林内にS区(Shade plot)、伐採跡地まで約3mの天然林内の林縁部にI区(Intermediate plot)、および林縁から40mほど離れた伐採跡地内にO区(Open plot)の3調査区を設けた。また、それぞれの補助区として、 S_1 、 S_2 、および S_4 を天然林内に、 I_{53} 、および I_{66} を林縁直下およびやや伐採跡地側に、 O' を伐採跡地に設けた。各調査区および補助区は、1978年秋から1979年5月にかけて設定した。ただし、 O' 補助区は、第3報においてO区の代わりに用いるため、1980年6月に設定した。

調査区の面積は、S区 $5 \times 5 \text{ m}^2$ 、I区 $2 \times 10 \text{ m}^2$ 、O区および O' 補助区各 $20 \times 20 \text{ m}^2$ 、その他は各 $1 \times 2 \text{ m}^2$ である。

S区およびその周辺の上木の種構成は、シラベ、アオモリトドマツ、コメツガ、トウヒ、ダケカンバ、ナナカマドなどである。本数では、シラベ、アオモリトドマツが多いが、胸高断面積合計(S区を含む $15 \times 15 \text{ m}^2$ の範囲)で判断すると、シラベ・アオモリトドマツ=コメツガ林である。林床は、厚さ2~5cmのコケ= A_0 層におおわれ、生育期間中はおおむね湿っている。樹高20~40cmのシラベ・アオモリトドマツ稚樹の密度が高く、図-2のように林床に一面に生育している。コメツガ、トウヒの稚樹も多少みられるが、ダケカンバ、ナナカマドなどの広葉樹の1年生以上の稚樹はほとんど成立していない。木本以外の植物は、コミヤマカタバミ、ゴゼンタチバナ、マイズルソウなどがわずかに認められる程度で、上木と同様に林床植生の種構成も単調である。

I区およびその周辺の上層は、S区と同じく、シラベ・アオモリトドマツ、コメツガなどの混交林である。S区に比べ、林床のコケ= A_0 層の厚さは1~3cmとやや薄く、降雨の少ない7月下旬~8月上旬、および9月上旬~中旬ごろは林床が若干乾く。図-2のように、樹高40~70cmのシラベ、アオモリトドマツ稚樹が多数生育している。林床植生の種構成は、S区とほぼ同じであるが、それぞれの種の被度が若干高い。

O区は、上木が皆伐されてから9年(1979年当時)経過した伐採跡地で、伐採前の上木構成は、伐根によってS区およびI区とほぼ同じであったと推定される。地表には、コケは全くなく A_0 層もごくわずかで、鉱物土層が露出していて、土壌表面はS区およびI区より乾くことが多い。

しかし、調査地が雲霧帯に位置するので、山地帯のスギ、ヒノキ、マツなどの新植地ほど乾くことは少ない。図-2のように、樹高100~200cmのシラベ稚樹(アオモリトドマツは少ない)が多数生育している。場所により4~6年生(1979年当時)のダケカンバとシナノキイチゴの侵入がみられる(松本ほか、1980)。

それぞれの調査区および補助区には、O区周辺の皆伐が行なわれた1970年当時、樹高10~30cm、樹齢10~30年の稚樹が多数生育していた。また、上層木の伐採によって光環境が変化した

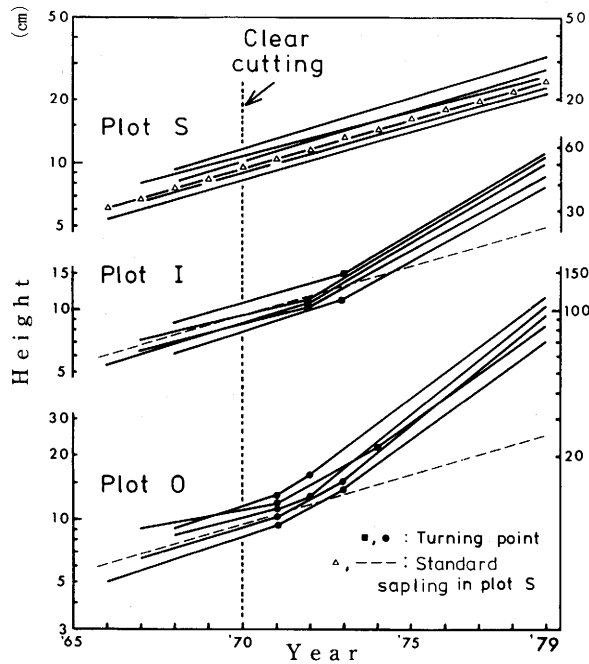


図-3 S, IおよびO区における代表的個体の樹高生長曲線
 Fig. 3 Height growth curves of advance growths representative in each plot

調査区および補助区の稚樹は、調査開始当時すでにその形態および生長が新しい光環境に順応しているように思われた。

3. 前生稚樹

図-3にS, I, O区を代表するような個体の樹高生長曲線を示す。図に明らかなように、IおよびO区は、皆伐によって前生稚樹の生育に対する光環境が改善され、皆伐後の9年間(1979年当時)でS区に比べいちじるしい生長差を生じた。皆伐にともなう光環境の変化は、伸長・肥大生長や樹冠形指数(C.F.I.; 松本ほか, 1977)にその後4~5年の間影響をおよぼす(松本ほか, 1978)。IおよびO区のシラベ前生稚樹は、皆伐後9年を経ているのですでに十分に現在の光環境に順応した形態および生長を示していると考えてさしつかえなからう。

図-4は、S, I, O区における代表的な個体の地上部全体(a), 側枝の出かた(b), および着葉状況(c~e)の写真である。暗い区ほど毎年出る枝の数が少なく、樹冠も疎である(a)。いずれの区でも新しく出る枝は、前年に出た枝をおおわないようにずれた位置に出る(b)。シラベの針葉は、枝にら旋状に付くが、枝の下側の葉は、針葉の基部がねじれて水平方向に近い角度に出る。枝の上側に付くものも、c, d, eに明らかなように、暗い区ほど基部がねじれて水平に近い角度に出る。

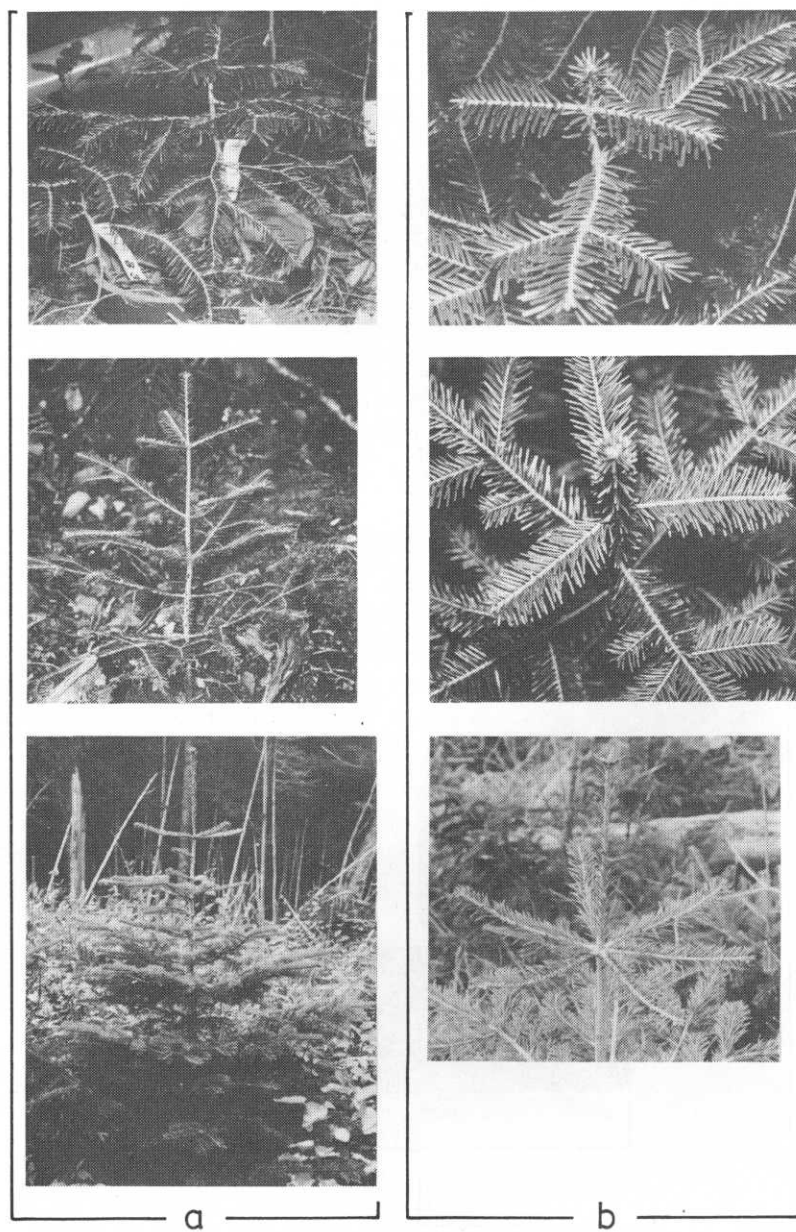


図-4 S, I および O 区における代表的個体の外観および着葉状態
 Fig. 4 Exterior appearances of entire top (a), branchings (b) and needle
 arrangements (c,d,e) of advance growths representative in each plot
 Photographed in late Sep., 1981.

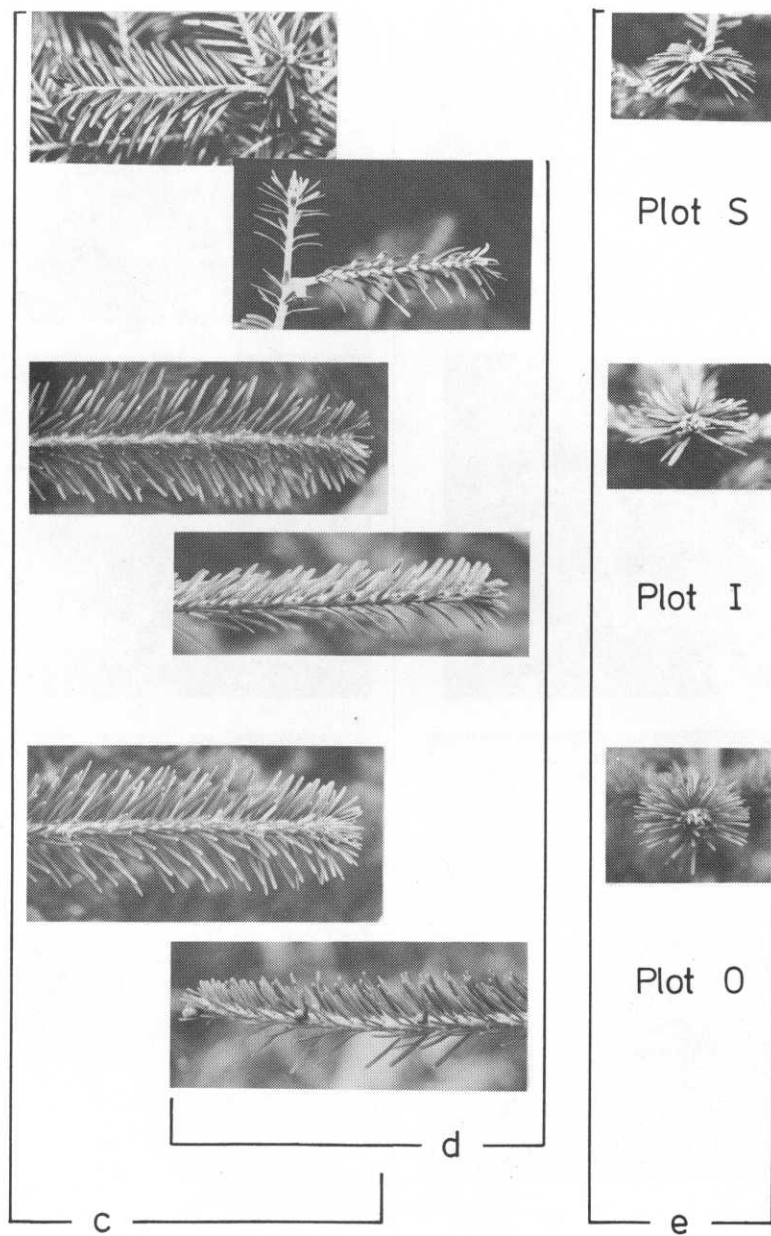


図-4 (つづき)
Fig. 4 (Continued)

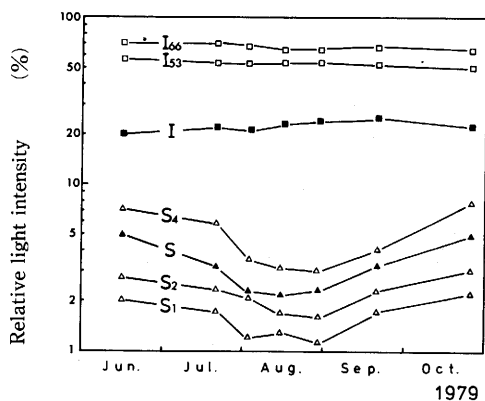


図-5 S, I区および各補助区における
相対積算照度の季節変化

Fig. 5 Seasonal changes in relative
light intensity in each plot and
subplot

表-1 調査区および補助区の光環境の指標値と相対積算照度

Table 1 Index of light conditions and relative light intensity on each plot and subplot

調査区 および 補助区 Plot and subplot	相 対 積 算 照 度 Relative light intensity (%)		
	6月と10月 June and October (展開期前と落葉期後 Before flashing and after falling)	8月中旬 Mid August (生育最盛期 Vigorous growing stage)	7月下旬～9月下旬 July～September (指標値* Index of light condition*)
	O	100	100
I ₆₆	68	64	66
I ₅₃	54	52	53
I	20	22	22
S ₄	7	3.0	3.9
S	5	2.1	2.6
S ₂	3	1.7	2.0
S ₁	2	1.3	1.4

* Mean relative light intensity during the growing season from late Jul. to late Sep., 1979.

4. 生育環境

SおよびO区の生育環境については、すでに報告した(松本・根岸, 1982)。ここでは、I区および各補助区をふくめて簡単に記述する。

A 照 度

O区(O区)を100としたS, I区およびS₁, S₂, S₄, I₅₃, I₆₆補助区の相対積算照度を図-5に示す。相対積算照度は、うっ閉の程度の違いにしたがってI₆₆, I₅₃, I, S₄, S, S₂, S₁の順に低くなるが、S₄, S, S₂, S₁は、季節的に7月中旬～下旬の新葉の展開による上層木の葉量増加にともなって低下し、9月中旬～10月上旬の落葉による葉量減少にともない上昇する。こ

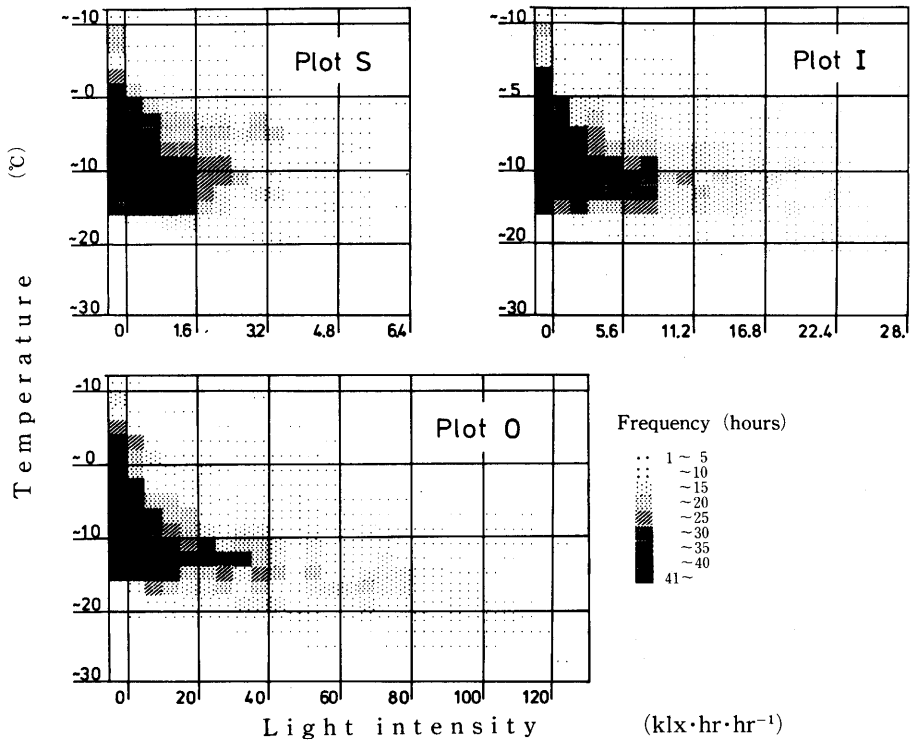


図-6 1時間ごとの積算照度と気温の組み合わせ頻度分布 (1979年5月20日~11月20日)

Fig. 6 Frequency distribution in hourly mean light-intensity and temperature combinations for the period from May 20 to Nov. 20, 1979

これは、S区およびS₁、S₂、S₄補助区では、上木に落葉広葉樹(ダケカンバ、ナナカマド)が混交し、これらの葉量の季節変化が、ミズナラ林(玉井・四手井, 1972)と同様に、林内の明るさの季節変動に大きな影響を及ぼしているためと思われる。

林縁部は、図-1に明らかのように、南側に伐採跡地があり、上層木の樹冠を通らない光の影響が強い。したがって、相対積算照度は、上層木の葉量の影響をあまり受けず、季節的にほぼ一定の値を示した。

本研究では、生育地の明るさとシラベ稚樹の形態的、生態生理的諸特性との関係、さらにそれらと光合成生産のつながりを扱っているため、特定の区の明るさをひとつの指標値によって代表させると説明、比較に便利である。表-1に示したように、ここでは、生長の盛んな7月下旬~9月下旬の相対積算照度の平均値を各区の明るさの目安、光環境の指標値とした。本研究で主に用いたS、I、O区の光環境の指標値は、それぞれ2.6%、22%、100%である。以後、本文および図表中で用いる各区の光環境には、ここに示した値を用いる。

B 気 温

本調査地の気温は、緯度、標高のほぼ等しい他の亜高山帯の気温と大差ない(松本・根岸,

1982)。各調査区の気温には、雪どけ直後の5月下旬～6月中旬にかけて、O区の日較差が大きいことをのぞけば、あまり大きな差はなく、O区>I区>S区の順に日平均気温は高く、日較差も大きい傾向が認められた。

C 照度と気温の組み合わせ

1979年5月20日～11月20日の6カ月間について、毎時間ごとの積算照度と平均気温をそれぞれ括約して、その組み合わせ出現頻度をまとめると、図-6のようになる。調べた4,440時間のうち、45%にあたる2,011時間は夜間（O区の照度が $0.2\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ 以下のとき、各区とも夜間とした）である。各区とも低温度高照度、または高温度低照度の組み合わせは少ない。年間を通じて、夜間の最高気温はいずれの区でも 16°C であった。

昼間で最も頻度の多い括約の組み合わせは、S区で $11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 、 $0.006\sim 0.4\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ の228時間、I区で $11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 、 $0.04\sim 1.4\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ の119時間、O区で $11\sim 12^{\circ}\text{C}$ 、 $0.2\sim 5.0\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ の103時間であった。各区とも積算照度は、最も暗い区分である。

また、昼間によく起こる気温と積算照度の範囲の組み合わせは、S区で $3\sim 16^{\circ}\text{C}$ 、 $0.006\sim 1.6\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ 、I区で $5\sim 16^{\circ}\text{C}$ 、 $0.04\sim 8.4\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ 、O区で $5\sim 18^{\circ}\text{C}$ 、 $0.2\sim 40\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ で、それぞれ昼間の66.7%、68.7%、58.7%を占めた。

いずれの区も、生育期の昼間に気温が 0°C 以下または 20°C 以上になることはまれである。また毎時積算照度が、S区で約 $3\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ 以上、I区で約 $12\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ 以上、O区で約 $40\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ 以上になることは少ない。

III 材料および方法

1. 供試稚樹

S、I、O区に生育するシラベ稚樹（I、O区は前生稚樹であったが、以後特にこれを問題としないときには単に稚樹）のうちから、それぞれ2、3、3個体を掘り取って、器官重計測および純生産量推定の供試稚樹とした。供試稚樹の概要を表-2に示す。9年前（1979年当時）の上木伐採時の樹高が10cm前後で、個体間の競争による下枝の枯れ上がりが極端でなく、損傷の少ない個体を選んだ。

各器官の季節的な生長の経過、および純生産量推定の際の補助資料を得るため、上記の供試稚樹とは別に、S、I、O区および S_1 、 S_2 、 S_4 、 I_{53} 、 I_{66} 補助区のそれぞれに生育する稚樹の枝葉の一部も材料とした。

図-7は、各供試稚樹の樹高生長曲線である。I区の1個体をのぞいて、伐採年の1970年の樹高は、 $7\sim 12\text{cm}$ であった。ただし、現在の地ぎわ位置を基準に着枝高もしくは着枝痕高を調べたものなので、伐採年前後の樹高については、数cm程度の誤差が生じている可能性がある。

表-2 供試稚樹の概要

Table 2 Outline of sample advance growths

供試 稚樹No. Sample advance growth No.	樹高 Height (cm)	根元 直径 Diameter at ground level (cm)	1970年(伐採時) の樹高* Estimated height in 1970 at clear cutting* (cm)	推定 樹齡** Estimated age** (yr.)
S-1	24.6	0.5	8.8	16
S-2	24.4	0.6	10.1	18
I-1	57.9	1.3	9.1	21
I-2	31.6	0.8	4.5	17
I-3	52.5	1.1	8.0	16
O-1	76.6	3.1	12.8	24
O-2	100.8	2.2	10.9	16
O-3	101.4	2.4	12.5	18

* Estimated from number of nodes.

** Estimated value adding the number of distinguishable nodes under the ground to the number of annual rings at the ground level.

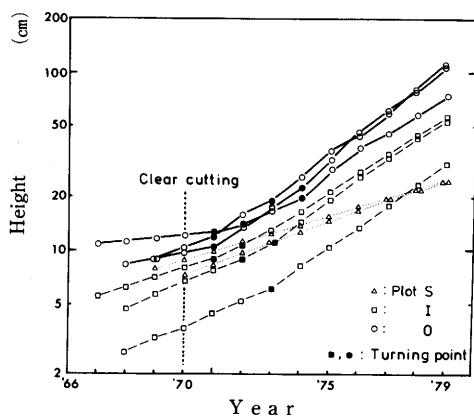


図-7 各供試稚樹の樹高生長曲線

Fig. 7 Height growth curves of each sample advance growth

伐採による A₀層の消耗, A層のしまり, A層上部の流亡などで地表面が低下すること, 冬期の積雪によって横だおしや根元曲りを起し, 幹が埋没して根になる(樹高 1 m 程度の林内稚樹でもしばしば観察した) こと, などのためである。

図-7の樹高生長曲線において, それぞれの供試稚樹は, 先に示した S, I, O区の代表的個体とよく似た樹高生長を示し, 各調査区の代表的生長経過をたどった稚樹であるといえる。

2. 計測項目および方法

掘り取った供試稚樹は, まず地上部と地下部に分け, 地上部は枝階別刈取り法(春木, 1979)を改良した方法によって幹, 枝, 針葉ごとに枝階別・年齢別に分けた。シラベは, マツのよう

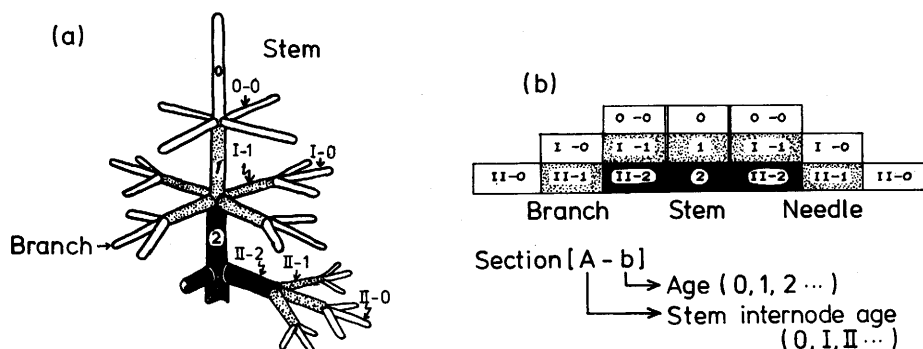


図-8 枝の出かた(a)とセクションの表示(b)

Fig. 8 Branching (a) and indication of sections based on the age

(Arabic numerals) and stem internode age belonging to them (Roman numerals) (b)

に節の位置が規則的なので、枝階別・年齢別に分けることによって幹、枝、針葉のおよその空間的な分布を掌握できる。

図-8は、枝の出かたと幹、枝、針葉を枝階別・年齢別にどう表現するかを示したものである。図において、0およびローマ数字は、枝階の年齢を表わし、これにつづくアラビア数字は、幹、枝、針葉の年齢を表わす。このように、枝階別・年齢別に分けた部分をセクション(Section)と名づけた。図のbは、aに示した現実の空間分布を、幹を中央にしてその左側に枝の、右側に葉のセクションを並べ、2次元配置として表わしている。図-14および21における分布図は、この表現法にもとづいている。

各セクションごとに幹長、最近5年間の幹の直径生長(樹皮付、樹皮なし)、平均主枝長、幹、枝、針葉の絶乾重(85℃の加熱乾燥)、および主枝に付く針葉の枚数、総葉痕数(針葉数+落葉痕数)を調べた。なお、過去の樹皮付直径は、木部直径と樹皮の厚さの相対生長関係(松本, 1978)から換算して求めた。

1979年8月30日に各調査区から供試稚樹を採取し、ただちに各セクションに分離した。長さ、直径などの計測を、採取後2日間で終え、いったん材料の生理的活動を止め(30~60分間、60~70℃に加熱)たのち、のこりの計測を行なった。

各セクションに対応する平均照度は、照度計(T-1, ミノルタ光学KK)を用いて計測し、それぞれの稚樹の頂端上における照度を100とする相対値を求めた。計測は、1981年8月初旬と9月下旬の2回、曇天の日の10~14時までの間に行なった。

針葉の出かたや、生長の季節経過を知るための試料をS, I, O区およびS₁, S₂, S₄, I₅₃, I₆₆補助区において、1979年8月30日に採取した。これに加えてS, I, O区については、第2

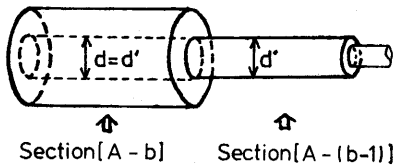


図-9 枝の純生産量の推定

Fig. 9 Estimation of net production in each section of branches

報の光合成・呼吸の季節変化の計測試料用に採取し持ち帰ったもののなかから、毎回10点ずつを選び、枝、針葉の季節的な生長経過を調べた。

3. 純生産量の推定方法

各セクションごとの純生産量は、次式によって定義される。

$$\Delta Y[A \cdot b] \equiv Y[A \cdot b] - Y'[A \cdot b] + \Delta D[A \cdot b]$$

ただし

$[A \cdot b]$:	枝階齢 A , 年齢 b のセクション
$\Delta Y[A \cdot b]$:	セクション $[A \cdot b]$ の年間純生産量
$Y[A \cdot b]$:	現在の重量
$Y'[A \cdot b]$:	1年前の重量
$\Delta D[A \cdot b]$:	年間脱落量および被食量

シラベ稚樹個体における純生産量の推定に、林分を対象とした層別刈り取り法を適用したのでは、極度に精度が落ちる。草本群落での全刈り法の適用も、群落と個体という対象のちがいのためむずかしい。そこで、多少手間がかかるが、すでに述べたように、枝階ごと、年齢ごとに重量を測定し、脱落量を推定し、枝階ごと、年齢ごとに相対生長関係を用いて、純生産量を推定した。具体的手順は次のとおりである。

A 幹

樹幹解析の手法を応用した。通常の方法と異なるのは、枝階ごとに区分した点である。

B 枝

樹幹解析の手法を用いると、ばく大な作業量になるので、実施が比較的容易な方法を考えた。

セクションごとに毎年作られる部分の比重は一定であり、かつ特定のセクションにおける前年の枝の直径は、同一枝階における1年若いセクションと同じと仮定する。(図-9参照)

すなわち

$$WB'[A \cdot b] / LB[A \cdot b] \equiv WB[A \cdot (b-1)] / LB[A \cdot (b-1)]$$

したがって

$$WB'[A \cdot b] = WB[A \cdot (b-1)] \times \frac{LB[A \cdot b]}{LB[A \cdot (b-1)]} \quad (1)$$

枯死，脱落がないとして

$$\Delta WB[A \cdot b] \equiv WB[A \cdot b] - WB'[A \cdot b]$$

(1)式をこれに代入して，特定のセクションの枝の純生産量が求まる。すなわち

$$\Delta WB[A \cdot b] = \{WB[A \cdot b] - WB[A \cdot (b-1)]\} \times \frac{LB[A \cdot b]}{LB[A \cdot (b-1)]} \quad (2)$$

ただし

$[A \cdot b]$: 枝階齡 A ，年齢 b のセクション

$[A \cdot (b-1)]$: " A ，" $(b-1)$ "

$WB[A \cdot b]$: セクション $[A \cdot b]$ における枝の重量

$LB[A \cdot b]$: " " 平均主枝長

$WB'[A \cdot b]$: " " 1年前の枝重量

$\Delta WB[A \cdot b]$: " " 枝の純生産量

なお，当年部分は，計測重量をそのまま純生産量とした。枝の枯死・脱落は，主に樹冠の下部で生じ，稚樹の段階では成木と異なり新しく生産される量と比べ無視できるほど小さい。本法による枝の純生産量の推定は，比較的眞の値に近いものが得られると考えるが，生育環境の変化などで，枝の直径の生長がそれまでに比べ極端に変化した場合には適用できない。

C 葉

葉については，枯死・脱落量を考慮した。落葉は，生育期の前期と後期に集中するが，後期に落ちた葉の生育期間中の重量増加はない。また個々の針葉の重量生長は，ここ数年間同じ経過をたどったと仮定した。

$$\Delta WL[A \cdot b] \equiv WL[A \cdot b] - WL'[A \cdot b] + WLD[A \cdot b] \quad (3)$$

ただし

$\Delta WL[A \cdot b]$: セクション $[A \cdot b]$ の針葉の純生産量

$WL[A \cdot b]$: " " 現在の針葉の重量

$WL'[A \cdot b]$: " " 1年前の針葉の重量

$WLD[A \cdot b]$: " " 1年間の針葉の枯死重量

ここで

$$WL'[A \cdot b] \equiv WL1'[A \cdot b] \times N'[A \cdot b] \quad (4)$$

また，落葉の重量増加がないとして

$$WLD[A \cdot b] = WL1'[A \cdot b] \times ND[A \cdot b] \quad (5)$$

ただし

$WL1'[A \cdot b]$: セクション $[A \cdot b]$ の1年前の針葉1枚の重量

$N'[A \cdot b]$: " " 針葉数
 $ND[A \cdot b]$: " " 1年間の針葉の枯死数

(3)式に(4), (5)式を代入して

$$\Delta WL[A \cdot b] = WL[A \cdot b] - WL1'[A \cdot b] \times \{N'[A \cdot b] - ND[A \cdot b]\} \quad (6)$$

と表わせる。

ここで

$$ND[A \cdot b] \equiv N'[A \cdot b] - N[A \cdot b] \quad (7)$$

仮定より

$$WL1'[A \cdot b] = WL1[A \cdot (b-1)] \quad (8)$$

ただし

$N[A \cdot b]$: セクション $[A \cdot b]$ の針葉数

$WL1[A \cdot (b-1)]$: " " $[A \cdot (b-1)]$ の針葉1枚の重量

(6)式に(7), (8)式を代入して, セクション $[A \cdot b]$ の針葉の純生産量は,

$$\Delta WL[A \cdot b] = WL[A \cdot b] - WL1[A \cdot (b-1)] \times N[A \cdot b] \quad (9)$$

によって求まる。

いっぽう, 1年前の針葉の重量は, 次のようにして求めることができる。

$$N'[A \cdot b] = N[A \cdot (b-1)] \times \frac{NS[A \cdot b]}{NS[A \cdot (b-1)]} \quad (10)$$

ただし

$N[A \cdot (b-1)]$: セクション $[A \cdot (b-1)]$ の針葉数

$NS[A \cdot (b-1)]$: " " " 総葉痕数

$NS[A \cdot b]$: " " $[A \cdot b]$ の " "

(4)式に(8), (10)式を代入して

$$WL'[A \cdot b] = WL1[A \cdot (b-1)] \times N[A \cdot (b-1)] \times \frac{NS[A \cdot b]}{NS[A \cdot (b-1)]} \quad (11)$$

(9)式および(11)式による針葉の純生産量および1年前の針葉重量の推定は, 枝の場合と同様, 今回のような, 数年間にわたり環境に大きな変化がなく毎年^の落葉率, 針葉1枚の重量変化率が大きく変わらない場合以外は適用できないと思われる。

IV 結果および考察

1. 幹, 枝, 針葉の生長の季節変化

S, I, O区における幹および枝の伸長生長の季節経過を図-10のa, bに示した。幹, 枝ともS区では8月中旬ごろ伸長生長がとまり, I, O区でも8月下旬ごろにはほぼとまる。こ

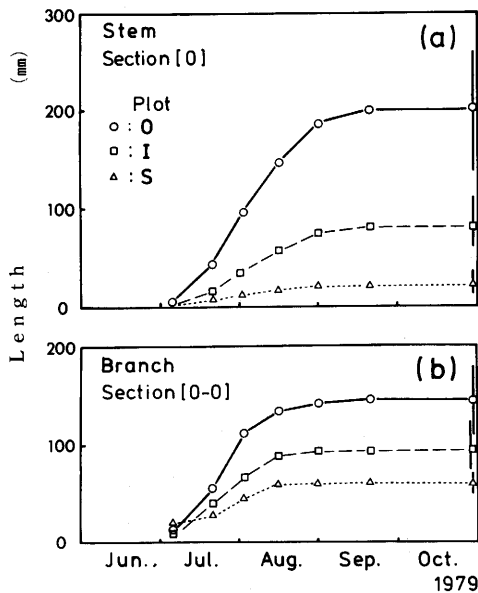


図-10 幹(a)および枝(b)の伸長生長の季節経過

Fig. 10 Seasonal elongation growth in stems (a) and branches (b) Bars show max. and min.

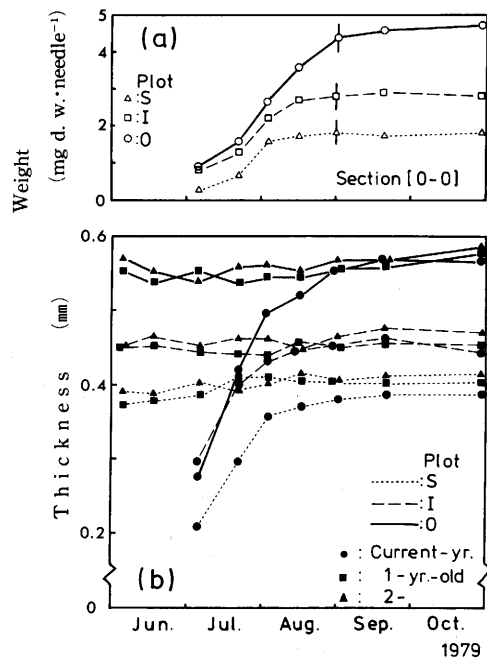


図-12 葉の重量生長(a)および厚さの生長(b)の季節経過

Fig. 12 Seasonal weight growth (a) and thickness growth (b) in needles Bars show max. and min.

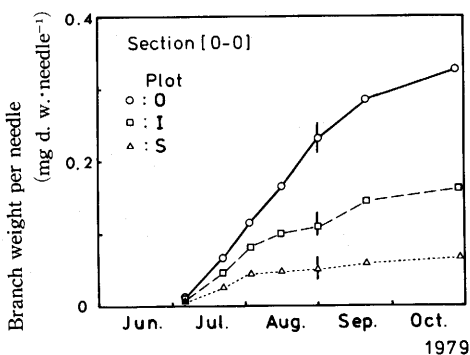


図-11 枝の重量生長の季節経過

Fig. 11 Seasonal weight growth in branches Bars show max. and min.

のように、いずれの区においても伸長生長は、8月下旬までにはとまるが、図-11に示すように、枝の重量生長は、10月まで続く。年間の枝の伸長量のS、I、O区間の比は、1:1.6:2.4である。同じく幹での比は、1:4:10で枝より区間の差が大きい。

1枚の葉の重さおよび厚さの季節変化を図-12のa、bに示す。当年生葉の重量生長は、S区では8月上旬に、I区では8月中旬に、O区では8月下旬にほぼとまり枝の重量生長よりも

表-3 供試稚樹の器官別重

Table 3 Dry weight of each organ in sample advance growths

供試稚樹 No. Sample advance growth No.	個体重 Entire individual wt. (W)	地上 部重 Top. wt. (WTOP)	葉重 Needle wt. (WL)	枝重 Branch wt. (WB)	幹重 Stem wt. (WS)	根重 Root wt. (WR)	T/R率
							T/R ratio
S-1	13.8	10.8	4.8	3.1	3.0	3.0	3.6
S-2	12.7	10.3	4.5	2.6	3.2	2.4	4.3
I-1	82.2	66.1	29.0	19.7	17.4	16.1	4.1
I-2	28.5	24.5	11.5	7.8	5.2	4.0	6.1
I-3	64.9	52.8	23.2	15.4	14.2	12.1	4.4
O-1	589.8	477.0	215.7	177.3	84.0	112.8	4.2
O-2	369.9	299.5	113.0	103.8	82.8	70.4	4.3
O-3	641.0	489.7	215.7	182.5	101.5	151.3	3.2

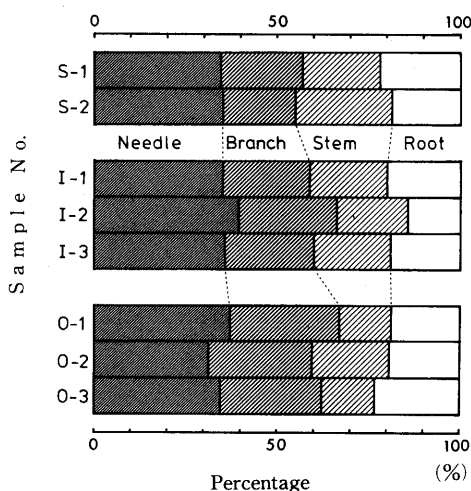


図-13 各供試稚樹の器官別重量の割合

Fig. 13 Ratio of each organ in each sample advance growth in dry weight percentage

早く、幹、枝の伸長生長と同じ時期にはほぼ終了する。

針葉の厚さは、厚み計 (SM-112, 東京精密工業KK) で測ったものであるが、シラベでは主脈が発達しているため、必ずしもクロロフィルの分布している柵状、海綿状組織を主体とする部分の厚さの比較はできない。しかし、各区とも主脈をふくめた針葉の厚さは、重量生長とほぼ同じ時期に生長がとまる。1年生以上の針葉では、ごくわずかであるが、季節、年齢とともに厚くなる傾向が認められる。

2. 重量の空間分布

表-3に各供試稚樹の器官別重量を示した。T/R率は、4前後で、S、I、O区間の違いは明らかでない。

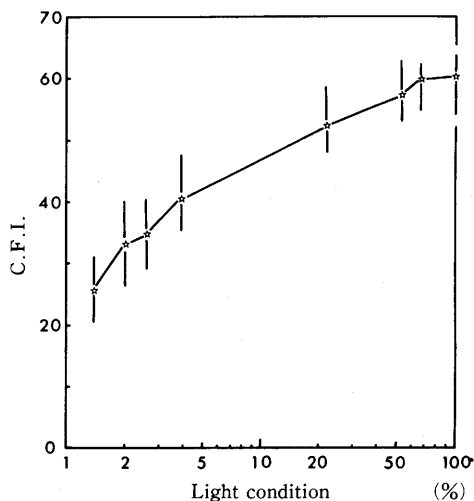


図-15 光環境と C.F.I.

Fig. 15 Crown Form Index (C. F. I.) in relationship to light conditions
Bars show max. and min.

個体重に占める各器官の割合を示したのが図-13である。供試稚樹によって多少バラツキはあるが、S、I、O区間で比較すると、針葉と根の割合の差は少なく、各区ともそれぞれおよそ35%、20%である。いっぽう、枝は暗い区ほど、幹は明るい区ほど割合が少ない傾向が認められる。

樹形模式図および地上部におけるセクション単位の重量分布図を図-14に示す。aの樹形模式図は、それぞれ幹長と平均主枝長をもとにして節の位置を示したものである。bのセクション単位の重量分布図は、各器官に占めるセクションごとの割合を示した。幹を中心に右側が針葉、左側が枝で、それぞれのセクションの枝階別・年齢別の配置は、自然状態と同じように示した。

樹形模式図によって、S、I、O区の供試木の樹形や幹、枝の伸長生長の違いが明らかである。C. F. I. (樹冠形指数, 松本・湯浅, 1977) は、S区35前後、I区55前後、O区60前後で、明るい区ほど垂直方向の伸長速度が早い。図-15は、補助区を加えた8区について、各区の代表的個体を選び、C. F. I. を計測した結果である。すでに松本・湯浅(1977)が報告しているように、明るい区ほどC. F. I. が大きくなる。

図-14のaの樹形模式図において、樹冠下部の幹および枝の伸長生長を比較すると、現在活発に伸長しているO区や、それにつづくI区のものも、S区の伸長生長とさほど変わらない。前述のC. F. I. で表わした樹冠形の違いをこの図からより具体的に理解できる。

図-14のbの重量分布図によると、幹は、針葉または、枝の分布が集中している枝階を中心に分布する。通常のはぼ等間隔に調べる樹幹解析法によれば、根元に近いほど分布が集中することになるが、枝階ごとに(幹の節ごとに)示した本法では、枝階長の影響をうけ、このような結果になっている。

枝の空間分布は、多くの針葉を付けているセクションでは比較的高い割合を占める。しかし、

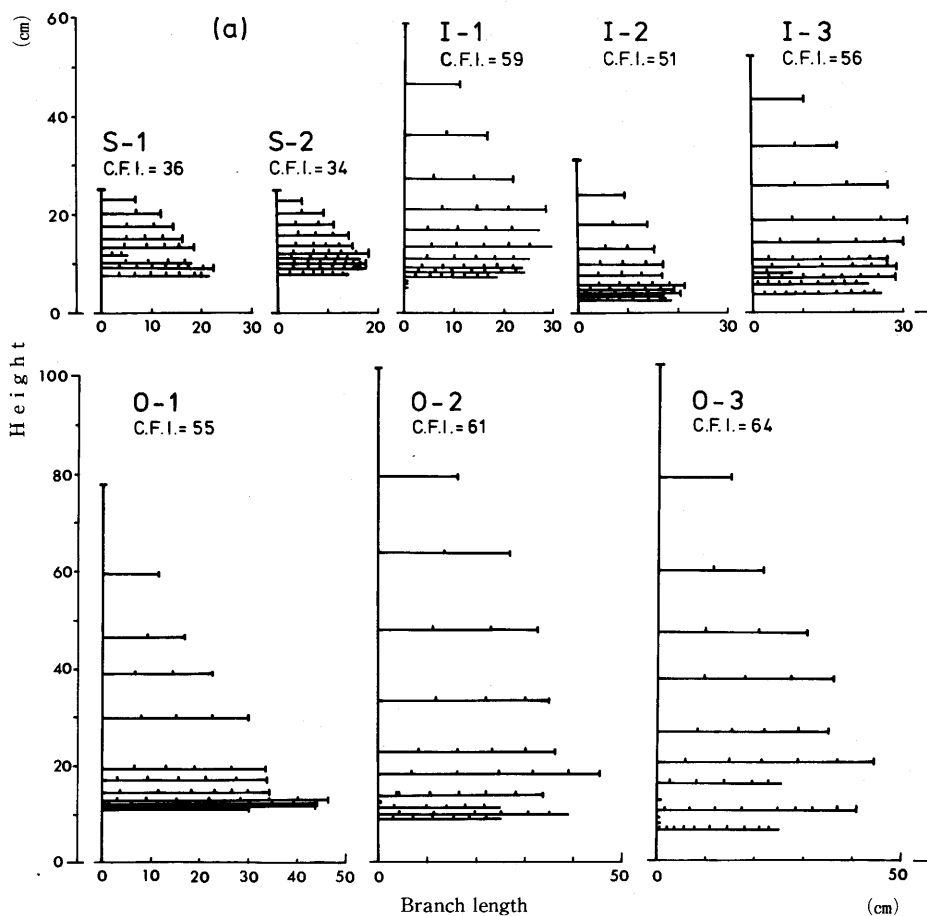


図-14 樹形模式図(a)およびセクション単位の重量分布図(b)

Fig. 14 Tree forms (a) and distributions of weight among sections in each organ (b)

過去の蓄積も含んでいるので、古い枝階、古い枝齡のセクションでも高い割合を占め、次に述べる針葉に比べれば変動の少ない分布を示す。

針葉の空間分布は、いずれの区とも I ~ V 枝階の比較的若い齡のセクションに集中し、下部の枝階や、樹冠の中心部に近いセクションでは少ない。この傾向は、明るい区ほど強いようである。

葉齡別の葉量割合（区ごとの平均値）を S, I, O 区について図-16に示す。どの区も若い針葉ほど比率が高いが、暗い区ほど古い針葉の量が相対的に高い。

図-17は、20試料（5年生以上は10~12試料）から得た葉齡別落葉率である。落葉率は、葉痕数をこれと現存する針葉数の和で除して求めた。S区では、10年生の針葉まで付いているが、O区では、5年生の針葉でも99%がすでに落葉している。落葉率が60%以下の葉齡は、S, I,

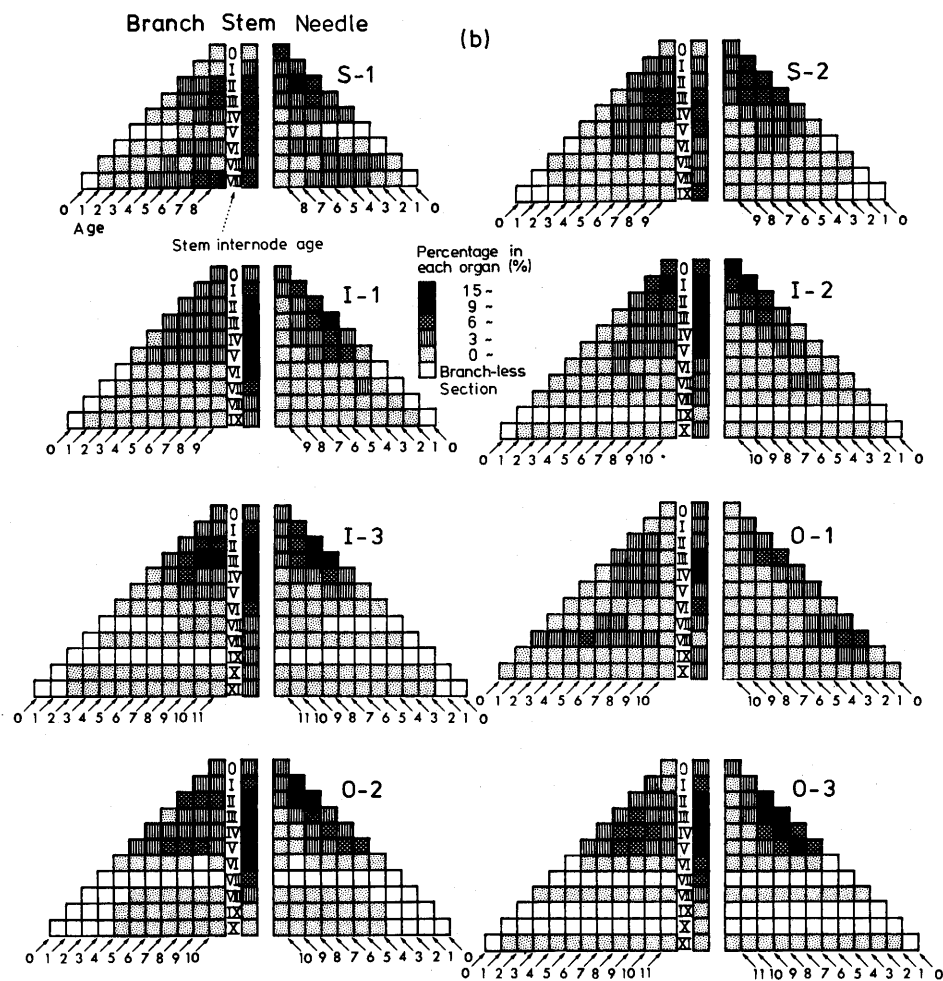


図-14 (つづき)

Fig. 14 (Continued)

O区でそれぞれ6年、4年、3年以内である。さきの図-16の葉齢別比較で、明るい区ほど古い針葉の割合が低いのは、必ずしも新しい針葉がより多く作られたためだけでなく、早い時期に古い針葉が落葉しやすいことにも原因があるといえる。明るい区ほど古い針葉が落葉しやすいのは、自己被陰の影響が大きいと思われる。

表-4は、S、I、O区における稚樹の頂端上を100とした各セクションの平均相対照度である。セクションの枝階齢、枝葉齢の増加にともなう光の減衰が、S区では少なく、I区では大きく、O区ではさらにいちじるしい。樹冠上部の相対値60%以上のセクションを比較すると、暗い区のものほど樹冠内部まで明るい。このように、葉齢の増加とともに照度が比較的急激に低下することが、図-17に示した明るい区で針葉の寿命が短いことに関係していると思われる。

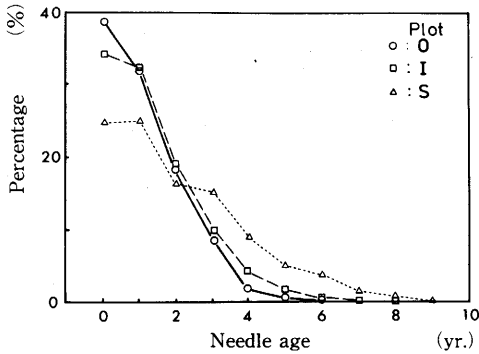


図-16 供試稚樹の葉齢分布 (区ごとの平均値)

Fig. 16 Difference in age distribution of needles of sample advance growths among the plots

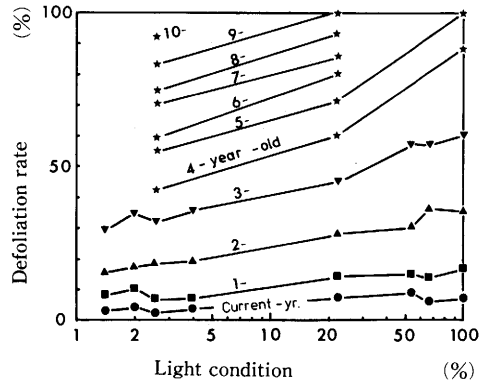


図-17 光環境と落葉率

Fig. 17 Defoliation rate in relationship to light conditions and needle ages

$$\text{Defoliation rate (\%)} = 100 \times \frac{\text{(needle scar number)}}{\{ \text{(needle scar number)} + \text{(existing needle number)} \}}$$

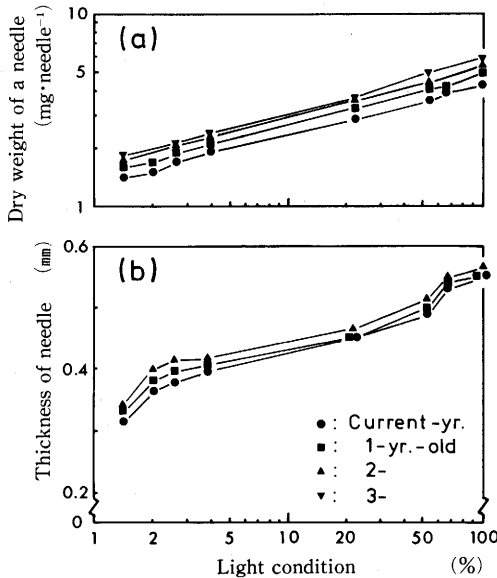


図-18 光環境と1枚の葉の重さ(a)および厚さ(b)

Fig. 18 Weight (a) and thickness (b) of needles in relationship to light conditions

図-18は、針葉1枚あたりの乾重および針葉の厚さと光環境の指標値との関係を示す。生育地の明るさと1枚あたりの葉重および厚さはいずれも高い相関があり、暗い区の葉ほど軽く、薄い。

以上述べた針葉の空間分布に関してまとめると、明るい区に生育する稚樹ほど光のよく当たる樹冠上・中部の外側に厚い針葉を集中させ、その結果、樹冠内部は自己被陰によって落葉が進む。いっぽう、暗い区に生育する稚樹は、全体に葉量が少なく、密度も低く、針葉も薄いた

表-4 セクションごとの平均相対照度 (稚樹の頂端上を100とする)

Table 4 Average relative light intensity in each section calculated as 100% at the top of each sample advance growth

(%)

枝 階		平均相対照度											
Stem internode age		Average relative light intensity											
0	100	Plot S											
I	94	99											
II	82	92	97										
III	75	80	90	95									
IV	70	73	76	88	92								
V	60	65	65	72	85	90							
VI	52	55	60	62	70	83	87						
VII	49	—	—	55	—	—	79	85					
VIII	—	—	—	—	—	—	—	—					
IX	50	—	—	49	—	—	56	—	—	80			
X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
XI	47	—	—	50	—	—	51	—	—	53	68	75	
Plot I													
0	100	Plot I											
I	82	96											
II	60	79	92										
III	46	57	73	87									
IV	37	40	53	68	82								
V	31	34	37	49	57	75							
VI	29	30	32	35	43	52	68						
VII	27	—	—	31	—	—	51	62					
VIII	—	—	—	—	—	—	—	—					
IX	25	—	—	26	—	—	29	—	—	52			
X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
XI	24	—	—	23	—	—	25	—	—	29	—	37	
Plot O													
0	100	Plot O											
I	86	94											
II	60	75	86										
III	40	55	68	78									
IV	30	35	40	61	70								
V	18	26	32	37	41	59							
VI	14	19	21	24	30	35	45						
VII	12	—	—	21	—	25	30	35					
VIII	—	—	—	—	—	—	23	25	30				
IX	9	—	—	12	—	—	—	20	22	28			
X	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
XI	10	—	—	11	—	—	—	—	—	—	—		

Data arrangement is the same as in Fig. 14(b).

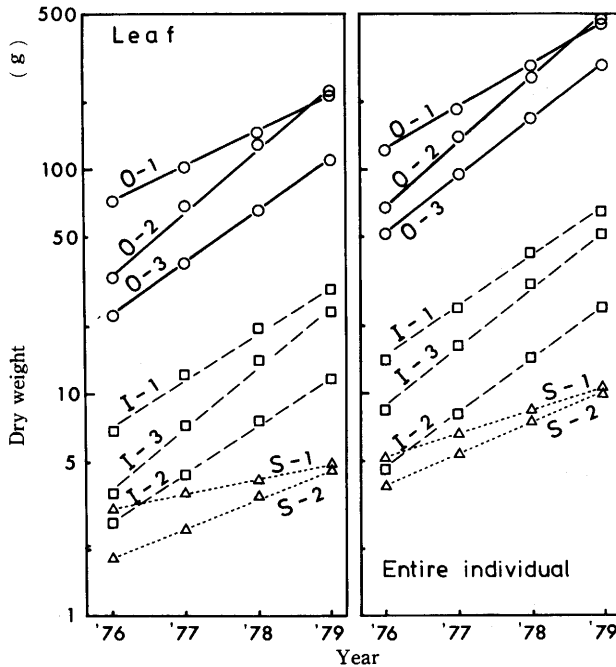


図-19 葉および個体全体の重量生長の年経過

Fig. 19 Annual weight growth of needles and entire individual of each sample advance growth

め、自己被陰による光の減衰も少なく、樹冠内部まで相対的に明るい。その結果として、古い針葉を長い期間つけていると考えられる。

3. 純生産量の空間分布

純生産量の空間分布を検討するまえに、最近4年間の個体重と葉重の経年変化、および純生産量の器官別割合を検討する。

図-19に示す個体重と葉重の経年変化は、各セクションごとに過去にさかのぼって器官重を推定した結果得た値である。これによれば、個体重、葉重ともすべての供試稚樹において指数関数的増加が認められる。稚樹のような生育初期の段階のものは、時間とともに指数関数的生長をすることが知られている。

各供試稚樹の年ごとの生長率（前年を1とする）を表-5に示した。S区は他の区に比べ、生長率が小さいが、I区とO区の生長率の間には供試稚樹間のバラツキ以上の差はなかった。

これまでに検討したように、S、I、O区の間には、大きな光環境の違いがあるが、生長率でI区とO区がほぼ等しいのは、次のことを示唆すると思われる。すなわち、シラベ前生稚樹は、生育地の光環境に樹形や針葉の出かた、厚さを順応させ、裸地の1/5程度の照度下でも

表-5 年生長率 (1976~79年平均)

Table 5 Annual growth rate (1976~1979)

供試稚樹No. Sample advance growth No.	年 生 長 率 Annual growth rate	
	個 体 Entire individual	葉 Needle
S-1	1.28	1.16
S-2	1.40	1.36
I-1	1.68	1.62
I-2	1.75	1.64
I-3	1.85	1.90
O-1	1.58	1.45
O-2	1.80	1.72
O-3	1.94	1.93

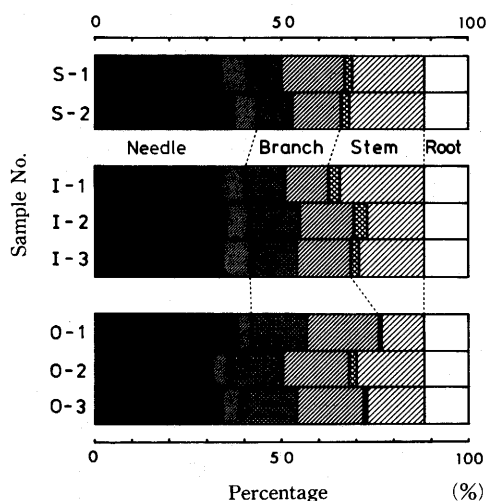


図-20 各供試稚樹の器官別純生産量の割合

Fig. 20 Distribution of net production among the organs in each sample advance growth. Cross hatches indicate current-year sections.

生長率を低下させることなく生産が行なえるということである。くわしくは、光合成・呼吸、水ストレスなどの生理的活動についても検討を加える必要がある。

図-20は1978年秋から1979年秋までの純生産量の器官別配分割合である。根への配分割合は、地ぎわの年輪生長だけで推定しているの、他の器官の推定法に比べてあらい。したがって、供試稚樹ごとの推定値として他の器官と比べるのは不相当と考え、KIMURA et al. (1968) の値も参考に一律に12%とした。地上部の各器官では、図-13の器官別重量比とほぼ同じ傾向であった。とくに明るい区ほど純生産量が枝に多く配分され、幹には少ない。

純生産量のうち現存する当年生セクション(根をのぞく)へ配分された割合を、それぞれの器官について交差斜線で示す。針葉ではおよそ80%が当年生セクションに配分される。残りは1年生以上のセクションの重量増加あるいは当年生葉も含めた落葉・枯死分であるが、区間の違

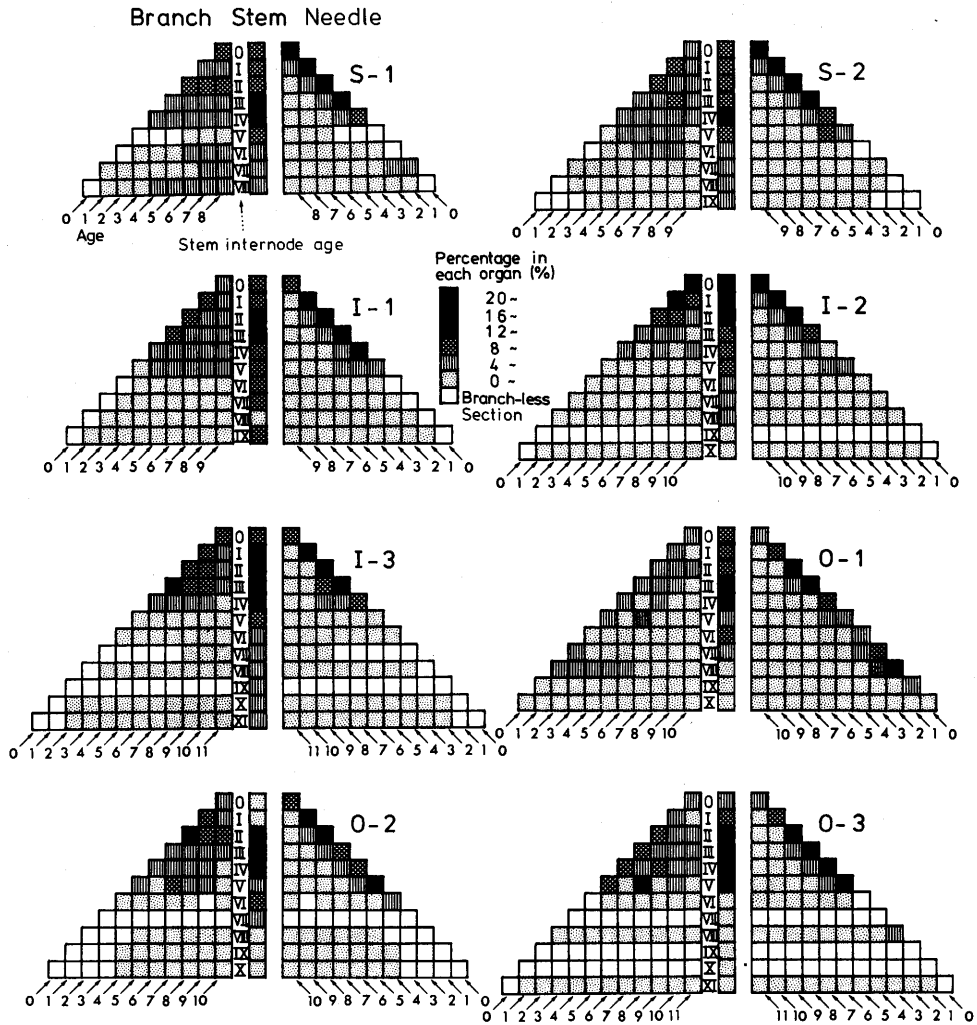


図-21 セクション単位の純生産量分布図

Fig. 21 Distribution of net production among the sections in each organ

いはあまりない。枝では30~40%が当年生セクションへ配分される。残りは1年生以上のセクションの肥大生長分であるが、明るい区ほど当年生セクションへの配分割合が大きい。

幹では当年生セクション（上生長に回る）分への配分はごく一部で、大半が1年生以上のセクションの肥大生長に使われる。全体の純生産量のうち当年生セクションに回る分は、S区が平均47%，I区が平均50%，O区が平均50%であり、区間差はほとんどない。

図-21は、S、I、O区の供試稚樹について各器官別に純生産量が各セクションにどのように配分されているかを示す。針葉では、SおよびI区で4年生枝階までの当年生葉に、O区で

6年生枝階までの当年生葉に集中して配分される傾向がある。枝では、枝階、年齢にあまり関係なく配分される傾向がみられる。幹では、針葉での配分が集中した枝階付近を中心に配分される傾向がある。S、I、O区の代表的個体の純生産量は、S区を1とするとおよそ1:7:70となった。これは、大きく違う光環境下に9年間置かれたためと考えられる。

要 旨

天然更新作業による上層木の伐採は、前生稚樹の光環境を大きく変化させる。前生稚樹が後継樹として順調な生育を続けていくには、こうした環境の変化に順応しなくてはならない。

ここでは上層木の皆伐による光環境の変化にすでに順応し生育しているシラベ前生稚樹および皆伐されなかった林内の稚樹を対象に、光合成生産に関する生態生理的特性について、一連の研究を行なった。

調査地は、奥秩父山系の最高峰、北奥千丈岳(標高2,602m)の西斜面(標高2,320~2,350m, 35°52'N, 138°40'E)に位置し、シラベ、アオモリトドマツ、コメツガ、ダケカンバなどからなる針葉樹天然林とそれに隣接する1970年に上層木を皆伐された天然更新地からなる。調査地に光環境の異なるS区(天然林内)、I区(林縁付近)、O区(天然更新地)の調査区およびS₁、S₂、S₄(天然林内)、I₅₃、I₆₆(林縁付近)の調査補助区を設けた。

本報では、各区の生育環境(照度と気温)を観測し、シラベ稚樹の地上部器官の季節的生長経過、各器官重量および純生産量を調べ比較した。純生産量については、単木を単位とした枝階別・年齢別(セクション別)推定法を新たに考案した。

7月下旬~9月下旬のO区を100%とした相対積算照度の平均値は、S区で2.6%、I区で22%であった。昼間によく起こる気温と積算照度の範囲は、S区で3~16°C, 0.006~1.6klx·hr·hr⁻¹, I区で5~16°C, 0.04~8.4klx·hr·hr⁻¹, O区で5~18°C, 0.2~40klx·hr·hr⁻¹で、それぞれ昼間の66.7%, 68.7%, 58.7%の出現頻度であった。

幹、枝の伸長生長は、S、I、O区とも8月下旬までに終わるが、枝の重量生長は、10月まで続いた。針葉の重さおよび厚さの生長は、S区で8月上旬、I区で8月中旬、O区で8月下旬に終わった。

個体重に占める各器官の割合は、針葉および根では、区間差がほとんどなく、それぞれ35%、20%前後であった。枝は暗い区ほど、幹は明るい区ほど割合が少ない傾向が認められた。

針葉の空間分布は、いずれの区でも樹冠上部の比較的若い齢の部分に集中し、樹冠下部や樹冠内部では少ない。この傾向は、明るい区ほど強く認められた。針葉の年齢分布は、どの区も若い針葉ほど多いが、この傾向は明るい区ほどいちじるしい。40%以上の葉が生存している葉齢は、S、I、O区でそれぞれ6年、4年、3年以内であった。S区では、10年生の針葉まで

付いているが、O区では5年生の針葉ですでに99%落葉していた。樹冠内部の光の減衰は、明るい区ほど大きかった。針葉の重さと厚さは、明るい区ほど重く、厚かった。

これらの事実から、光環境と稚樹の針葉の空間分布の関係は次のように考えられる。明るい区に生育する稚樹ほど光のよく当たる樹冠上・中部の外側に厚い針葉を集中させ、その結果、樹冠内部は自己被陰による針葉の落葉が進む。いっぽう暗い区の稚樹は、全体に葉量が少なく、密度も低く、針葉も薄いため、自己被陰による光の減衰が少なく、樹冠内部まで相対的に明るく、その結果、針葉の寿命が長い。

新しく考案した推定法によって、個体重、葉量の最近4年間の年経過を調べた。いずれも年とともに指数関数的な増加が認められた。個体重の年生長率は、S、I、O区それぞれ平均1.3、1.8、1.8で、S区は他の区に比べて小さいが、I区とO区では、供試稚樹間のバラツキ以上の差は認められなかった。

純生産量の各器官への配分は、明るい区ほど枝に多く、幹に少ない傾向が認められた。針葉における純生産量の空間分布は、SおよびI区で4年生枝階までの当年生葉に、O区で6年生枝階までの当年生葉に集中することがわかった。S、I、O区の代表的個体の純生産量は、S区を1とすると1:7:70となる。このいちじるしい差は、大きく違う光環境下に9年間置かれたためと考えられる。

引用文献

- 赤井龍男・浅田節夫(1963):物質循環上よりみたシラベ林の更新法について. 74回日林講:175-177
- 春木雅寛(1979):トドマツ人工林の物質現存量に関する基礎的研究. 北大演報36:147-223
- KIMURA, M., MOTOTANI, I. & HOGETSU, K.(1968): Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare VI Growth and dry matter production of young *Abies* stand. Bot. Mag. Tokyo 81: 287-296
- (1969): Ditto VII Analysis of production processes of young *Abies* stand based on the carbohydrate economy. Bot. Mag. Tokyo 82: 6-19
- KUROIWA, S.(1960a): Ecological and physiological studies on the vegetation of Mt. Shimagare IV Some physiological functions concerning matter production in young *Abies* trees. Bot. Mag. Tokyo 73: 133-141
- (1960b): Ditto V Intraspecific competition and productivity difference among tree classes in the *Abies* stand. Bot. Mag. Tokyo 73: 165-174
- 前田禎三・宮川 清(1966):亜高山帯の更新に関する研究(III) 天然林における稚樹の状態. 77回日林講:522-524
- (1978):群落生態学からみた森林。(森林学, 大政正隆監修, 553pp.) 20-44, 共立出版, 東京
- 松本陽介・湯浅保雄(1977):亜高山帯林施業に関する基礎的研究(I) シラベ稚樹の受光量と樹冠形. 日林中支講25: 265-272

- ・——・橋本興良 (1977) : 同上 (II) シラベ稚樹の樹冠形と各器官の相対生長関係, 88回日林論 : 233-234
- ・——・—— (1978) : 同上 (III) Abies 属現存稚樹の上木伐採前後の生長過程について, 日林中支講 26 : 123-127
- (1978) : 大井川上流域の亜高山帯モミ属林の研究 —— 天然更新に有効なシラベ稚樹について ——, 静岡大学修士論文
- 齊藤 実・根岸賢一郎 (1981) : 上木皆伐後のシラベ・アオモリトドマツ前生稚樹の生長と微地形, 東大演報71 : 233-247
- 根岸賢一郎 (1982) : 林内および伐採跡地に生育するシラベ前生稚樹の光合成・呼吸, 日林誌64 : 165-176
- 宮川 清・前田禎三 (1966) : 亜高山帯の更新に関する研究 (V) 更新に適した稚樹の大きさ及び樹齡, 77回日林講 : 531-536
- 大角泰夫・有光一登・松井光瑤・平山良治 (1973) : 森林伐採の土壤環境に与える影響 (I) —— 表日本の亜高山針葉樹林の場合, 84回日林講 : 100-102
- 玉井重信・四手井綱英 (1972) : 林内の照度 (II) 全天空写真による解析 (I), 京大演報44 : 100-109

(1983年5月31日受理)

Summary

In the sub-alpine natural coniferous forests in the central Honshu, the stands abundant advance growths of *Abies veitchii* LINDL. on the forest floor are found frequently. When the clear-cutting of upper story with expecting the natural regeneration is made, these advance growths having been under deep shade will be exposed directly to the severe radiation. The success of regeneration may depend on physiological adaptability of them to the open conditions. In this series of studies, I try to make clear the difference in some eco-physiological characters relating to photosynthetic production among advance growths of *A. veitchii* having been adapted to various light conditions.

The study area was located on the western slope of Mt. Kita-okusenjo (2,602m, above sea level, and 35°52'N, 138°40'E) at the elevation of 2,320-2,350m. The study plots were set in a subalpine coniferous forest with deep canopy mainly composed of *A. veitchii*, *A. mariesii* MAST., *Tsuga diversifolia* (MAXIM.) MAST. and *Betula ermanii* CHAM as a shaded plot, free from effect of clear-cutting (Plot S), near forest border as an intermediate plot (Plot I), and in the adjoining cut-over area where clear-cutting had been made with expecting the natural regeneration in 1970, as an open plot (Plot O).

In this study, environmental conditions in each plot, and seasonal growth patterns, crown developments and dry matter productions of advance growths were compared among the plots.

The indices of light condition, mean values of relative light intensity during July to September, in the plots S, I, and O were 2.6%, 22%, and 100%, respectively. Combination

ranges of hourly mean light intensity and temperature observed frequently were $0.006-1.6$ $\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ and $3-16^{\circ}\text{C}$ in the plot S, $0.04-8.4$ $\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ and $5-16^{\circ}\text{C}$ in the plot I, and $0.2-40$ $\text{klx}\cdot\text{hr}\cdot\text{hr}^{-1}$ and $5-18^{\circ}\text{C}$ in the plot O. These ranges were reached 66.7%, 68.7%, and 58.7% in frequency during the total daytime of the growing season in 1979, respectively.

Elongation growth in the stem and the branch stopped in late August. Weight growth in the branch, however, continued until October in each plot. Weight and thickness growth in the needles finished in early August in the plot S, in mid August in the plot I, and in late August in the plot O, respectively.

The ratios of needles, and roots to the entire individuals in weight were 35% and 20%, respectively, in each plot. The ratios of branch were 20%, 25%, and 30%, and those of stems 25%, 20%, and 15%, respectively in order of the plots S, I, and O. With increasing light intensity of the plot, the needles were concentrated on the younger part of branches at the top part of crown.

The defoliation ratios reached about 60% of the original amount were in the age 6 years after flushing in the plot S, 4 years in the plot I, and 3 years in the plot O. In the plot O, almost all 5-year-old needles were already fallen, while in the plot S 10-year-old needles were still alive. With increasing light intensity of the plot, the needles became heavier and thicker, so that the reduction of light intensity inside the crown was more remarkable. These differences in crown development of *A. veitchii* advance growths among the plots must have resulted from the adaptation of them to various light conditions.

The annual growth rates in weight were calculated by the estimating net production method newly devised, and were determined as 1.3 in the plot S, 1.8 in the plot I, and 1.8 in the plot O. The distribution ratio of net production to branch became lower with shading. The net production in needles was allotted to those grown in current-year on the upper 4 branch stories in the plots S and I, and those on the upper 6 branch stories in the plot O.

The adaptations in photosynthetic production during 9 years after the clear-cutting resulted in the difference in net production of *A. veitchii* advance growths among the plots. The net production in 1979 amounted to 7 times in the plot I, and 70 times in the plot O as compared with that in the plot S, respectively.