

造林地における下刈, 除伐, つる切りに関する基礎的研究
(第 2 報)

スギ 幼 齡 木 の 生 長 と 雑 草 木 と の
相 互 関 係 の 解 析 と そ の 応 用

谷 本 丈 夫⁽¹⁾

Takeo TANIMOTO: Fundamental Studies on Release
Cutting in Forest Plantation (II)
Relationship between planted trees and weed community in
young plantation of Sugi—Theoretical analysis
and its practical consideration

要 旨: 幼齡造林地におけるスギの生長を, 雑草木群落との関係で検討した。まず, 前報で明らかにした雑草木の群落タイプごとの群落高と群落内の任意の高さの相対照度の関係式およびスギ造林木の任意の高さの積算葉重の推定式とから, 群落内の相対地上高ごとの相対照度と積算葉重とを作図法によって求めた。さらに圃場における庇陰実験によって相対照度に対するスギの相対生長割合を求めた。以上の関係から, 下刈などで変化する種々の光条件下でのスギの生長の違いを定量的に解析することを試みた。前報で整理した多くの雑草木群落タイプから, 代表的群落としてススキ型, アカガシ型および両者の混交型をえらび, 下刈による群落の再生過程を考慮して, 群落内のスギの生長をモデル的に検討したところ, 実際の生長と良く一致した。スギの生長はスギを取りまく雑草木群落の構成種の違いや発達程度によって変化する。例えばススキ型はアカガシ型に比して群落内への透過光が多く, 被覆によるスギの生長阻害が少ない。また, 一般にスギの生長阻害はスギ樹冠の約 1/2 以上が覆われると急に大きくなり, スギ樹冠と雑草木の相対的位置関係が最も強く影響した。これまでの下刈などの作業法と比較し, 下刈, 除伐, つる切り作業は部分的でなく, 一貫した体系のもとで考えることが重要であることを考察し, これらの作業について, その時期, 回数, 程度などを判断する基準を与え, 効果的作業体系化への基本的資料を得た。

目 次

は じ め に	56
I スギの樹高生長と積算葉重および雑草木群落内の相対照度との関係	56
II 人工庇陰および広葉樹との混植実験によるスギ幼齡木の生長解析	58
(1) 雑草木群落内のスギの生長	58
(2) スギの生長と光の強さとの関係	59
III 雑草木群落モデルによる下刈, 除伐, つる切り方法の体系化に関する検討	61
(1) 下刈, 除伐の定義	61
(2) モデル化のための仮定とモデル内でのスギの生長割合の求め方	62
(a) モデル化のための仮定の設定	63
(b) スギの生長割合の求め方	63
(3) スギの樹高と雑草木群落高との相対値が一定の場合のスギの生長	64

(4) 6 タイプの雑草木モデルを種々組み合わせた場合のスギの生長	64
(5) 生長割合の整合性の検討	67
IV 造林地における下刈, 除伐, つる切り作業の検討	68
(1) 刈払いの時期	68
(2) 下刈の方法	70
(3) 下刈, 除伐のくりかえしおよび終了の時期	71
結 言	75
引 用 文 献	76
Summary	78

は じ め に

造林地における下刈, 除伐, つる切り作業は, 古くから重要性が認識されてきた割には生物学的資料に裏付けられた作業体系となっていない。したがって, その作業内容は, 経験的に会得されたものが多く, 各林業地によって精粗まちまちになっている。

著者は, 1971 年以来, これら作業に, 生物学的資料に基づいた裏付けを与え, 効率的な作業体系を確立する目的で, 造林地における植栽木と雑草木の生長と, その相互関係について調べてきた⁸⁶⁾⁴³⁾。また, 圃場において, スギの生長に及ぼす人工庇陰の影響を明らかにし, スギの生長と光の強さとの関係を定量的に調べた^{87)~41)}。さらに, スギの生長に及ぼす雑草木の影響を, スギの純群落における生長と対比させ, 落葉および常緑性の広葉樹を用いた混植モデル実験によって調べてきた⁴²⁾。

本報では, これまでの結果を基礎にスギの生長と雑草木群落との関係を模型的にあらわし, これによって, スギの生長に及ぼす雑草木の影響について経時的, 定量的に検討した。また, このモデルによるスギの生長解析の結果に基づいて下刈, 除伐, つる切り作業に対する生物学的意義づけと効率的な作業の体系化について検討した。

本報のとりまとめにあたって, 終始ご指導, ご助言をいただいた東京大学農学部名誉教授 佐藤大七郎博士, 早稲田大学教育学部教授 大島康行博士の両氏に心よりお礼申し上げる。ご校閲を賜った東京大学農学部教授 立花観二博士, 同 浜谷稔夫博士, 同助教授 根岸賢一郎博士, 同 南雲秀次郎博士の各位に深く感謝する。

研究をすすめるにあたり終始ご助言, ご指導をいただいた林業試験場造林部 蜂屋欣二部長, 同四国支場造林研究室長 安藤 貴博士に厚くお礼申し上げます。また, 本研究は, 著者が林業試験場四国支場造林研究室在動中に行なったものであるが, 現在の勤務場所である林業試験場造林部植生研究室においてとりまとめを行った。ご便宜をいただいた林業試験場造林部植生研究室 前田禎三室長にお礼申し上げます。

I スギの樹高生長と積算葉重および雑草木群落内の相対照度との関係

スギ造林地では, スギと雑草木の生長が時間の経過とともに進み, これに伴って群落構造と群落内の光条件が変化する。したがって, スギおよび群落を構成する植物群の生長とその相互関係を動的に把握するためには, スギの樹高生長と物質生産活動に必要な若い葉の多い樹冠頂部からの積算葉重およびスギを取りまいている雑草木群落内の垂直的な相対照度の分布について, それぞれの変化の仕方を経時的, 定量的に知っておく必要がある。

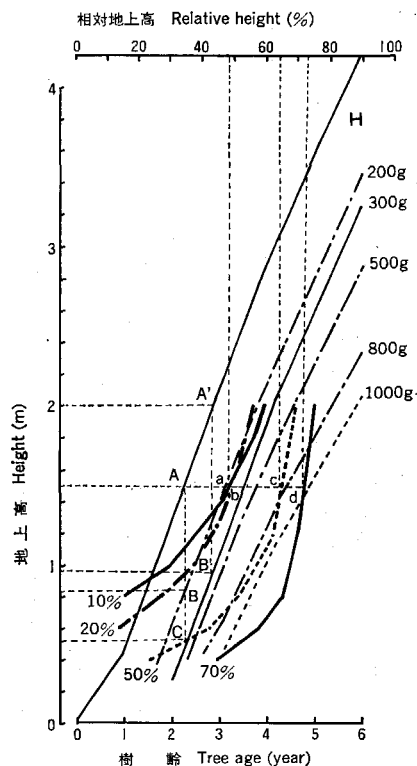


Fig. 1 a. ススキ群落 (吸光係数 $K=0.1\sim0.4$) におけるスギの樹高および等積算葉重と雑草木群落内の等相対照度曲線との関係
Height growth curve in planted Sugi, cumulative leaves weight curve of planted Sugi, and RLI curve in the weed community with light extinction coefficient $K=0.1\sim0.4$ (mainly *M. sinensis* type).

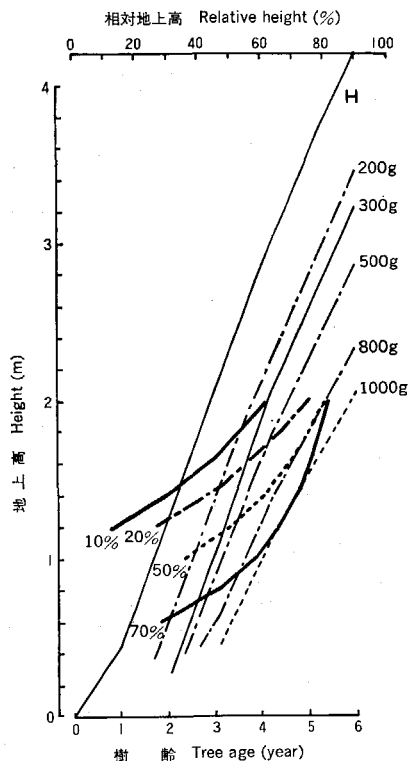


Fig. 1 b. ススキとアカガシ外の混合群落型 (吸光係数 $K=0.5\sim0.7$) におけるスギの樹高および等積算葉重と雑草木群落内の等相対照度曲線との関係
Height growth curve in planted Sugi, cumulative leaves weight curve of planted Sugi, and RLI curve in the weed community with light extinction coefficient $K=0.5\sim0.7$ (mixed *M. sinensis* and woody plant type).

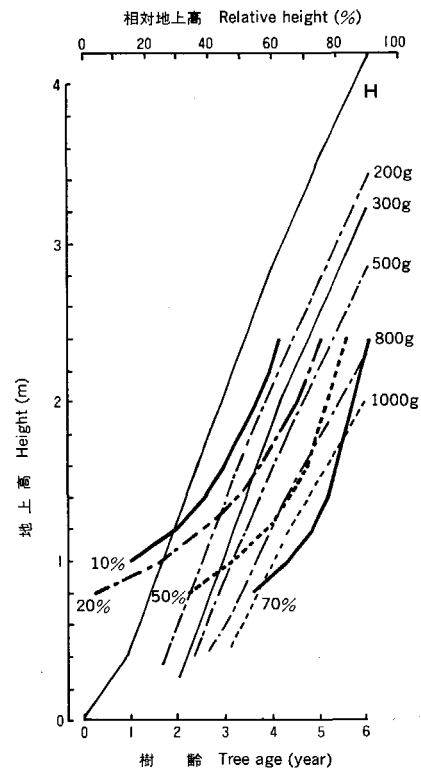


Fig. 1 c. アカガシ型 (吸光係数 $K=0.8\sim$) におけるスギの樹高および等積算葉重と雑草木群落内の等相対照度曲線との関係
Height growth curve in planted Sugi, cumulative leaves weight curve of planted Sugi, and RLI curve in the weed community with light extinction coefficient $K=0.8\sim$ (woody plant type).

前報⁴³⁾において、ある群落高を持つ雑草木群落の高さとその群落内において一定の相対照度となる地上高との関係についての経験的な推定式が得られた。また、スギの樹高生長曲線およびスギの樹高とその樹高を持つスギの樹冠頂部からの一定の積算葉重量となる地上高との関係についてもそれぞれ検討した。ここでは、これらの関係を組み合わせ、スギと雑草木との競争関係を定量的に検討することを試みた。この作図を Fig. 1 a~c に示した。

図中の実線 (H) はスギの樹高生長曲線を示す。 g 表示の曲線はスギの等積算葉重線で、任意の樹高を持つスギの樹冠頂からそれぞれ等積算葉重量となる地上高を結んだものである。 $\%$ 表示の曲線は任意の高さを持つ雑草木群落の群落内における等相対照度の位置を結んだものである。

この図は次のように読みとる。すなわち Fig. 1 a の主にススキ型で構成された群落 (吸光係数 $K = 0.1 \sim 0.4$) に例をとると、スギと雑草木の混合群落内のスギの梢端部からのある積算葉重量を示す高さは次のように求められる。例えば、スギの樹高が 1.5 m (A 点) のときの積算葉重 200 g および 300 g を示す高さは、A 点から垂線を下し、200, 300 g の曲線との交点 (B, C 点) の地上高を読みとればよく、それぞれ約 85 cm と 50 cm となる。

雑草木群落内で、ある相対照度を示す高さは、次のように求める。例えば、群落高 1.5 m の雑草木群落内で相対照度が 10, 20, 50 および 70% になる地上高は、地上高 1.5 m における各等相対照度曲線の交点 (a, b, c, d 点) を求め、それぞれの点における相対地上高 48, 48, 65 および 72% を読みとる。これらを群落高 1.5 m に乗ずれば、地上高 72, 72, 98 および 108 cm の値が得られる。

また、樹冠上部からある積算葉重値になる高さで、雑草木と接しているスギの樹冠表面の相対照度は、例えば、上記した樹高 1.5 m のスギの持つ積算葉重値 200 g を示す位置は 83 cm の高さであり、これが雑草木群落高 1.5 m の中に生育しているとすると、相対地上高が約 55% となり、1.5 m の地上高と相対地上高の交点にある等相対照度曲線の明るさになる。図中にはこの曲線は作図されていないが、相対照度 20% の曲線に近く、20% よりやや明るい。積算葉重 300 g の位置の明るさも同様にして求められ、相対照度 10% よりはるかに暗い光条件にあることがわかる。逆の読みとりから相対照度 20% になる高さの積算葉重は約 200 g となり、これ以上の葉は雑草木群落内の相対照度 20% 以下の位置にある。

このように、Fig. 1 a~c の関係を求めることによって、初めて生育型を異にした雑草木内におけるスギの各高さの積算葉重、ある積算葉重値の位置における相対照度、雑草木群落内の一定の相対照度となる高さが、種々のスギと雑草木群落の組み合わせのなかで定量的に求めることが可能となった。この定量的関係の確立は下刈方法などの理論的あるいは具体的な検討を行う上で、重要な基礎資料となろう。

一方、このようなスギと雑草木群落の相互関係を用いて、雑草木群落内のスギの生長を定量的に明らかにするためには、スギの生長に及ぼす光の強さについて知る必要がある。スギの生長と光条件との関係についての研究は、これまでも多くの報告^{12)37)~41)}がなされているが、次章において、これらの報告を整理しつつ、スギの生長と光の強さとの関係を検討する。

II 人工庇陰および広葉樹との混植実験によるスギ幼齢木の生長解析

(1) 雑草木群落内のスギの生長

前報⁴³⁾において、スギの造林地内に混生する雑草木の群落構造は、群落を構成する種の生育型によって変化することを明らかにした。また、このような雑草木の生育型の違いとスギの生長との関係は、植栽密

度を同じくして, 生長の早い落葉性のナンキンハゼと常緑性のクスを用いたスギとの混植実験によって, 地上部における種間競争の影響を調べ, スギの生長が樹冠の覆われ方で変化することを実験的⁴²⁾にも確かめた。

一方, スギの樹冠の覆われ方は, 雑草木群落を構成している種の生育型の違いと同時に, スギ植栽後の年数, 下刈, 地位などによっても変化する。すなわち, 石井ら⁹⁾は, 全刈された1年生から4年生のスギで, 葉の存在する高さの中央高および上下20 cm離れた位置の葉先約10 cmの周囲3方向(東, 南, 西)について, 樹冠外縁部の相対照度を測定した。この結果, スギの樹高の低い1年目と2年目には, 相対照度が刈払い前後でかなり変化するが, 3~4年目ではほとんど変化しないと報告している。

沢木⁶⁸⁾によれば, 地上50 cmの相対照度が約20%, 地表で同じく10%を示すススキ, ヨモギを主とする草丈120 cmの雑草木群落に坪刈と筋刈を行うと, 同じ高さにおける相対照度はそれぞれ100%と約40~50%に上昇し, 下刈直後では下刈方法に差がみられなかった。しかしながら, 坪刈や筋刈では刈残された部分の雑草木の生長によって, スギの樹冠周辺の光条件を悪化させ, 覆いかぶさりによる, こすれなどの損傷をスギの樹冠, 特に梢端部にもたらす。

したがって, スギと雑草木の生長に伴って変化する相互の位置関係を知るためには下刈実行時のものだけでは十分でない。下刈後に再生してくる雑草木とスギの生長についても, 1生育期あるいは数生育期にわたって考慮する必要がある。

また, スギの生長は土地条件にも影響されているが, この点については圃場実験⁴¹⁾により庇陰の強さと肥料濃度を同時に作用させたスギ苗木の生長を検討した。この結果, スギの生長に及ぼす影響は施肥よりも庇陰効果の方が大きかった。一般的に, スギの造林は土地条件の良い所で行われることが多い。したがって, スギの生長に及ぼす外的要因の主たるものを雑草木の繁茂状態によって変化する光条件に限りて考察することにしても大きな誤りはないものと考えられる。

(2) スギの生長と光の強さとの関係

前述のように, 雑草木群落内の光条件は, 類型化された三つの代表的な群落内の光条件として定量的に推定することが可能となった。このような雑草木群落内におけるスギの生長を定量的に明らかにするために, 光の強さを遮光網で人工的に変えた格子内でスギを育て, 庇陰下での1生育期間中の生育経過³⁷⁾, 1生育期の途中で庇陰処理を中止³⁹⁾もしくは強化⁴⁰⁾した場合の生長について調べた。これらの実験は, 下刈時期の決定や下刈後の雑草木の繁茂がスギの生長に及ぼす影響, すなわち, 2回目の下刈の必要性などについての決定にも指針を与えるものとなる。

さらに, これらの実験によって, 高原³⁶⁾が述べているように, スギは光を主とする環境条件に対する適応性が高いことが確かめられた。この結果, 後述するスギの樹冠外縁部の光条件を, 雑草木群落内モデルによって変えた場合のスギの生長について検討することが可能であると考えられた。

しかしながら, すでに報告した庇陰実験^{37)~41)}の結果は, 実験期間が1生育期と短かいため, 処理以前の生育条件と移植の影響が強く残っている可能性がある。そこで, 庇陰処理を2生育期継続した場合のスギの生長について検討した。

Fig. 2 に庇陰処理を2生育期続けたスギの個体重と相対照度の関係を示した。分散分析の結果は, Table 1 のように1%水準で有意な差があった。最小有意差(1%水準)は37.1 g となり, この値から各処理間の比較を行うと, 相対照度42%から対照区(100%)の間には有意差がなかったが, これらの処

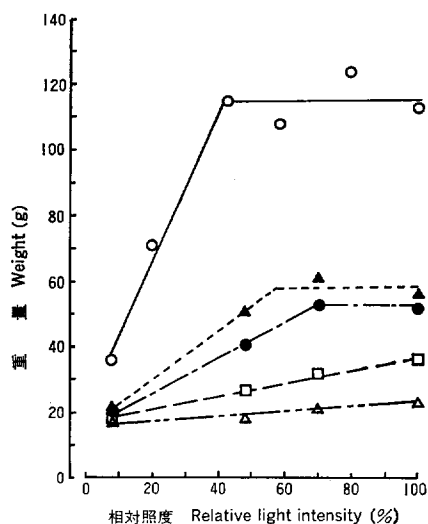


Fig. 2. 相対照度とスギの個体重との関係

Individual above ground weight of planted Sugi under various relative light intensity (%).

直線は次式で描いた。The regression lines are as follows.

- ; 庇陰期間 2 年, Two growing seasons under shading,
RLI 42~100%; $Y = 115$ and RLI 5~42%; $Y = 2.27x + 20.5$
- ▲--- ; 4 月から 11 月まで庇陰, Apr.~Nov. under shading,
RLI 57~100%; $Y = 58$ and RLI 8~57%; $Y = 0.75x + 15$,
- ; 4 月から 9 月まで庇陰, Apr.~Sep. under shading,
RLI 70~100%; $Y = 53$ and RLI 8~70%; $Y = 0.52x + 16.2$,
- ; 4 月から 8 月まで庇陰, Apr.~Aug. under shading,
RLI 8~100%; $Y = 0.19x + 17.7$,
- △--- ; 4 月から 6 月まで庇陰, Apr.~June under shading,
RLI 8~100%; $Y = 0.07x + 16.0$

Y はスギの個体重, x は相対照度;

where Y is Individual above ground weight of planted Sugi, x is RLI (relative light intensity).

Table 1. 個体重についての分散分析表

Analysis of variance of individual dry weight of Sugi under the shading condition

変 動 因 Source of variation	自 由 度 df	平 方 和 SS	分 散 MS	分 散 比 F
全 体 Total	11	12099.1		
庇陰の程度 Degree of shading	5	14497.7	2299.5	22.9**
誤 差 Error (plots)	6	601.4	100.2	

理区と 20% 区, 8% 区との間には有意差があった。

2 生育期を経過した個体重と相対照度との関係を 1 生育期でのそれと比較すると, Fig. 2 に示したように, スギの生育が進むにつれて, 暗い庇陰区とより明るい庇陰区との生長差が大きくなっていた。

上記の 2 生育期を経過した個体重と相対照度の関係を, 後述する雑草木群落モデルによるスギの生長解

析に使用するため, Fig. 3 のように, それぞれの値を対照区 (100%) の値に対する割合で示した。すなわち, Fig. 2 から相対照度 42% より明るい底陰区とこれより暗い底陰区とに区分し, それぞれ直線回帰させた。求められた回帰式によって, それぞれの相対照度に対応する個体重を算出し, これらを対照区 (100% 区) の個体重に対する割合で示したものである。

この結果, ある相対照度を持つ雑草木群落内におけるスギの生育状態を相対的にではあるが定量的に表現することが可能となった。そこで, I 章ならびに II 章において述べたスギと雑草木の相互の関係から, 次章で述べるような簡単な群落モデルを想定し, 下刈, 除伐, つる切り方法を体系的に行うための検討を行った。

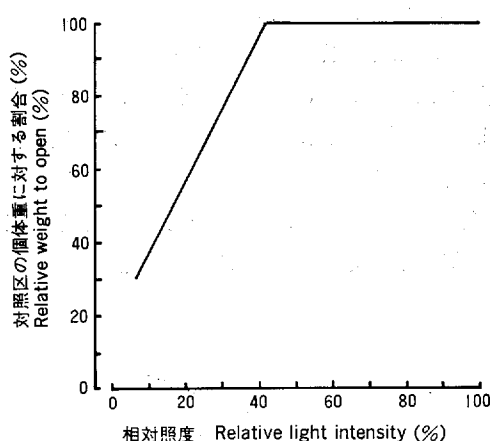


Fig. 3. 相対照度と対照区の個体重に対する割合との関係

Relationship between relative light intensity and relative weight to open growth in planted Sugi.

III 雑草木群落モデルによる下刈, 除伐, つる切り方法の 体系化に関する検討

雑草木群落モデルについて説明するまえに, 人によって下刈, 除伐についての定義が若干異なるので, ここではまず下刈, 除伐の定義について検討する。

(1) 下刈, 除伐の定義

江戸時代には下刈, 除伐, つる切りは総称して手入れ⁴⁶⁾と呼ばれていた。また, 終期の下刈と初回の除伐は混然としており, 区別が困難で, 多くの場合両者が併行されていた。今日では, 下刈は若い造林木の生育を妨げる雑草木を刈取ること, 英訳は *weeding* にあたり, 除伐は新しく植えた木がほぼ閉鎖したときに行う手入れで *Cleaning cutting* と同義であるとされ, 閉鎖を目安として下刈と除伐が区分されている³⁸⁾。

しかし, 現実には植栽本数の多少, 列植などの植栽方法, あるいは地位の違いから造林木の樹齢が同じでも, 閉鎖の仕方には差がある。したがって, 一般にいわれている下刈と除伐との区分はきわめてあいまいで, 高知, 東京営林局の造林方針書¹⁴⁾⁴⁷⁾においては, 下刈終了から閉鎖まで数回の除伐が行われている。

SMITH³⁸⁾, CHAMPION ら⁴⁷⁾によれば, *weeding* は目的とする植物以外の植物が, 目的とする植物に対してどこに存在していても根元から刈払うか抜き取ることで, *cleaning cutting* は, *Over-topping* した植物のみを刈払うことと定義され, 閉鎖前のいわゆる除伐は, むしろ, *Salvage cutting* あるいは *Improvement cutting* である。下刈と除伐の厳密な定義は難しいが, 著者は上記の定義にならい, 佐藤²⁸⁾も定義しているように, 閉鎖直前の段階での最後の一回の刈払いはどのような方法で行うとも除伐とし, それ以外の閉鎖前の刈払いはすべて下刈とすることにした。ただし, ときには閉鎖後つる植物を刈払うことがあるが, これはつる切りとした。

(2) モデル化のための仮定とモデル内でのスギの生長割合の求め方

ここでは下刈前の雑草木群落を Fig. 4, 5 に示すように a, b, c 型および下刈後雑草木が再生してもとの群落高の 3/4 (d 型), 1/2 (e 型), 1/4 (f 型) になる六つの基本型モデルで検討した。Fig. 4 に示した下刈前の雑草木群落内の相対照度の垂直分布曲線は、前報⁴⁸⁾の Table 8 で述べた雑草木群落のなかから、a 型としてアラカシ群落 (アカガシ型, Plot 23), b 型はススキ-ワラビ群落 (ススキ-クマイチゴ型, Plot 4), c 型はススキを主とする群落 (ススキ型, Plot 16) を選んだ。これは、前報⁴⁸⁾で述べたように群落内の光の垂直分布は、その群落を構成する種の生育型によって特徴があり、それぞれの生育型で

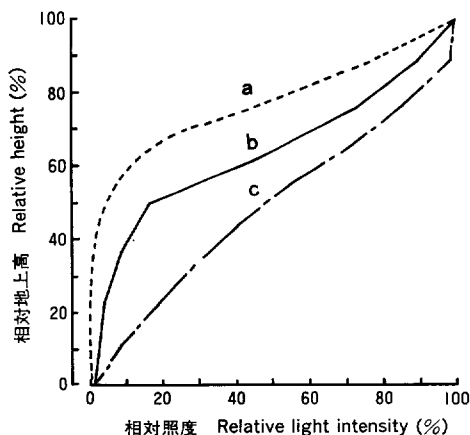


Fig. 4. 相対照度の垂直分布の違いで示された雑草木群落モデル

Relationship between relative height and relative light intensity in each weed community model.

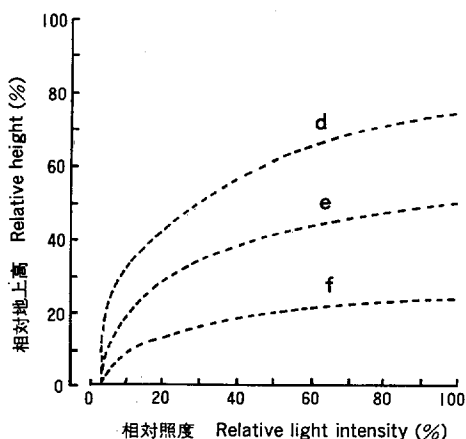


Fig. 5. 再生群落のモデル

Relationship between relative height and relative light intensity in each weed community model.

Table 2. 全光条件下のスギの個体重に対する
Predicted growth rate of planted Sugi in

群落モデル Community model		a		b		c	
項 Item		相対照度 RLI (%)	生長割合 Growth rate (%)	相対照度 RLI (%)	生長割合 Growth rate (%)	相対照度 RLI (%)	生長割合 Growth rate (%)
葉層区分 Layer of crown	第 1 葉層 Top layer	50	100	86	100	92	100
	第 2 葉層 Second layer	24	65	45	100	65	100
	第 3 葉層 Third layer	3	0	11	39	35	87
	第 4 葉層 Bottom layer	1	0	4	0	11	39
生長割合計 Total growth rate			165		239		326
全光下に対する割合 Growth rate to open growth (%)			41.3		59.8		81.5
月平均生長割合 Average monthly growth rate (%)			5.9		8.5		11.6

かなりの違いがみられる。しかしながら、吸光係数を基にして、雑草木群落内の光条件を3つに類型化できることから、それぞれの代表的群落として前記の3つを選んだ。

（a）モデル化のための仮定の設定

仮定1 スギの樹冠は円錐型とする（前報⁴⁹⁾の Fig. 33 ではほぼ満足されている。）

仮定2 スギの生育期間は4月から11月とし、生育期間中のスギの月生長割合は季節にかかわらず一定とする。

仮定3 各相対照度下のスギの平均生長割合は庇陰を2生育期間続けた実験結果を用い、Fig. 3に示した値とした。

仮定4 樹冠内の葉は、上層から下層まで一様に分布する（前報⁴⁹⁾の Fig. 33 ではほぼ満足される。）

仮定5 仮定4を用いて、樹冠が等葉重の4層となるように、樹冠頂部からの高さで区分した。

仮定6 各層の葉はすべてそれぞれの層の中央の高さの雑草木群落内の相対照度下にあるものとする。

仮定7 前記の三つの再生群落（d, e, f型）内の相対照度曲線は前報⁴⁹⁾の Table 12 の Plot 8 のものを用いた（Fig. 5）。

（b）スギの生長割合の求め方

雑草木群落内の相対照度とその照度になる地上高を群落高に対する割合で示した値との関係でグラフをつくる（Fig. 4）。また、樹冠を葉量で4等分した各層の中央の高さの雑草木群落に対する相対値を求め、これらの値から各層の平均相対照度を求める。この相対照度に対応する全光の生長率を100%とした生長割合を求め（Fig. 3）、各層の値を加え、さらに全光下に対する生長の割合を求める（Table 2）。

植物の物質生産は葉の光合成活動による有機物の生産に依存しており、葉の光合成活動は光、水、炭酸ガスなどの環境条件の変化により大きく変動する¹⁰⁾。特に群落状態では葉の繁茂程度や空間的配置により著しく異なり測定が難しい。したがって、ここでは上記のように便宜的な方法により、スギの生長割合を推定した。しかし、下刈などの保育作業体系の確立に必要な、スギと雑草木の生長に及ぼす相互の関

雑草木群落モデル内でのスギの生長割合
the weed community model from Figs 3, 4 and 5

d		e		f		対 照 区 in open	
相 対 照 度 RLI (%)	生 長 割 合 Growth rate (%)	相 対 照 度 RLI (%)	生 長 割 合 Growth rate (%)	相 対 照 度 RLI (%)	生 長 割 合 Growth rate (%)	相 対 照 度 RLI (%)	生 長 割 合 Growth rate (%)
100	100	100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100	100	100
17	51	58	100	100	100	100	100
4	0	9	35	51	100	100	100
	251		335		400		400
	62.8		84.0		100		100
	9.0		12.0		14.3		14.3

係を検討するための 1 次近似のモデルとしては、上記の仮定で十分に目的が達成されるであろう。

(3) スギの樹高と雑草木群落高との相対値が一定の場合のスギの生長

Fig. 4, 5 に示した 6 タイプの相対群落高と相対照度との関係を持つ雑草木群落内に混在したスギの生長割合を前述の方法で計算した結果をそれぞれ Table 2 に示した。

a 型（アカガシ型）の群落内で 1 生育期を経過したスギの生長割合は 41.3% であった。b 型（ススキとクマイチゴ混合型）の群落内で生育したスギも生長割合は 59.8% で、ともに生長割合の低下が著しく、下刈が必要であろう。しかし、c 型（ススキ型）中に生育したスギの生長割合は 81.5% であった。

一方、d 型のように群落高は低いが、良く発達した雑草木群落に、スギの樹冠が 3/4 まで覆われると、生長割合は 62.8% と著しく低下する。同じ雑草木群落がスギの樹冠を 1/2 (e 型) と 1/4 (f 型) まで覆ったときには、スギの生長割合はそれぞれ 84.0% と 100% であった。したがって、下刈方法を決める場合、雑草木とスギの樹冠との垂直的な位置関係および雑草木群落内の光条件の特性を充分に把握しておかねばならない (Table 2)。

(4) 6 タイプの雑草木モデルを種々組み合わせた場合のスギの生長

前節ではスギと雑草木群落の高さの生長速度が変化しない場合について検討した。しかしながら、スギと雑草木の相対的な位置関係は、必ずしも一定でなく、スギと雑草木の伸長生長速度やその季節的变化の違い、あるいは下刈によって変化する⁹⁾⁴⁸⁾。これらの問題をも考慮して検討するために、1 例として Fig. 6 に示したような群落モデルの組み合わせ条件のもとで育ったスギを想定し、全期間全光条件下で育ったスギの生長に対する比として次式で求めた。

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 \quad \dots\dots\dots(1)$$

y : 全光条件下で育ったスギに対する生長割合, x_i : スギがそれぞれの雑草木群落モデルの中で生育している月数 (Fig. 6 参照), a_i : x_i に対応する雑草木モデル内で 1 生育期を経過したスギの生長割合を生長月数で除した値 (Table 2 参照)。

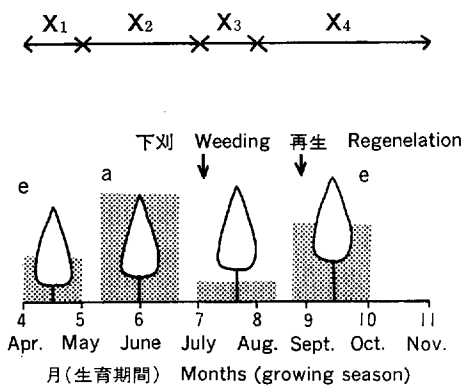


Fig. 6. スギと雑草木群落とがともにある速度で生長した場合における群落構造の変化の例

An example of seasonal trend in Sugi-weed community relations.

a, e は群落モデル, see Fig. 4, 5.

前章では、Fig. 1 a~c からスギの樹冠外縁部の光条件を三つの代表的な雑草木群落に基づいて推定したが、これと (1) 式とを組み合わせることで、種々の光条件のもとでのスギの生長を定量的に比較することが可能となった。ここでは、前報⁴⁸⁾で述べた雑草木群落の変遷と下刈との関係を考慮して、スギの樹冠に対して群落モデル a 型から f 型までの雑草木群落が Table 3 のように組み合わせられた場合におけるスギの生長割合について検討してみよう。

A 型スギの樹高は、植栽直後から 1~2 年の間は 40~80 cm と小さい。したがって雑草木群落がベニバナバロギク型、ススキ型、およびアカガシ型などの萌芽で構成されている造林地では、雑草木群落高が相対的に大きく、下刈が行われて

Table 3. 雑草木群落の組み合わせとスギの生長割合
Predicted growth rates from formula

項 目 Item			月 Month (x_1)	群落モデル Community model	月 Month (x_2)	群落モデル Community model	月 Month (x_3)	群落モデル Community model	月 Month (x_4)	群落モデル Community model	生長割合 Growth rate (%)	次の組み 合わせ Next combination
対 照 区 Control			1	群落なし*	2	群落なし*	1	群落なし*	3	群落なし*	100.0	
群落モデルの組み合わせ Combination type of weed community model	A	A ₁	1	a	2	a	1	e	3	a	47.4	to C
		A ₂	1	a	2	a	1	e	3	b	55.2	
		A ₃	1	a	2	a	1	e	3	e	64.5	
	B	B ₁	1	e	2	a	1	群落なし*	3	a	55.8	to C
		B ₂	1	e	2	a	1	群落なし*	3	b	63.6	
		B ₃	1	e	2	a	1	群落なし*	3	c	72.9	
	C	C ₁	1	e	2	a	1	群落なし*	3	d	65.1	to D
		C ₂	1	e	2	a	1	群落なし*	3	e	74.1	
		C ₃	1	e	2	a	1	群落なし*	3	f	81.0	
	D	D ₁	1	d	2	d	1	群落なし*	3	d	68.3	to E
		D ₂	1	d	2	d	1	群落なし*	3	e	77.3	
		D ₃	1	d	2	d	1	群落なし*	3	f	84.2	
	E	E ₁	1	e	2	e	1	群落なし*	3	d	77.3	to F
		E ₂	1	e	2	e	1	群落なし*	3	e	86.3	
		E ₃	1	e	2	e	1	群落なし*	3	f	93.2	
	F	F ₁	1	f	2	f	1	a	3	a	66.5	to G
		F ₂	1	f	2	f	1	d	3	d	78.6	
		F ₃	1	f	2	f	1	e	3	e	90.9	
	G	G ₁	1	e	2	a	1	a	3	a	47.4	
		G ₂	1	e	2	d	1	d	3	d	66.0	
		G ₃	1	e	2	e	1	e	3	e	84.0	
		G ₄	1	e	2	群落なし*	1	群落なし*	3	群落なし*	97.8	

* in open

造林地における下刈、除伐、つる切りに関する基礎的研究 (第2報) (谷本)

も、スギは比較的短期間に再び雑草木群落に覆われる。このような例として、Table 3 に示した A 型の群落モデルの組み合わせが考えられる。

この型では、生育期の初め (x_1 期) にスギは ㊸ 型の雑草木にすでに覆われており、下刈後もすぐに樹冠葉重の 1/2 が ㊸ 型の雑草木群落に覆れる。さらに生育後期 (x_4 期) に ㊸, ㊹, ㊺ 型の雑草木に覆われる組み合わせを、それぞれ A_1, A_2, A_3 型とした。スギの生長割合は全光下で育ったスギの値に対して Table 3 に示したとおり、それぞれ 47.4, 55.2, 64.5% となった。

B 型：この型は、後述する C 型と同様に A 型の組み合わせモデルより生育が進んだ段階のもので前報⁴⁸⁾の Fig. 8 (iv) にあたる。この型では生育初期 (x_1 期) に ㊸ 型の雑草木群落、その後 ㊸ 型の雑草木群落に覆われ、生育中期 (x_3 期) に下刈が行われる。生育の後期 (x_4 期) には雑草木が再生し ㊸ 型、㊹ 型、㊺ 型の群落モデルに覆われた組み合わせを、それぞれ B_1, B_2, B_3 型とした。生長割合は 55.8～72.9% の範囲であった (Table 3)。

このように A 型、B 型のような条件のもとでは、いずれの雑草木群落であってもスギの生長にとって底圧の影響が大きく、下刈は 1 生育期に 2 回必要である。

C 型：この型は、Table 3 に示すように、(x_3) の生育期までは B 型と同じ雑草木群落の組み合わせで経過し、下刈後の (x_4) 期に雑草木群落の再生が、スギの樹冠葉重の 3/4 (d 型)、同じく 1/2 (㊸ 型) および 1/4 (f 型) となる組み合わせで、それぞれ C_1, C_2, C_3 型としたが、スギの生長割合は順に 65.1, 74.1, 81.0% となった。

C_3 の組み合わせでは、生長減少率は 20% 以内であったが、真夏の土壌の乾燥の問題などもあり、この範囲までのスギの生長減少を許すならば、このようなスギと雑草木群落の組み合わせでは、少なくとも生育の後期 (x_4) に全光を受けるスギの樹冠葉重は全葉重の 3/4 以上なければならないであろう。したがって、生育後期の雑草木群落の再生が、この条件より低ければ下刈は 1 生育期に 2 回する必要はない。

D 型と E 型：この型は、スギの生育が B 型や C 型よりさらに進み、樹高が相対的に高くなって生育の初期から下刈時期までの間、樹冠頂部の葉重が 1/4 ないし 1/2 程度、雑草木群落からぬき出ている場合を想定した (Table 3)。

したがって、下刈前の雑草木群落 ㊸ 型と ㊹ 型は前年からの再生群落である。

D_1 の組み合わせの生長割合は 68.3% で、生長減少率が高い。 D_2 と E_1 では生長減少率が 20% をわずかに越えるが (Table 3)、下刈は 1 生育期に 1 回でも目的は達せられよう。 D_3, E_2, E_3 の型では、いずれも生長割合は 80% を越えており、このようなスギと雑草木群落の組み合わせでは 1 生育期に 1 回の下刈で充分である。

F 型：この型では、前年におけるスギの樹冠と雑草木群落高の相対的な位置関係が E_3 の組み合わせとなり、次の年の下刈を省略した場合を想定した。 F_1 はスギの樹冠が生育の後期 (x_3, x_4) に良く発達した ㊸ 型の雑草木群落に覆われた場合の組み合わせで、生長割合は 66.1% と著るしく低下し、下刈が必要である。 F_2 の組み合わせの例では、スギの生長割合は 78.6% であるが、次年度も同じ ㊸ 型の雑草木群落のもとで生育すると生長割合は 62.8% となり (Table 3)、この年に下刈が必要となる。 F_3 の組み合わせ例では、スギの生長割合は 90.9% で、下刈の必要はない。

G 型：F 型の組み合わせの中で下刈の必要のなかった次年度の生長について $G_1 \sim G_4$ の組み合わせモデルで検討してみよう。

G_1 と G_2 は生育期の途中 (x_3 期) から ④ と ⑤ の雑草木群落モデルのもとで生育したスギを想定したもので, 生長割合はそれぞれ 47.4, 66.0% となり, 雑草木の再生が, スギの樹冠の全部あるいは 3/4 を覆うと予想される造林地では B 型や C 型の組み合わせモデルに準じた取扱いが必要である。

生育期間中, スギの樹冠を覆う雑草木群落が ⑥ 型である組み合わせモデル G_3 型では, スギの生長割合は 84.0% となり下刈の必要はない。 G_4 は, G_1 , G_2 の組み合わせとなる以前に下刈を行った場合でスギの生長割合は 97.8% となった。

(5) 生長割合の整合性の検討

雑草木群落モデルの組み合わせによるスギの生長割合と実測値との細かな整合性については検討できなかった。ここでは, 前報⁴⁸⁾ で述べた C 系列 (下刈方法別試験) の 5 年目の資料を用いて, モデルによる推定値と実測値との整合性を検討した。すなわち, C 系列の全刈区ではススキが主要な群落構成種であり, 平均群落高は 144 cm であった。同じく放置区では木本類 (アカガシ型) を中心とした群落でその高さは 230 cm あった。また, このときのスギの樹高はほぼ 220 cm であった。したがって, ススキは, スギの樹冠をほぼ 3/4 覆っていた。放置区の木本類はおよそスギの樹高と同じであった。

このような条件でのスギの生長量は, 個体重と相関の高い $D_{0.5}^2 H$ で示すと, 全刈区では 65, 放置区では 34 となり⁴⁹⁾, 全刈区に対する比は 52.0% であった。

一方, Fig. 4 に示した C 型 (ススキ型) の群落がスギの樹冠を 3/4 覆ったときのスギの生長割合は 387 であった。スギの樹冠が雑草木に覆われている放置区では, 雑草木群落モデルを ⑥ 型 (アカガシ型) とすると生長割合は 165 となった (Table 2)。これらの値を全刈区に対する比で示すと 43% となり, 先に $D_{0.5}^2 H$ で求めた値 52.0% よりも約 9% 低い値となった。

しかし, 前報⁴⁸⁾ で述べたように, C 系列においては全刈区と放置区の生長差が 3 年目から大きくなりだしていることから, 放置区においても, 3 年目まではスギの樹冠周辺の光条件がかなり良かったと思われる。これらの前歴による生長差への影響などを考慮すると, 前記のそれぞれの生長割合 52% と 43% との差 9% は誤差の範囲内にあると思われる, 群落モデルによるスギの生長についての比較検討が可能であると判断された。

尾方ら²¹⁾ は, ススキの草丈とスギ樹高の等しい造林地において, 樹高で示したスギの生長阻害率を 20% と報告している。これはほぼ同じ条件である Table 2 の C 型 (ススキ型) による生長阻害率 18.5% にかなり近く, このことから, 群落モデルによる検討の妥当性があると思われる。

以上のように, スギと雑草木群落モデルを組み合わせることで, 下刈の反復回数, 時期などを経験によらずに予測が可能となった。しかし, 良く発達したススキ型原野への造林においては, 造林木の根の発達の妨げ, あるいは内陸乾燥地の水分吸収における競合⁵⁰⁾ が考えられる。また, 後にくわしく検討するが, 下刈が不要と判定された場合の翌年以降における雑草木の生長などについて, 充分に考慮する必要がある。

一方, この雑草木モデルには組み込まなかったが, 前述⁴⁸⁾ のとおり, スギの樹高および地上 20 cm の直径生長は, それぞれ葉重が 200 g と 450 g になるまでは, 葉重の増加とともに大きくなる。したがって, 特に直径生長に著しい影響を及ぼす葉重 450 g となる 1.5~2.0 m の樹高に達するまでは, 尾方ら²¹⁾ も述べているように, よりていねいな下刈が必要であろう。また, 上記のモデルによる下刈方法の検討はこの樹高を過ぎてからより有効であると考えられる。

IV 造林地における下刈、除伐、つる切り作業の検討

スギの生長は、雑草木モデルとの組み合わせで検討したようにスギの樹冠と雑草木群落の相対的な位置関係とその時間的变化によって変動することが確かめられ、下刈などの保育作業についての必要度の判定に定量的な基準が得られた。しかし、本報ではこのような視点からの下刈から除伐までの体系的なスギの生長について実験を行わなかったため、青森、前橋、高知、熊本の各営林局で行われた下刈などの保育作業についての試験報告をもとに、雑草木群落との関連において、スギの生長と下刈、除伐作業の関係について検討する。

(1) 刈払いの時期

下刈時期の決定については、植杉⁵⁴⁾によって植栽木と雑草木の伸長生長区分による検討が行われて以来、同じ視点にたった研究が数多く報告されている³²⁾⁻²⁴⁾⁵³⁾。しかし、これらの研究では、造林地と雑草木の生長に伴う垂直的な位置関係が考慮されていない。今、これらの研究について検討しながら、著者の結果と併せて雑草木類の伸長生長を目安に下刈の最適時期を考えてみよう。

Fig. 7 は、著者が窪川営林署管内で造林地内の主要木本をアカメガシワ型、アカガシ型、エゴノキ型、ウツギ型に区分し、冬芽の開葉前の2月末に印をつけ、5月末からおよそ1か月ごとに伸長量を測定し、月ごとの伸長量を最終調査の伸長量の割合で示した結果である。

植杉⁵⁴⁾が指摘しているように、地床植物（雑草木）の定期的最大生長に到達する直前に下刈することが好ましいとすれば、四国においては Fig. 7 から、雑草木の伸長生長がもっとも盛んな時期、常識的であるが5～7月が下刈の最適期となる。

この時期は、また、萌芽再生林造成を目的とした伐採時期別萌芽試験¹⁷⁾で、萌芽の発生が一番悪い時期

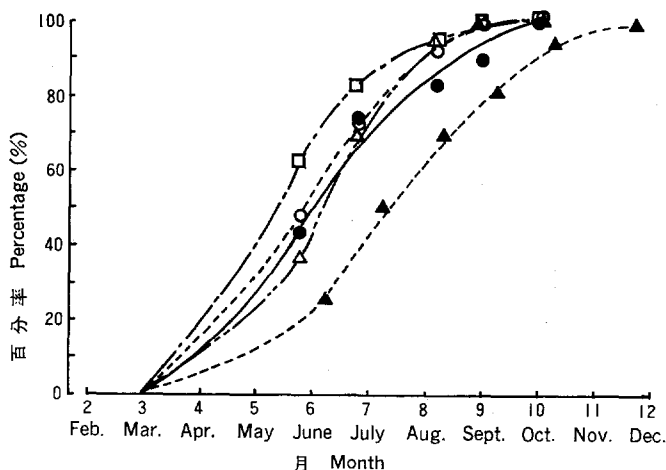


Fig. 7. 主要木本とスギの全伸長量（年間）に対する区間伸長量の割合
Relative height growth curve to total height growth
of each growth type.

▲; スギ, Sugi, □; アカメガシワ型, Tree 1 (Pioneer tree) (*Mallotus japonicus*) type, ○; エゴノキ型, Tree 2 (Deciduous broad-leaved tree) type, ●; アカガシ型, Tree 3 (Evergreen broad-leaved tree) type, △; ウツギ型, Shrub 2 (*Deutzia crenata*) type.

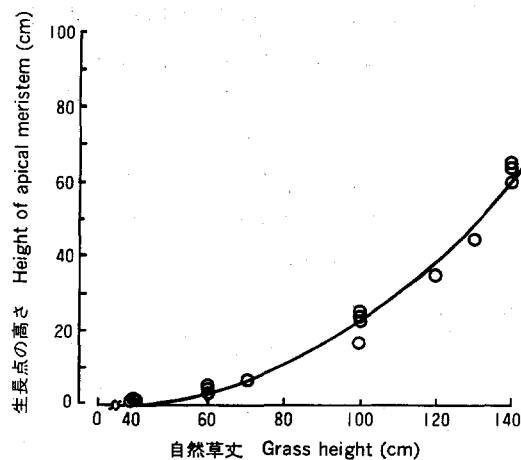


Fig. 8. ススキの草丈と生長点との関係

Relationship between grass height of *Miscanthus sinensis* and its height of apical meristem.

Table 4. 切株高 (X) と再生樹高 (Y) の関係式 $y = a + bx$ の定数と相関係数

Relationship between height of stump (X) and regenerated tree height (Y) after weeding; $Y = a + bx$, where Y is regenerated tree height, X is height of stump

生育型 Growth* form	種 名 Species	個 体 数 Num. of tree	定 数 Constant		相 関 係 数 Coeff. of correlation
			a	b	
f	ケンボナシ <i>Hovenia tomentella</i>	8	60.75	1.865	0.85
	エゴノキ <i>Styrax japonica</i>	14	83.16	0.629	0.71
g	ミミズバイ <i>Symplocos glauca</i>	8	47.50	1.487	0.80
	ホソバタブ <i>Machilus japonica</i>	15	35.48	1.353	0.83
	アラカシ <i>Quercus glauca</i>	16	31.49	1.529	0.93
	ネズミモチ <i>Ligustrum japonicum</i>	19	21.45	1.276	0.84
	ツブラジイ <i>Castanopsis cuspidata</i>	30	32.75	0.978	0.66
	ヒサカキ <i>Eurya japonica</i>	29	15.80	1.075	0.93
e	ゴンズイ <i>Euscaphis japonica</i>	14	95.23	0.328	0.26
	アカメガシワ <i>Mallotus japonica</i>	13	57.32	0.946	0.70
d	キブシ <i>Stachyurus praecox</i>	10	104.4	0.430	0.47

* (f): エゴノキ型, Tree 2 (Deciduous broad-leaved tree) type

(g): アカガシ型, Tree 3 (Evergreen broad-leaved tree) type

(e): アカメガシワ型, Tree 1 (Pioneer tree) type

(d): ウツキ型, Shrub 2 (*Deutzia crenata*) type

にあたる。この理由として植物体内の貯蔵物質が最小になるため²⁹⁾⁸⁰⁾⁸⁷⁾とされている。しかし、スギ幼齢木の光合成は、6月から10月中旬まで盛んである¹⁸⁾ことから、単純な5～7月頃の雑草木の伸長生長だけで下刈時期を決定するのは非常に危険で、刈取り後の雑草木の再生、植栽木の生長速度などの総合的な考慮が必要である。

すなわち、下刈あるいは除伐時期の決定は、生育期間中スギの樹冠にできるだけ強い光が長く照射することを基準とすべきで、このような条件は、スギの樹冠と雑草木群落の相対的な位置関係とによって変化する (Table 3)。とりわけ A 型、B 型の組み合わせモデルのようなスギの樹冠と雑草木群落との関係では1生育期に2回の下刈は不可欠となろう。

一方、スギの生長に及ぼす雑草木の影響を少なくするためには、雑草木の刈払い位置にも注意する必要がある。Fig. 8 はススキの自然草丈¹⁹⁾と生長点の位置との関係について調べたものであるが、ススキの生長点は自然草丈がかなり高くなっても比較的低い位置にある。いうまでもなく、ススキ型の雑草木は葉が立っているため、広葉型の雑草木群落よりは、スギの生長に与える影響は少ない。しかし、生長点以下で刈取れば、その年の再生は地下茎からの新生芽のみとなり、スギの生長にとって一層効果的である。

ウツギ型、アカメガシワ型、エゴノキ型、アカガシ型の本木類についても、下刈終了後3生育期経過した造林地において、高さを変えて1975年7月に刈払いを行い、切株ごとに番号をつけ、1年後の1976年7月に切株高と最大樹高を測定し、再生状態を調べた。結果は Table 4 のように、ウツギ型、アカメガシワ型の樹種ではアカメガシワの相関が0.7とやや高いが他は低かった。エゴノキ型、アカガシ型では、いずれも相関が0.66～0.93と比較的高かった。

このことは、ウツギ型、アカメガシワ型では切株高が低くとも萌芽は良く伸長生長する傾向があり、萌芽の本数の多いアカガシ型、エゴノキ型は切株高が低くければ萌芽再生した樹高が低くなることを意味している。したがって、このような切株高と1年後あるいは数年後の最大樹高との関係の資料を集積することによって、刈取り再生後の群落高を予測することが可能になろう。また、このような関係と Fig. 1 a～c とから、雑草木の刈払い位置の高さを目的に応じて変えることも可能である。例えば、刈取り位置をより低め、1～2年後までスギ樹冠に雑草木の影響が及ばないときには、下刈の時期は隔年で良く (Table 3)、また、刈払い時期も雑草木の生育最盛期である必要はない¹⁴⁾⁴⁷⁾とされている。しかし、この場合でも厳寒期、8月中、下旬の高温乾燥の時期は寒、凍害や乾燥の害を受けやすいので下刈、除伐は避けるべきであることはいうまでもない。この時期を除いた刈払い時期の予測は上記の雑草木の生育型を考慮した群落モデルを検討することによって、より適確に得られるようになる。

(2) 下刈の方法

菊地¹⁸⁾らの下刈試験以来、下刈は全刈が最良とされている。しかし、乾燥地、風衝地、早ばつの続く年、あるいは寒風害の恐れのある場合などの特殊な条件や地域においては筋刈や坪刈が行われ、今日まで継承されている³⁰⁾⁴⁵⁾。一方、近年国有林の下刈は、作業の省力化を目的に筋刈などの部分下刈が行われ、部分刈と全面刈との比較試験も報告¹⁶⁾³²⁾³⁴⁾⁴⁸⁾されている。しかし、これらの比較試験はほとんどが単年度のもので、処理間に大きな差はないという報告が多い¹⁶⁾³²⁾³⁴⁾⁴⁸⁾。

単年度試験では、スギの生育に前歴の影響が残ることも予想され、また、下刈、除伐後の造林木と雑草木群落との位置関係について検討したものは少ないため、結論を見出すことは困難であろう。

下刈、除伐の方法は、すでにくりかえし何度も述べているように、数年にわたり、雑草木の刈取り後の

Table 5. 雑草木によるスギの梢端部の被害
 Damaged tree number by weed community (number/100 m)

被害の程度 Degree of damage	処 理 方 法 Treatment		
	全 刈 区 Clear cutting	筋 刈 区 Belt cutting	放 置 区 Non-cutting
顕 著 Heavy	0 (0)	12 (19.0)	44 (83.0)
軽 微 Light	0 (0)	6 (9.5)	0 (0)
な し No damage	60 (100.0)	45 (21.5)	9 (17.0)
計 Total	60 (100.0)	63 (100.0)	53 (100.0)

(): 百分率 Percentage

生長経過との中で生長するスギとの関連を十分に検討したうえで行うべきである。すなわち、筋刈の場合においては、雑草木のスギの生長に及ぼす影響は刈取りを行った部分では全刈区と同様の傾向となり、雑草木の再生は比較的少なく、ススキ型を中心とする群落を形成する⁴⁸⁾。この生育型の群落は、連年生長を行わないので、スギの樹冠葉重の1/2以上が雑草木群落よりぬき出ていれば、その後の下刈、除伐は必要ない。

しかし、萌芽する木本類の生育型が混在する場合には、スギの生長速度によっては下刈、除伐が必要であることはいうまでもない。

一方、刈取りが行われない部分は放置区と同様にアカガシ型、エゴノキ型、アカメガシワ型を中心とする木本類が優占する⁴⁹⁾。この生育型の植物は、年ごとに樹高が高くなるので、下刈などが行われず放置されるとスギの樹冠を覆い、カブリの影響が出る。この影響は傾斜した造林地や刈払い幅の小さい程大きい。Table 5 は、下刈方法別試験 (C 系列) において、試験内のすべてのスギについては、雑草木の覆いかぶさりによって梢端が痛んだものを表皮のはがれ、針葉の損傷、芯変りの程度などから被害顕著、軽、無に区分し百分率で示したものである。

Table 5 から明らかなように下刈部分の面積が少ないほど被害が大きくなっていた。このように雑草木のカブリは光条件を劣悪にするばかりでなく、スギの梢端部の機械的損傷をひきおこす^{52) 54)}。

この種の研究は下刈、除伐作業の省力化を考えるうえで重要な意味を持ち、早急に検討されなければならない課題である。

また、雑草木の存在は、スギの幹の変形 (曲り) を生じやすい⁵⁾。近年、比較的小径木の優良材生産の目的で枝打が行われることが多い^{5) 59)} が、小径木では材の曲りは重大な欠点となる。通直な材を期待するためには、遺伝的に通直な性質を持つ品種の育成、選抜はもちろんのことであるが、充分な下刈も必要であろう。しかし、下刈の程度と幹の曲りとの関係を実証的に調査したものは、著者の知る限り、わずかに一例があるにすぎず⁴⁾、この課題の研究も今後早急に行わなければならない。

(3) 下刈、除伐のくりかえしおよび終了の時期

下刈、除伐の回数および終了の時期は、造林木の生長状態により経験的に決定されていた⁵⁶⁾。古くからの有名林業地においては、木場作や植栽密度を高くして閉鎖を早め、下刈、除伐作業の軽減に努めていた^{11) 80) 85)}。また、有名林業地は概して林木の生育適地が多く、スギの生育が比較的良く、閉鎖も早い場合が多かったであろう。

ところが、近年は搬出技術の進歩によって奥地林にまで伐採が進み、植栽地がかならずしも植栽木に適

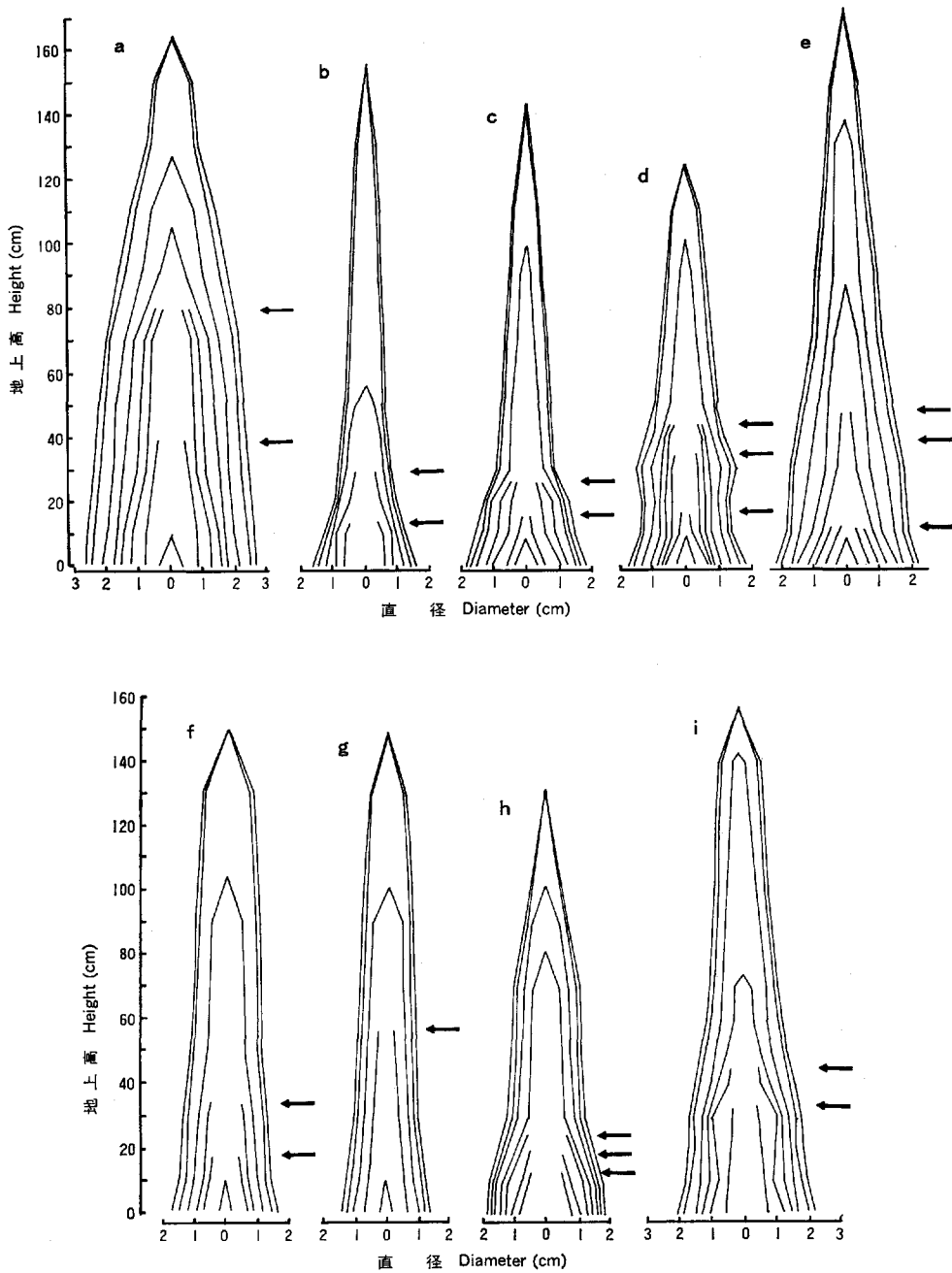
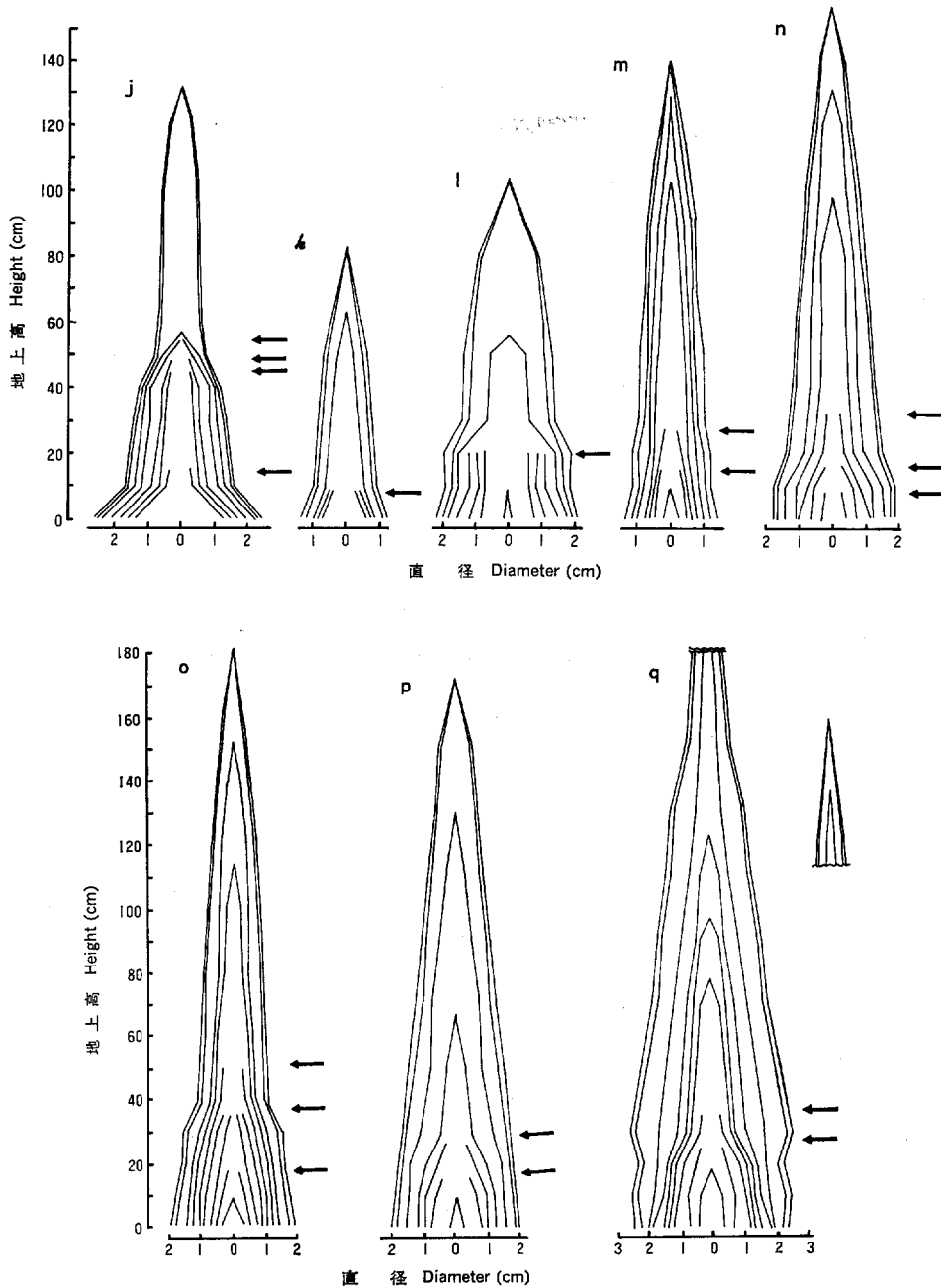


Fig. 9. 刈取後に再生した主要雑草木の主幹の生長

a; タブノキ, *Machilus thunbergii*, b; コムラサキ, *Callicarpa dichotoma*, c; エゴノキ, *Styrax japonica*, d; ミスギ, *Cornus controversa*, e; アラカシ, *Quercus glauca*, f and g; ゴンズイ, *Euscaphis japonica*, h; キブシ, *Stachyurus paecox*, i; イヌザンショウ, *Zanthoxylum schinifolium*.



Stem growth pattern of trees and shrub after the final weeding.

j; リョウブ, *Clethra barbinervis*, k; イヌザンショウ, *Zanthoxylum schinifolium*, l; カラスザンショウ, *Zanthoxylum ailanthoides*, m; シキミ, *Illicium religiosum*, n; ヒサカキ, *Eurya japonica*, o; クロバイ, *Symplocos prunifolia*, p; タマミスギ, *Ilex micrococca*, q; ツブラジイ, *Castanopsis cuspidata*, ◀; 下刈位置, Weeding point

地がないこと、列植や筋植の植栽方法が多くなってきたことなどから、閉鎖までの年数が長くなる傾向にある。

著者が雑草木として取扱った多くの木本植物を含めた、造林木以外の木本についての単木的生長と光の強さとの関係は、アカマツ林の中層から林床に生育する広葉樹について井上⁸⁾が、また、カンレンボクなどの樹種を用いて川邦辺¹²⁾がくわしく研究している。これらによると、肥大生長はスギ、アカマツなどと同様に庇陰によって低下するが、伸長生長はある相対照度まではほとんど変化が認められない。

相対照度の測定はなされなかったが、Photo. 1, 2 に示したように、スギの樹冠で明らかに遮光されている下刈終了後3生育期を過ぎた造林地のスギ以外の主要木本を樹幹解析した結果、伸長生長はいずれもかなり良かった (Fig. 9)。また、Fig. 10 は魚梁瀬および宿毛営署管内におけるスギ植栽密度3,000本区の下刈終了後3年目の雑草木群落の樹高頻度分布図である。両地区とも樹高1.5m以上の雑草木が50%以上もあり、スギの樹高によってはかなり生長に影響を受けよう。このように雑草木の伸長生長が良いので、四国地方では1回目の除伐の後、期待したスギの閉鎖が充分でなく3~4年で再び除伐を行うことが多い¹⁴⁾。

雑草木は、また、立地条件によって生育する種や生育型が異なり、スギの生育の良いBb型、Be型の土壌では、初期生長の早いベニバナボロギク型、ウツギ型、クマイチゴ型が多く生育する³¹⁾⁴⁴⁾。このような林地の手入れは、A型やB型の組み合わせモデルにも見られるように植栽初期に集約的に行うほうが良い。

一方、スギの生育がやや不良となる乾燥型のBb(d)型、Bc型などの土壌においては、アカガシ型、エゴノキ型の木本類が多く、これに丈の低くなったススキ型やウツギ型の雑草木が混在することが多い⁴⁴⁾。これらの林地では造林木の植栽初期には雑草木の茎葉の展開も充分ではなく、むしろ地表の裸出部分が多い。

しかし、雑草木の生長につれて閉鎖し、F₁型やG₁、G₂型の雑草木群落の組み合わせモデルからも推論されるように、下刈が行われなければ、それまで共存していたスギは、樹冠型の異なる広葉樹に庇座さ

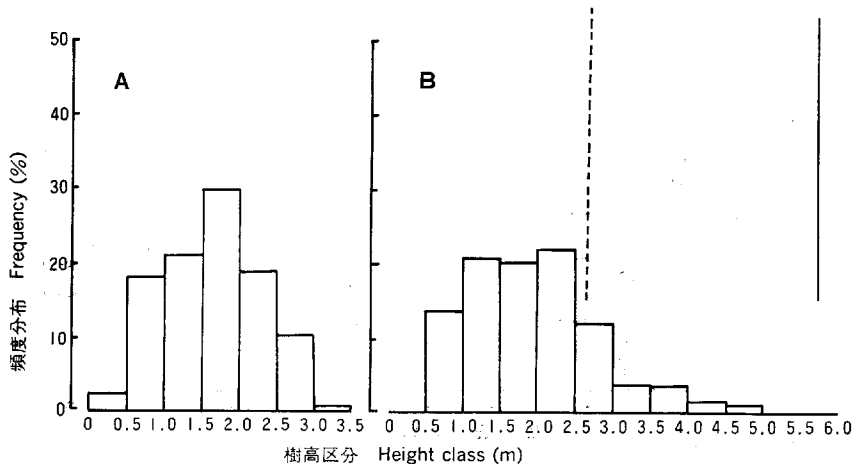


Fig. 10. 下刈終了後3年目の雑草木群落の樹高の頻度分布

Distribution of weed height after three years since final weeding

A; 魚梁瀬, Yanase, B; 宿毛, Shukumo

——, スギの生育良地における平均樹高, Average growth height of Sugi in good site,

-----, スギの生育不良地における平均樹高, Average growth height of Sugi in bad site (8 year old) (8年生)

れ、ついには衰弱あるいは枯死する。このような林地での下刈は、スギの植栽後やや生育の進んだ段階でより必要となるが、この場合は連年下刈は必要ないであろう。

下刈、除伐のくりかえしの必要性は雑草木群落の組み合わせモデルから判断できるが、まだその実証的な研究は行われていない。しかし、前生林の伐採後ただちに植林することによる、植栽当年の下刈の省略⁷⁾、尾方⁸⁰⁾、尾方ら⁸¹⁾のススキを主とする造林地での省力化の可能性を定量的に調べた報告、池上ら⁷⁾を始めとする無下刈試験の報告、津谷⁸²⁾のスギの生長に及ぼす下刈の効果を樹齢別に調べた報告などは雑草木モデルによって下刈方法を検討する場合に参考となる。

スギの樹高が高くなり、雑草木群落よりぬき出ようになると、それまで地表をはっていたつる類の繁茂が著るしくなる。つる類は、その形態的な特徴と季節的な生長の特性から、F₁の組み合わせモデルに類似した影響をスギの樹冠に与えることがすでに荒川⁸³⁾、大沢⁸⁴⁾、門司ら¹⁵⁾によって指摘されている。さらに、つるが支持木に巻つく場合は、スギの幹を変形させ、幹折れなどの原因⁸⁵⁾⁸⁶⁾となるので注意を要する。

下刈、除伐を行うことで、雑草木に吸収された地中養分は、再び地中に戻り施肥の役割を果たすといわれている。この点からの下刈の意義は古くから論じられている⁸⁰⁾⁸⁵⁾。しかし、刈払われた雑草木の腐朽あるいは分解速度や分解された雑草木内の養分のスギの再利用についての実証的な研究は少ない^{6)49)~51)}。下刈、除伐の作業能率は、刈払う雑草木の幹の太さにも影響されるので⁸⁸⁾、あまり長期にわたって放置することは得策でない。以上のような点も下刈、除伐のくりかえし時期の決定には考慮が必要で、今後の検討課題である。

一方、ストローブ松葉さび病菌は、中間寄主であるヨツバヒヨドリからの小生子による有効感染距離は5m以内で、7月中、下旬にその範囲内の中間寄主であるヨツバヒヨドリの全刈は、秋の感染を顕著に防いだ、という報告⁸⁹⁾に見られるように、7月、8月の下刈が小生子の形成を阻止するとすれば、こういった意味での衛生保育的な下刈、除伐は重要であろう。しかし、下刈、除伐と病虫害の発生との関係は、古くから問題とされている⁸⁷⁾⁴⁶⁾割には実証的な研究は少ない。すでに述べたように、下刈の隔年実行では、少なくともスギの樹冠下層部は雑草木に覆れることが考えられるので、衛生保育的な下刈についても、今後充分な検討が必要であろう。

結 語

本報では、これまでに報告した幼齢造林地の雑草木群落の生態的特性、雑草木の繁茂が及ぼすスギの生長阻害の程度、スギの生長に及ぼす光の影響などをもとに、スギと雑草木群落との相互関係を単純なモデルによって経時的变化としてとらえ、これらの研究を基礎として下刈、除伐作業を体系的に行うための考察を行った。

しかし、本研究では、まだ下刈、除伐の省力化と衛生保育との関係、具体的な下刈、除伐のくりかえし実験とその際の雑草木群落の再生などの点で、より実証的なより広範囲な体系的研究はなされていない。これらの結果を組み入れたきめの細かい下刈、除伐作業の技術体系の組み立ては、今後の重要な課題と思われる。しかし、前報⁴⁸⁾および本報で明らかにした幼齢造林地の雑草木群落の生態的特性、雑草木群落によるスギの生長阻害の経時的、定量的な検討によって、これまで定性的にいわれていた下刈、除伐作業の基準を定量的に予測することが可能となった。これにより、理論的、体系的な下刈などの保育作業の確立の指針を得る糸口が見出され、この点から造林学ならびに造林事業の発展に寄与しうものと考えている。

引用文献

- 1) 安楽行雄：筋刈方法について，熊本営林局第 5 回林業技術研究発表集録，156～168，(1974)
- 2) 青沼和夫：造林木とススキの競合に関する研究 (Ⅲ)，ススキの吸水がスギ幼齡樹の樹高生長にあたる影響，82 回日林講，167～170，(1971)
- 3) 荒川 潔：暖帯地方における攀繞植物の被害について，日林誌，18，175～188，(1936)
- 4) CHAMPION, N. G. and A. L. GRIFFITH : Mannual of general silviculture for India, Oxford University Press, London revised edition, 284～321, (1948)
- 5) 藤森隆郎：枝打ちの技術体系に関する研究，林試研報，273，1～73，(1975)
- 6) 生原喜久雄・相場芳憲・川名 明：下草と造林木の競争に及ぼす施肥の影響 (Ⅰ)，造林年度を異にするスギ造林地の下草と造林木の現存量，82 回日林講，170～173，(1970)
- 7) 池上時夫ほか：造林の初期管理における省力技術の最適化，昭和 49 年度国有林技術研究発表集，157～174，(1975)
- 8) 井上由扶：アカマツ林の中林作業法に関する研究，九大演報，32，73～209，(1960)
- 9) 石井幸夫ほか：下刈の合理化，関東地方の木本類優占地帯を対象とした下刈方法の違いが植栽木（スギ）の生長に及ぼす影響について，昭和 48 年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書，136～164，(1970)
- 10) 岩城英夫：陸上植物群落の物質生産Ⅱ—草原—生態学講座，共立出版，91 pp.，東京，(1973)
- 11) 岩水 豊：吉野林業の育林技術の成立と展開，林試研報，231，99～170，(1971)
- 12) 川那辺三郎：陽光が樹木の生育に及ぼす影響，謄写印刷，66 pp.，(1971)
- 13) 菊地三郎・遠藤宗作：新植地下刈試験成績，大日本山林会報，324，40～42，(1910)
- 14) 高知営林局：造林方針書，高知営林局，4～6，(1972)
- 15) MONSI, M. and Y. OSHIMA : A theoretical analysis of the succession process of plant community, based upon the production of matter. Jap. J. Bot. 15, 60～82, (1955)
- 16) 村山 正・有賀文雄：下刈作業の省力化，前橋営林局造林通信，118，8～12，(1974)
- 17) 中嶋道郎：矮林の伐採季節と萌芽との関係，東大演報，15，1～83，(1931)
- 18) NEGISI, K. : Photosynthesis, Respiration and Growth in 1-year-old Seedling of *Pinus densiflora*, *Cryptomeria japonica* and *Chamaecyparis obtusa*, 東大演報，62，1～107，(1966)
- 19) 沼田 真：野草および野草地の生態と利用に関する研究，農林水産技術会議研究成果，51，1～129，(1951)
- 20) 尾方信夫：ススキ植生を主とした造林地における下刈終了年次の検討について（第 1 報），熊本営林局造林情報，166，9～15，(1973)
- 21) ———・長友安男：ススキ群落の生態的特性と下刈省力の可能性について，雑草研究，12，52～54，(1971)
- 22) 大川勝美：地床植物と下刈の時期について，青森営林局第 2 回造林分担研究発表会記録，38～40，(1949)
- 23) ———：地床植物と下刈の時期について，青森営林局第 3 回造林分担研究発表会記録，19～23，(1950)
- 24) ———：地床植物と下刈の時期について，青森営林局第 4 回造林分担研究当表会記録，68～76，(1951)
- 25) 大沢萬治：造林地に於ける蔓類発生々長の経過とこれが駆除に就いて，日林誌，19，68～76，(1937)
- 26) 佐保春芳：ストローブマツ葉さび病に関する研究 (Ⅶ) *Coleosporium Eupatorii* の小生子感染の有効距離について，日林誌，41，20～24，(1963)
- 27) 佐藤邦彦：森林の保育と病害，林業技術，409，36～40，(1976)
- 28) 佐藤大七郎：除伐，林業百科事典，日林協編，丸善，1168 pp.，東京，(1971)

- 29) SATO T. and TAKEGOSI, T.: Sirakasi to Kunugi no takuwaerareta denpun no kisetuniyori masiheri, 東大演報, 9, 17~23, (1952)
- 30) 柴田信男・梶村理一郎: スギ林の造成と初期の撫育, スギの研究 (佐藤弥太郎編), 養賢堂, 220~244, 東京, (1950)
- 31) 四手井綱英・山田 勇: 伐採跡地の植生遷移, 科研特定研究「生物圏の動態」一次生産の場となる植物群集の比較研究, 昭和42年度報告, 118~125, (1967)
- 32) 島村芳雄ほか・筋刈による下刈の現況調査, 前橋営林局造林通信, 118, 5~8, (1974)
- 33) SMITH, D. H.: The practice of silviculture. 6th. ed. John Wiley and sons, Inc. New York, 578 p, (1966)
- 34) 袖口 功・小田治平: 下刈方法別試験, 前橋営林局造林通信, 112, 5~9, (1973)
- 35) 高原末基: 枝打の基礎と実際, 地球出版, 東京, 140 p., (1961)
- 36) 谷本丈夫: スギ幼齢造林地の雑草木の群落構造, 83回日林講, 184~187, (1972)
- 37) ———: 林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響 (I), 1生長期間中のスギ苗木の庇陰下での生長経過, 日林誌, 57, 407~411, (1975)
- 38) ———: 林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響 (II), 1生長期間中のアカマツ苗木の庇陰下での生長経過, 日林誌, 58, 155~160, (1976)
- 39) ———: 林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響 (III), 1生長期の途中で庇陰処理をやめたスギ・アカマツ苗木の生長, 日林誌, 58, 410~412, (1976)
- 40) ———: 林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響 (IV), 1生長期の途中で庇陰を強めたスギ・アカマツ苗木の生長, 日林誌, 58, 455~456, (1976)
- 41) ———: 林木の生長に及ぼす人工庇陰の影響 (V), 庇陰の強さと肥料濃度が同時に作用したばあいのスギ苗木の生長, 森林立地, XXI, 16~21, (1980)
- 42) ———: 初期成長におけるスギと広葉樹の競争に関する研究, 林試研報, 314, 1~9, (1981)
- 43) ———: 造林地における下刈, 除伐, つる切りに関する基礎的研究 (I), スギ幼齢造林地におけるスギと雑草木の生長, 林試研報, 320, 53~121, (1982)
- 44) ———・宮本倫仁・木口恒夫: スギ幼齢造林地のスギと雑草木の現存量—山腹斜面を異にした場合—24回日関西支講, 18~21, (1973)
- 45) 千葉 修: 樹病学, 地球社, 66~67, (1941)
- 46) 徳川宗敬: 江戸時代における造林技術の史的研究, 西ヶ原刊行会, 294~305, (1941)
- 47) 東京営林局: 造林方針書, 東京営林局, 13~16, (1965)
- 48) 土屋次郎・小川志郎・関 盈夫: 筋刈による下刈の現況調査, 前橋営林局造林通信, 119, 16~21, (1973)
- 49) 辻田昭夫: 施肥造林地における雑草木の養分吸収について, 14回日林関西支講, 126~129, (1964)
- 50) ———: 雑草木の養分吸収について (3), 造林木の養分吸収に及ぼす影響について, 15回日林関西支講, 19~20, (1965)
- 51) ———: 施肥造林地における雑草木の養分吸収について, 81回日林講, 126~129, (1970)
- 52) 津谷貞男: 下刈の適期に関する二, 三の考察, 青森営林局第20回林業技術研究発表会記録, 68~75, (1966)
- 53) 植田広平: 地床植物と下刈時期について, 青森営林局造林分担研究報告会記録, 274~276, (1951)
- 54) 植杉哲夫: 地床植物の生育経過と造林地の手入れ, 青森林友, 205, 2~18, (1932)
- 55) ———: 育林, 育林綜典 (長谷川孝三監修), 朝倉書店, 298~300, (1959)
- 56) 山内倭文夫・柳沢聰雄: 育林, 林業技術史第3巻 (林業技術協会編), 143~140, (1973)
- 57) 吉田 実: シダ地の造林試験, 林試四国支場年報, 23~25, (1962)
- 58) 汰木達郎: 林木の生長を支配する要因に関する解析的研究, 九大演報, 37, 85~169, (1964)
- 59) 造林第2研究室: 枝打ちと生産構造—巻込について—, 林試年報, 41~42, (1976)

Fundamental Studies on Release Cutting in Forest Plantation (II)

Relationship between planted trees and weed community in

young plantation of Sugi—Theoretical analysis

and its practical consideration

Takeo TANIMOTO⁽¹⁾

Summary

Structure and floristic composition of weed community, life form, light condition, growth of planted Sugi, and the interspecific competition between natural vegetation and planted Sugi have been studied from the viewpoint of dry matter production. These studies clarified that the growth of planted Sugi was strongly affected by shading of weed and these results agreed well with the artificial shading experiments.

In this study, the relationship between growth of planted Sugi and weed community was expanded to the model analysis and the analysis was applied to biological practices of weeding.

The model was constructed based on heights of weed community and planted Sugi, cumulative leaves weight from the top to bottom of Sugi crown, relative light intensity in the community, and growth rate of planted Sugi. These parameters were determined previously as shown in Fig. 1-a to c.

Fig. 1-a to c represent the relationship among height growth of planted Sugi, relative light intensity with 70, 50, 20 and 10% in the weed community and cumulative leaves weight with 200, 300, 500, 800 and 1,000 g. Using this relationship, light condition on the crown surface of planted Sugi at various heights was predicted easily as follows.

(1) Height from ground level having cumulative leaves weight of 300 g of Sugi with 2.0 m total height will be determined as 98 cm (B') by drawing a perpendicular from A' on the Sugi height line. The relative height to weed community height nearly 65%; 98 cm divided by 1.5 m. The relative light intensity of planted Sugi crown surface was predicted from the cross point C in the figure as about 50%.

(2) The weed community structure models based on the relative light intensity were shown in Figures 4 and 5. The community of a-type consists mainly of dense broad-leaved trees, b-type consists of *Miscanthus sinensis* mixed with broad-leaved trees or herb and c-type consists mainly of *M. sinensis*. The communities of d, e and f-type consist of dense broad-leaved trees, but the heights of weed communities to the height of Sugi are $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ and $\frac{1}{4}$, respectively.

(3) The growth rate of planted Sugi with weeds to that without weeds was calculated based on the following six assumption.

- 1) The shape of crown is conical.
- 2) The growing season is from April to November and the monthly growth rate during growing season is constant.
- 3) The growth rate under various relative light intensities is determined from Fig. 3.

Received November 12, 1982

(1) For. Silviculture

- 4) The distribution of leaves in the crown is homogeneous.
- 5) Crown is divided into four layers with the same amount of leaves in each layer.
- 6) The relative light intensity in the layer is constant.

Using these assumptions, the growth rate was estimated using following steps.

First step; the relative light intensity at relative height of planted Sugi to weed community height is estimated from Fig. 4. Second step; relative dry weight in each layer to open growth is estimated from Fig. 3. Final step; the growth rate in each layer is summed up. Results shown in Table 2 were derived from hypothetic community with the same height of weed community and planted Sugi. However, the relationship between weed community and planted Sugi is more complex. The model was expanded to the actual weeding and interspecific competition using the weed community types and growth rate of planted Sugi. The weed community was divided into 4 types as shown in Fig. 6. The growth rate of planted Sugi was calculated as follows :

$$Y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 \quad \dots\dots\dots(1)$$

where Y is growth rate of planted Sugi, and x_i is growing months under each weed community type as shown in Fig. 7, and a_i is monthly growth rate of planted Sugi cited in Table 2.

The combination of each weed community will vary seasonally as shown in Table 3. In the cases of A and B type, the growth rate of planted Sugi is remarkably low, and the results suggest that weeding will be needed twice a year. In other types, the growth rate of Sugi varied from case to case. Weeding will not be needed in the case of D-D₃, E-E_{2,3}, F-F₃ and G-G_{3,4}.

The relationship between planted Sugi and weed community is more complex especially in humid and moderate climate regions in Japan. In these regions, the effective systematic weeding has been required and ecological analysis in this study will be useful for establishing the practical weeding.

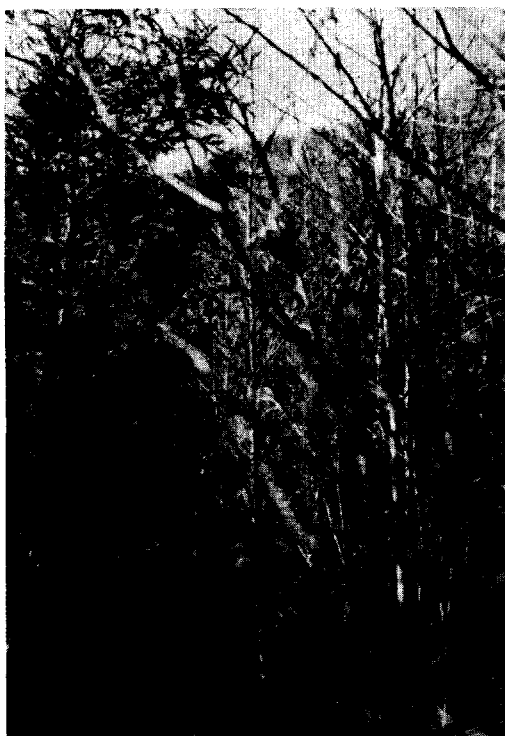


Photo 1. 雑草木の刈取前
Condition before cutting in the Sugi
plantation.



Photo 2. 刈 取 後
Condition after cutting in the Sugi
plantation.