

- num in Japan. Jour. Sci. Hiroshima Univ. Ser. B. Div. 2.11:247-264.
18. Suzuki, H. (1972) Distribution of Sphagnum species in Japan and attempt to classify the moors basing on their combination. Jour. Hattori B.L. №35:3-24.
 19. Suzuki, H. & Y. Matsuda (1962) Comparisons of bogs and marshes in the Suwa district, based upon their Sphagnum-flora. Acta Phytotax. Geobot. 20:228-223.
 20. Warnstorf, C. (1911) Sphagnales-Sphagnaceae (Sphagnologia universalis) Pflanzenreich. Heft 51. (1965 Re-printed)
 21. 矢野 悟道 (1971) 霧ヶ峯の植物 諏訪市教育委員会
 22. 本多 啓七 (1964) 日本北アルプスにおけるガキ田の生態 北アルプスの自然 181
 23. 松田 行雄 (1963) 志賀高原のミズゴケ1. 志賀高原生物研究所業績 2:15-24.
 24. ————— (1969) 長野県におけるミズゴケ類の分布並びに生態学的研究 長野植研. 2:31~43.

(綜説) 植物群落の物質生産

広 瀬 忠 樹

T. Hirose: Dry-matter production of plant communities.

自然における植物の生活は、その物質生産によって維持され、物質生産は葉による光合成が基礎となっている。光合成は、いうまでもなく、光エネルギーをつかって炭酸ガスを有機化合物に転換する過程である。これらは定性的に周知であろう。ところが、これを逆にみて、光合成 → 物質生産 → 植物の生長とたどろうとすれば、この問題の重要性はかならずしも十分に認識されているわけではない。そこには生態学特有の問題がかくされている。そのいくつかをここに紹介したい。

葉は光エネルギーを吸収し、他の条件がととのえば、ある量の光合成を実現する。すなわち、ある量の炭酸ガスが固定される。光エネルギーの伝達はいくつかの光化学反応をとおして行なわれ、また炭酸ガスの固定は一連の酵素反応によって行なわれる。そこには、細胞に特有のオーガニゼーション

(構造)が関与しているわけである。同様に、葉による光合成が植物の生長とむすびつくためには、そこに、植物個体、さらには植物群落特有のオーガニゼーションが関与しているといえる。そのうち2つの問題をとりあげたい。

Ⅰ. 葉は植物の一器官であり、植物全体の生長は他の器官との関係によってきまる。

Ⅱ. 自然において、植物は群落状態をなして生育している。群落の物質生産は個体のそれとはことなってくる。

これらの問題領域は、いわゆる「物質生産の生態学」である。これは、Boysen Jensen (1932)によって基礎が与えられ、Monsi, Saeki らによって発展させられた。綜説としては、たとえば、Monsi (1968)がある。また、「生物科学」(岩波)の16~17巻(1964~1965)に岩城、木村、本谷、黒岩らが、「講座 物質生産の生態学(Ⅰ~Ⅲ)」を書いている。

Ⅰ. 植物の生産過程

葉による光合成が、植物個体、あるいは個体群の生長にむすびつく過程は、Monsi (1960)によって植物の物質再生産の図式としてまとめられた。そのむすびつき方は、種の生長様式(あるいは広い意味で生活形)によって異なり、彼はそれを5つのタイプにまとめた。ここではさらに簡略化して、再生産の図式を図1に示す。

植物の器官は、物質生産の立場から、光合成系(F)としての葉と、非光合成系(C)としての莖、

根、花などにわけられる。葉以外、たとえば緑色をした莖が光合成を行なうという報告も多いが、これは普通、量的に自らの呼吸とつりあう程度であるので、ここでは単純化のためこれを無視することにする。FとCが生産系Production Systemを形成する(Fは実際に光合成を行なうことによって、Cは支持器官として、養分を供給する器官として、あるいは貯蔵器官として光合成系を維持することによって)。

さて、葉は光合成を行ない、それによって光合成率(a , 単位葉量あたりの光合成速度)が定義さ

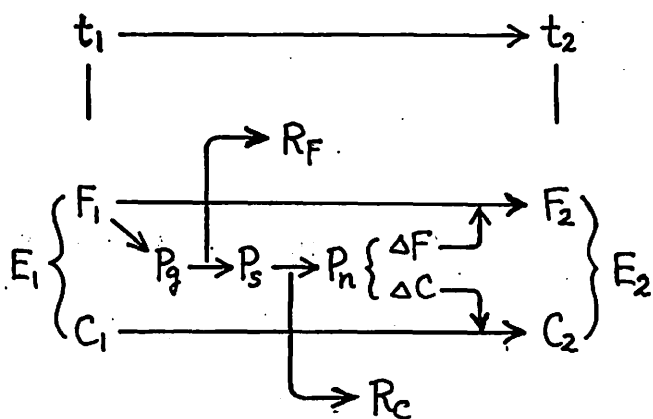


図1. 植物の物質生産、再生産の図式

$F_1 = t_1$ における光合成系, $C_1 = t_1$ における非光合成系, $F_2 = t_2$ における光合成系, $C_2 = t_2$ における非光合成系, ΔF = 光合成系の増加, ΔC = 非光合成系の増加, P_g = 総生産, P_s = 剰余生産, P_n = 純生産, R_f = 光合成系の呼吸, R_c = 非光合成系の呼吸

れる。総光合成（総生産）を P_g と書けば、

$$P_g = a F$$

となる。一方、葉は自らの生命維持のために、かせいだうちのある部分を失ない（呼吸）、のこりを他の器官（葉、莖、根、貯蔵器官など）に供給する（剰余生産）。葉の呼吸率を r_F とすれば、剰余生産 P_s は

$$P_s = (a - r_F) F$$

となる。また、非光合成器官（C）に対しても、その呼吸率（ r_C ）、呼吸量（ R_C ）が定義される：

$$R_C = r_C \cdot C$$

純光合成（純生産） P_n は次のようになる。

$$P_n = P_s - R_C$$

以上の過程は生産過程と名づけられているが、ここに実現した P_n は光合成系、非光合成系へと分配され、それぞれの系の増加（ ΔF , ΔC ）をもたらす（分配の割合をあらわすパラメーターとしては、普通、分配率 $\rho = \Delta C / \Delta F$ が用いられる）。こうして大きくなったそれぞれの系は新たな生産系をつくり、これは次の生産過程にくみこまれていく。すなわち、拡大再生産である。これが植物の生長は本質的に指数函数的であるとの Blackman (1919) の命題の意味するところにほかならない。

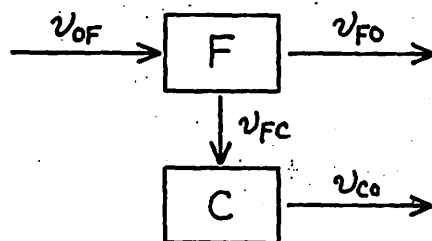
植物全体の生長は以上の全過程の総和としてあり、それ故、生長は物質生産の立場からは、葉の量、光合成率、他の器官への分配率、葉、その他の器官の呼吸率等によってきまってくる。光合成率、呼吸率は、十分に理解されているわけではないが、その環境条件のもとにおける植物の生理的狀態によってきまらう。しかし、たとえこれらが一定であるとしても、植物の生長は光合成産物の F , C への分配率によって著しく変わってくる。分配率の生長にとっての意義は、最近、Monsi and Murata (1969) によってあらためて強調されたところであるが、ここでは簡単なモデルによって考えてみたい。

いま、植物を光合成器官、非光合成器官にわけ、それぞれを F , C とする。これらと外界との間の物質の移動速度を図2のようおく。すると、 F , C の時間的变化は次のように表わすことができる。

$$\begin{cases} \frac{dF}{dt} = u_{OF} - u_{FC} - u_{FO} \\ \frac{dC}{dt} = u_{FC} - u_{CO} \end{cases} \quad \text{---- (1)}$$

右辺の u'_s は、実際には、時間 t の関数であろうが、いま簡単のために、それらは系の状態のみに依存すると考える（state determined system を仮定）。さらに、次のように仮定する：

$$\begin{aligned}
 u_{OF} &= aF \\
 u_{FO} &= r_F F \\
 u_{FC} &= bF \\
 u_{CO} &= r_C C
 \end{aligned}
 \quad \text{--- (2)}$$



分配率 ρ は u_{FC} に関する数になる。先の定義にしたがえば $\rho = dC/dF$ であるから

図2. 植物の2-Compartmentsモデル
F=光合成系, C=非光合成系, u 's=物質移動速度

$$\rho = \frac{u_{FC} - u_{CO}}{(u_{OF} - u_{FO}) - u_{FC}}$$

(2)を(1)に代入し、これを解くと一般解は

$$\begin{cases}
 F = F_0 \exp\{(a-b-r_F)t\} \\
 C = \frac{b}{a-b-r_F+r_C} F_0 \exp\{(a-b-r_F)t\} + (C_0 - \frac{b}{a-b-r_F+r_C} F_0) \exp(-r_C t)
 \end{cases}
 \quad \text{--- (3)}$$

ここで、 F_0 , C_0 は、それぞれ、 $t=0$ におけるF, Cの値である。(3)において、 a , r_F , r_C を一定とし、パラメーター b がいろいろな値をとったときの(すなわち、分配率をいろいろにかえて)F, Cの生長をみよう。ここでは2つの場合を考える。まず、 $b=0$, すなわち、非光合成器官への分配が無い場合は

$$\begin{cases}
 F = F_0 \exp\{(a-r_F)t\} \\
 C = C_0 \exp(-r_C t)
 \end{cases}$$

となり、Fは指数函数的な生長をするが、Cは $t \rightarrow \infty$ においてゼロに近づく。反対に、 $b=a-r_F$, すなわち、Fは剰余生産物をすべてCに分配する場合、

$$\begin{cases}
 F = F_0 \\
 C = \frac{b}{r_C} F_0 + (C_0 - \frac{b}{r_C} F_0) \exp(-r_C t)
 \end{cases}$$

となり、Fは一定の値をとるが、Cは飽和曲線を描く： $C \rightarrow \frac{b}{r_C} F_0$ ($t \rightarrow \infty$)。これらを図示すると図3のようになる(実際には、 b はこれら両極端の中間的な値をとるであろう。それによって、F, Cの生長曲線も中間的なかたちをとることになる)。

ここで主張したいことは、たとえ植物の生理的状态によって、光合成率、呼吸率がきまっているにしても、植物の生長は植物のより高次の体制であるところの分配率の相違によって、まったく異なってくるということである。上の例だと、 $b=0$ の場合は植物(F+C)の生長は無限大に発散するが、 $b=a-r_F$ の場合は、全体として飽和曲線になり、 $F_0(1 + \frac{b}{r_C})$ に近づく。

実際の植物の生長過程においては、分配率が一定ということはありません。これは環境条件によっても、植物のエイジングによっても変化することがわかっている。そのいくつかの例が、Monsi and Murata (1969) において議論されている。しかし、一般に、植物の種による分配率の相違が、植物の種の生活にとって重要な意味をもっているだろうことは、容易に想像できる。たとえば、最近マント群落として注目されているツル植物(クズ、カナムグラのような)が、彼等のかせいだ光合成産物をより多く光合成器官にまわすことによって、大きな生長速度を実現できるだろうというようなことである。彼等は、他の植物を文字どおりふみ台にすることによって生活することができ、大きな支持器官を形成する必要がない。これを光寄生などと呼ぶ人もある。

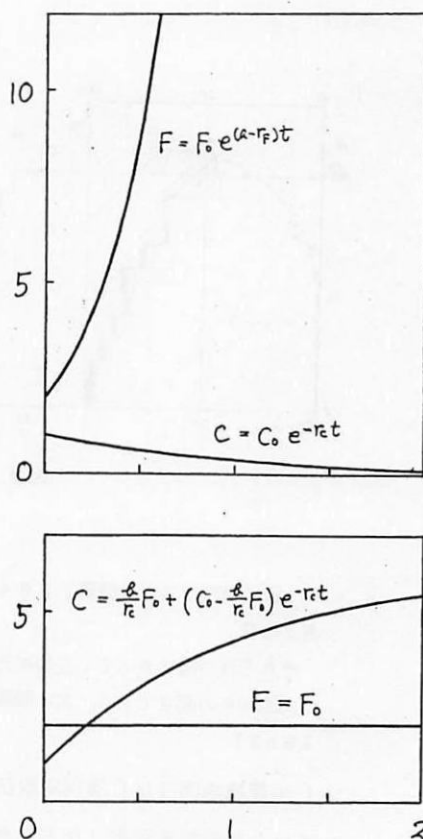


図3. 光合成系(F)と非光合成系(C)の生長曲線

(上) $b=0$ の場合

(下) $b=a-r_F$ の場合

Ⅱ. 植物群落の物質生産

1. 群落の生産構造

植物は、自然界においては、単一個体として存在するよりはむしろ群落状態をなして生育しているのが一般である。このことは、植物にとっては自ら存在することによって環境を変え、その変えられた環境のなかで植物が生活するだろうということである。群落状態は環境の様々な要因を変化させるだろうが、そのうちもっとも著しく変化する要因としては光環境が考えられる。

Monsi and Saeki (1953) は植物群落の物質生産における光要因の重要性に着目し、いろいろな自然の植物群落について、群落内の光環境を測定し、これに対する群落の構造を「生産構造」と名づけた。そこでは、群落の構造と群落内の光環境は相互に規定しあう関係にあると考えられている。

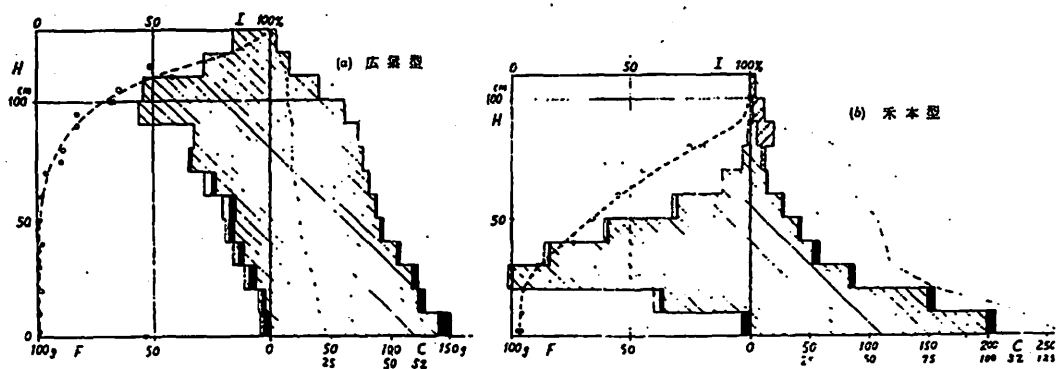


図4. 植物群落の生産構造図

(a) 広葉型：アカザ群落，1949年6月28日。(b) 禾本型：チカラカンバ群落（結実），1949年9月28日

それぞれの図において，左側に光合成系，右側に非光合成系の生産量（ $gfw/50 \times 50 cm^2$ ）を示す。縦軸は地表からの高さである。太い破線は相対照度，細い破線は莖の本数を示す（Monsi and Saeki, 1953）

「生産構造図」は「層別刈取法」を植物群落に適用することによって作成される。層別刈取法については「生態学実習書」などを参照されたい。図4は生産構造図の例である。図の横軸には各層あたりの植物量を，光合成器官（左），非光合成器官（右）にわけて表示してある。図には同時に相対照度の変化，莖の本数なども書き入れてある。このような図を多くの植物群落に対して作成し，それらを相互に比較することによって，植物群落は，高さに対する物質の分布パターンに関して，2つのタイプに分けることができることが明らかにされた。すなわち，アカザのような広葉型のタイプと，ススキのような禾本型のタイプである。前者では葉は群落の上層部に密につき，下の方は少なくなる。それにつれて群落内の光の減衰も急速である。一方，禾本型のタイプでは，葉は下層部において密になり，莖も下層につれてとくに多くなっている。その結果，高さに対して，光は広葉型にくらべゆるやかに減衰することになる。

光の減衰パターンの相違は，高さに対する葉量の分布パターンの相違のみによるのか，あるいは分布に関してもっと質的な相違があるのだろうか。これを明らかにするために，次に葉量を葉面積であらわし，光がそれまでに通過した葉層の全葉面積と，その面における相対照度との関係をグラフで表わしたのが図5である。図によって，それぞれの群落において，葉面積指数と相対照度の対数との間には直線関係が成り立つことがみてとれる。式で表わすと次のようになる。

$$\ln(I_h/I_0) = -KF$$

$$\text{又は } I_h = I_0 \exp(-KF)$$

----- (4)

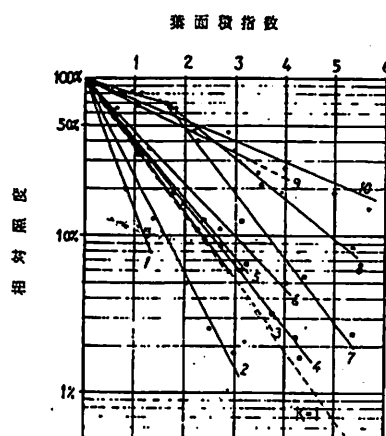
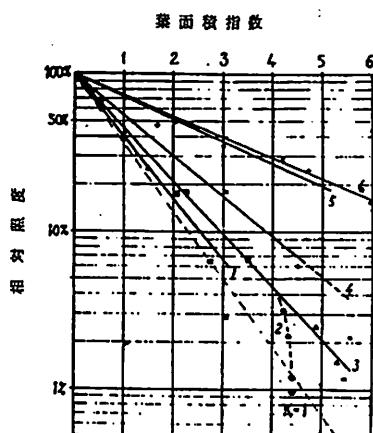


図5. 相対照度と葉面積指数との関係

a (左), 霧ヶ峯山地草原の群落 1ミヤコザサワラビ('49.9.15) 2ミヤコザサ('51.8.29)
3同上('49.9.15) 4同上('49.8.7) 5ススキ('49.9.15) 6同上('49.7.6)

b (右), 田島ヶ原および東京近辺の群落 1キカラスウリ('49.9.30 外の光=47%) 2フキ
('50.4.28) 3アカザ('49.6.28) 4ノウルシ('51.5.5 田島ヶ原) 5クキイモ('49.5.26)
6キヤラボク('49.6.13) 7オギーノウルシ('50.4.30 田島ヶ原) 8ヨシーナガボノシロワレモコ
ウ('49.6.3 田島ヶ原) 9オギ('49.6.15 田島ヶ原) 10ヨシーノカラマツ('49.7.27 田島ヶ原)
(Monsi and Saeki, 1953)

ここで、 I_h はそこから上の葉面積指数が F である水平面上の照度をあらわし、 I_0 は群落の外の照度である。 K は吸光係数とよばれている。 K は値が大きいくほど、 F に対する光の減衰が急速であることを意味する。 K は群落によって0.3~2ぐらいの値をとる。一般に、禾本型は0.3~0.5の値をとる、広葉型は0.7以上の値をとることが多い。ここで、先に層別刈取図のうちにみいだされた2つのタイプ——広葉型と禾本型——の間には、単に葉の空間的、量的な分布パターンにおける相違だけでなく、より質的な相違もかくされていることが明らかになった。すなわち、吸光係数の相違である。

吸光係数に関する理論的考察はMonsi and Saeki(1953)によってはじめてなされたが、最近、Oikawa(1973)はこれをコンピューターのなかにモデル群落をつくり、モンテ・カルロ法による解析を行ない、Monsi and Saekiの理論をたしかめ、さらに、ランダム以外の葉の配列についても考察をおこなった。その結果、この吸光係数の相違は、葉の傾き、配列、透過率などによってもたらされることがあきらかにされた。葉の傾きについて云えば、立った葉の方が水平の葉より K は小さくなり、配列については、ユニフォーム→ランダム→クランプトとなるにつれ、 K は小さくなる。そして、透過率は大いほど K は小さい。水平な葉がランダムに分布し、その葉の透過率がゼロであるときは、理論的に $K=1$ となることが証明されている(Monsi and Saeki, 1953)。

吸光係数は、群落内の光の分布をきめる係数であり、吸光係数は小さいほど、群落内で個々の葉が

うける光の分布は均等化する。群落内の光の分布が群落の物質生産を規定する大きな要因になることは想像されるところであろう。次にこのことを考えてみよう。

2 群落の光合成

以下の群落光合成のモデルはMonsi and Saeki (1953), Saeki (1960), Saeki (1963), Monsi (1968)らによって発展、完成されたものである。ここではSaeki (1960)にそって論をすすめたい。

さて、いま図6に示すような光-光合成曲線をもった葉があるとする。これはケイトウの一枚の壮葉の光合成曲線であるが、草本植物の代表的な曲線であると考えてよい。この曲線から、照度が与えられれば、その時の光合成速度をよみとることができるが、照度は1日の時間によって、季節によって、あるいはその時の天候によって変化する。それで、これらを東京の夏の4か月間を平均化して、

日照度変化を示したのが、図7の100%の曲線である。図の他の曲線は、100%に対して、60%、20%の照度変化を示す。図6と図7とを組み合わせることによって、相対照度-光合成曲線を作成することができる(図8)。図8では、光合成は1日あたりの光合成量を炭水化

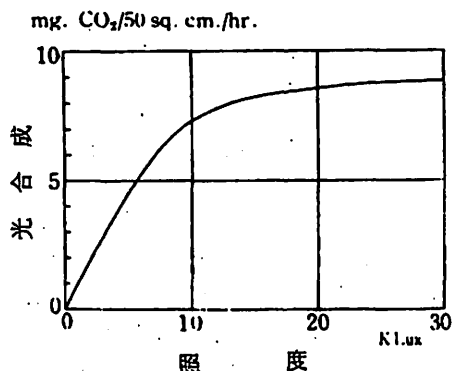


図6. ケイトウの壮葉の光-光合成曲線

25°C, 0.03% CO₂のもとで測定。平均呼吸速度は0.65 mg CO₂/60 sq. cm/hr. (Saeki, 1960)

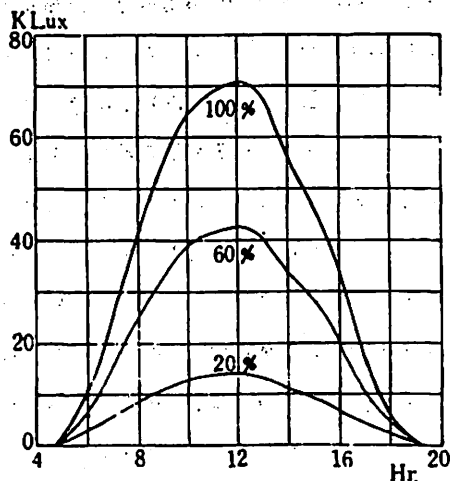


図7. 平均的な日照度変化

100%の曲線は東京の夏の4ヶ月間の平均日照度変化に対応する(原典, 平山, 1948, Saeki, 1960より引用)

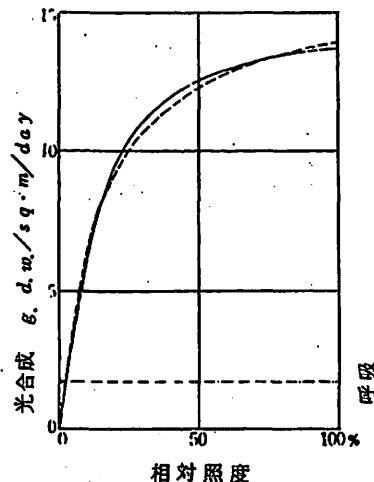


図8. ケイトウの相対照度一日光合成曲線

実線は図6, 図7から計算された値。破線はこれを直角双曲線で近似したもの。鎮線は平均日呼吸量(25°C)を示す(Saeki, 1960)

($C_6H_{10}O_5$) n に換算して表示してある。図には、葉の1日の呼吸量も書き入れてある。図に示されているように、こうして得られた相対照度一日光合成曲線は、直角双曲線によってよく近似できる：

$$q = \frac{bI}{1+aI} - r \quad \text{--- (5)}$$

ここで、 a 、 b は曲線のかたちをきめる定数である。このケイトウの例では100%の照度に対して $I=1$ とおいたとき、 $a=6.9$ 、 $b=110$ となる。また、 r は葉の呼吸量をあらわし、ケイトウにいては $r=1.92$ である。いうまでもなく、(5)は葉がうける相対照度 I に対して、1日の剰余生産量 q をきめる式となる。

群落全体の物質生産を(5)式にもとづいて計算するにあたっては、群落内の葉面照度 I の分布を明らかにしておかなければならない。この葉がうける照度 I が、水平面において測った照度 I_h とはかならずしも同じでないことは、個々の葉は群落内においてある傾きをもっと分布していることを考えれば容易に理解されるであろう。すなわち、傾きをもった葉がうける照度は、その高さにおいて水平面において測った照度より低下する。葉量と群落内の光分布との関係は次のように考えることによって理解される(Saeki, 1960; Saeki, 1963)。

いま、群落の高さ x における面を考え、群落の上からその面までの葉面積指数を F とすれば、高さ x における水平相対照度(I_h/I_0)は、一般に、 F の函数となる：

$$I_h/I_0 = f(F)$$

この式によって、高さ x による照度変化を F による照度変化におきかえることができる。いま群落内の2つの異なった高さにおける葉面積指数を F 、 $F+\Delta F$ とすると、この2つの面の間にある葉量 ΔF によって吸収あるいは反射された光の量は、単位葉面積あたり $I_0[f(F)-f(F+\Delta F)]/\Delta F$ となる。ここで $\Delta F \rightarrow 0$ とおけば、 $-I_0 f'(F)$ となり、これは、そこから上の葉面積指数が F である高さにおける葉が、吸収あるいは反射する光量を表す。この高さにおいて葉がうける照度 I は、この量に葉が透過する光を加えたものである。 m を葉の透過率とすれば、

$$I/I_0 = -f'(F)/(1-m)$$

ところで、植物群落内の水平照度は(4)式によって表わされるのであった。すなわち、 $f(F) = \exp(-KF)$ である。よって、群落内の葉面照度の分布は次のようになる。

$$I/I_0 = K \exp(-KF)/(1-m) \quad \text{--- (6)}$$

(6)を(5)に代入することによって、群落内の任意の面 F における1日の光合成量を計算することができる。

$$q = \frac{b I_0 K \exp(-KF)/(1-m)}{1+a I_0 K \exp(-KF)/(1-m)} - r$$

この式を F に関して0から F まで定積分することによって、葉面積指数 F の群落全体の光合成量(剰余生産) P_g がとまる。

$$P_s = \frac{b}{K a} \ln \frac{(1-m) + K a I_0}{(1-m) + K a I_0 \exp(-K F)} - r F \quad \text{--- (7)}$$

(7)の右辺第1項は、日総生産量、いいかえれば、群落のすべての葉の眞の光合成量の合計を表わす。第2項は全呼吸量である。 P_s は I_0 とともに増加し、単葉の光-光合成曲線より、照度の増加にもなう光合成速度の増加率の低下が小さいことがわかる。これはすでに、Boysen Jensen (1932) によって実験的にたしかめられている事実と一致する。

(7)式は、また、 P_s を K と F の函数としてあらわした式とみることができる。いま、(7)の a , b , r に先のケイトウで得られた値を代入し、 $m = 0.1$ とおく。全光 ($I_0 = 100\%$) のもとで、 K にいろいろな値を与えて、 F と P_s との関係を図示すると図9が得られる。図から明らかなように、 P_s はある F の値に達するまでは、 F とともに増加するが、増加率は徐々に減少する。減少のしかたは K が大きいものほど大きい。それぞれの曲線は最大値をもち、それをこえると P_s は逆に低下する。これらは、 F が増加するとともに葉の相互被陰が大きくなり、 P_s の増加率が低下する、また、 K は大きいほど相互被陰の影響が出やすいということを示す。さらに、 F が小さいときは P_s は K の値によらず、 F が大きくなると K の値によって P_s に大きな差が出てくることがわかる。これは Watson and Witts (1959)

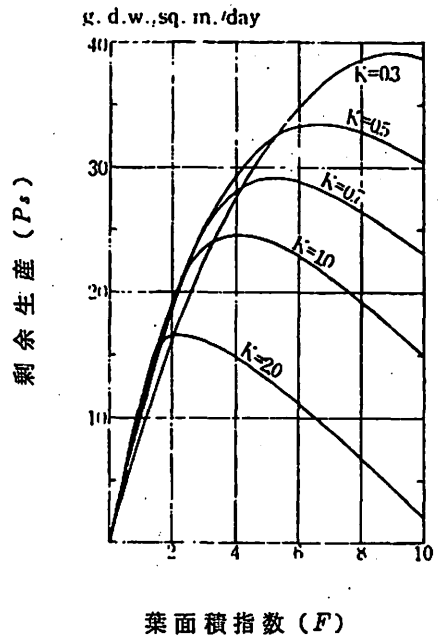


図9. 全光 (100%) のもとにおけるケイトウの剰余生産 (P_s). 横軸は葉面積指数 (F). K は吸光係数である (Saeki, 1960)

の実験をよく説明することができる。彼等は葉が立っているサトウダイコン (K は小さい) と葉がほふくする野生種 (K は大きい) の生長を比較して、 F がまだ小さいときは2者のあいだに、葉面積あたりの生長量に差がないが、生長につれ、 F が大きくなると差が大きくなることをみた。また、小さい K をもった植物の方が、大きな生産をあげる可能性があることが図から読みとれるが、実際、イネの増産種には葉の立ったものが多いことが知られている。

上に述べたように、それぞれの吸光係数に対して、最大の剰余生産 ($P_s^{\max}$) を実現する最適の葉面積指数 (F^{opt}) がある。つぎに、これらの関係をくわしくみることにしよう。 F^{opt} は $dP_s/dF = 0$ を解けば得られるわけであるが、ここでは次のように考えてみる。 F^{opt} が存在するのは、 F が増加するにつれ、葉の相互被陰によって下の葉への光の供給がだんだんと低下し、ついには下の

葉の光合成が呼吸を下まわるようになる。すなわち、生産が赤字の葉がふえる。もし上層で活発に光合成を行なっている葉からの下層の葉への光合成産物の転流がないとすれば、実際には、このような葉は落葉すると考えられる (Verikof, 1955; Shiroya, 1961; Joy, 1964 その他参照)。

光合成と呼吸がちょうどつりあう、すなわち、剰余生産ゼロの照度 (I_c) は (5) 式で $q=0$ とおくことによってとまる。

$$\frac{bI_c}{1+aI_c} = r$$

$$\text{すなわち, } I_c = \frac{r}{b-ar} \quad \text{---- (8)}$$

ケイトウの a, b, r を代入すると $I_c = 1.7\%$ となる。実際に、日本の草原の下で測定された照度の多くは $1 \sim 3\%$ 程度である (Monsi and Saeki, 1953)。

群落内で、それより下の照度が I_c 以下となる葉面積指数は (8) を (6) に代入してもとめた F である。これが最適葉面積指数 F^{opt} である。

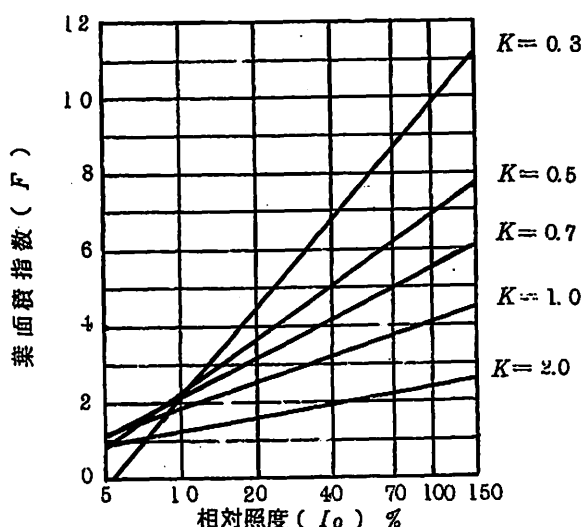


図10. 相対照度 (I_0) に対する最適葉面積指数 (F) の関係
 K は吸光係数 (Saeki 1960)

$$F^{opt} = \frac{1}{K}.$$

$$\ln \frac{KI_0(b-ar)}{r(1-m)} \quad \text{---(9)}$$

(9) 式は F^{opt} と $\ln I_0$ との直線関係を表わす。図10はケイトウの a, b, r, m を代入して、この関係を示したものである。相対照度 100% のもとでは $K=1.0 \sim 0.3$ と変化するにつれて、 F^{opt} は $4 \sim 1.0$ の値をとる。これは、日本の草原、

中生的な森林で得られる葉面積

指数とほぼ同じ範囲にある。すなわち、自然の草原、森林などでは F^{opt} がよく実現していると考えてよい。

(9) 式を (7) 式に代入すると P_s の最大値 P_s^{max} がとまる：

$$P_s^{max} = \frac{b}{Ka} \ln \frac{1+aKI_0/(1-m)}{1+ar/(b-ar)} - \frac{r}{K} \ln \frac{KI_0(b-ar)}{r(1-m)} \quad \text{----(10)}$$

(10) の関係を K をいろいろに変えて $P_s^{max} \sim I_0$ のグラフを描くと図11が得られる。また、 I_0 にいろいろな値を与えて P_s^{max} と K との関係をみると、これは最適曲線をえがくことがわかる (図12)。すなわち、それぞれの I_0 に対して P_s^{max} を最大にする K が存在する。この I_0 と K と

の関係は (10) において $dP_s \max / dK = 0$ とおくことによって得られる：

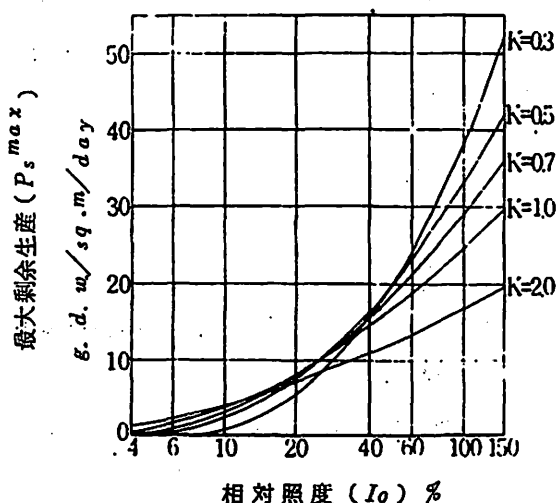


図 11. 相対照度 (I_0) に対する日最大剰余生産量 ($P_s \max$) の関係

K は吸光係数 (Saeki, 1960)

K は大きい) ものが多い。さらに一つの群落においても、上の方の葉は立っているが、下の方の葉は水平であることもある。このようなことは自然条件下における物質生産の面からも意味あることが理解される。

光は植物にとって生活の基礎をなし、光条件が変化すれば植物の生活は量的にも質的にも変化する。ところが、一方、植物は存在することによって、その光条件を変化させる。そして、この変化した光環境に適応した、あるいは、その光環境をもっとも効率よく利用できる体制をもった植物が、他の植物との競争などをとおして生きのこるだろう。この作用—反作用の関係をとおして、植物は生産構造とよばれる群落の構造を発達させる。かように、植物はかぎられた資源を最大に利用できる方向に進化していくであろう。これが植物群落、植物社会の秩序化、あるいは組織化がすすむ自然史的根拠であるといえよう。

$$K I_0 = \text{constant}$$

すなわち、 K と I_0 とは逆比例関係にある。 I_0 が大きければ K は小さく、 I_0 が小さければ K は大きい。いいかえれば、強光のもとでは、 K が小さい群落に適しており (より高い生産をあげる可能性があり)、反対に、弱光のもとでは K が大きい群落に適しているということである。これは我々の経験とよく一致する。たとえば、全光のあたる草原では、葉が立った禾本科の植物 (K は小さい) が優占しているし、森林のような暗い環境においては、植物は、葉を水平にあるいはモザイク状にひろげている (K

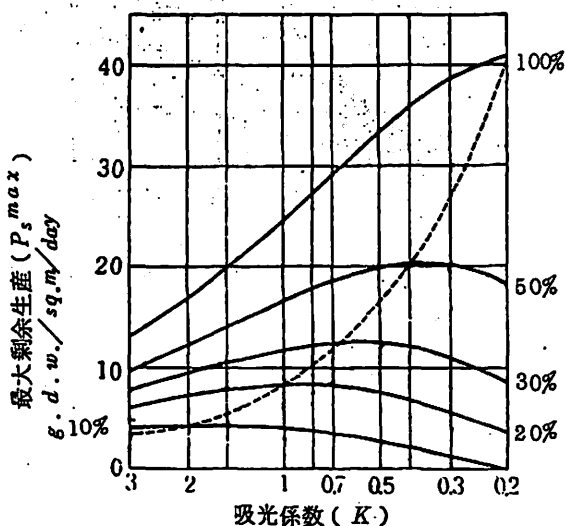


図 12. 相対照度 (I_0) 100%, 50%, 30%, 20%, 10% のもとにおける吸光係数 (K) と日最大剰余生産量 ($P_s \max$) との関係

破線はそれぞれの最大値を結んだもの (Saeki, 1960)

参 考 文 献

- Blackman, V.H., 1919. The compound interest law and plant growth. *Ann. Bot.*, 33:353-360.
- Boysen Jensen, P., 1932. Die stoffproduktion der Pflanzen. Jena.
- Joy, K.W., 1964. Translocation in sugar-beet. I. Assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ and distribution of materials from leaves. *J. Exp. Bot.*, 15:485-494.
- Monsi, M., 1960. Dry-matter reproduction in plants. I. Schemata of dry-matter reproduction. *Bot. Mag. Tokyo*, 73:81-90.
- Monsi, M., 1968. Mathematical models of plant communities. *Proc. Copenhagen Symp. (UNESCO)*:131-149.
- Monsi, M. and Y. Murata, 1969. Development of photosynthetic systems as influenced by matter distribution. Trebon IBP/PP Technical Meeting.
- Monsi, M. and T. Saeki, 1953. Über den Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und seine Bedeutung für die stoffproduktion. *Jap. J. Bot.*, 14:22-52
- Oikawa, T., 1973. D. Sc. Thesis. Faculty of Science, University of Tokyo.
- Shiroya, M., Lister, G.R., Nelson, C.D. and Krotkov, G., 1961. Translocation of ^{14}C in tobacco at different stages of development following assimilation of $^{14}\text{CO}_2$ by a single leaf. *Can. J. Bot.*, 39:855-64.
- Saeki, T., 1960. Interrelationships between leaf amount, light distribution and total photosynthesis in a plant community. *Bot. Mag. Tokyo*, 73:55-63.
- Saeki, T., 1963. Light relations in plant communities. In: *Environmental control of plant growth* (ed. L. T. Evans) :79-94.
- Verikof, E.F., 1955. *Plant Physiology*, Moscow, 2:354.
- Watson, D.J. and K.J. Witts, 1959. The net assimilation rates

of wild and cultivated beets. Ann. Bot., N. S., 23: 431-39.

岩城 英夫, 1964. 植物群落の理論的解析 生物科学 16 巻 1 号: 29-38.

木村允・本谷勲, 1964. 植物の生長と物質経済 生物科学 16 巻 3 号: 137-144.

黒岩 澄雄, 1965. 植物群落における競争 生物科学 17 巻 1 号: 35-46.

〔新刊紹介〕 清水建美編「中部山岳地帯における生物環境の破壊とその復元に関する基礎的研究
第 1 号」 昭和 48 年 3 月 31 日発行。B5 判, 74 頁・非売品。

これは, 昭和 47 年度文部省特定研究「人間の生存にかかわる自然環境の基礎的研究」の一環としておこなわれた信州大学研究グループ(研究担当者 9 名)の研究集録である。亜高山帯および高山帯の領域で大規模な人間活動がおこなわれるようになったのは, ここ 10 年程度のものだろう。したがって, 人間の活動がこの地帯の生物の質, 量, 社会構造などに及ぼす影響については, まだほとんど不明だし, 今後の開発との関連においても, ぜひとも調べておくべき課題であろう。

この報告書には, 乗鞍岳を主とした高等植物の植相, 植生, 甲虫類, 土壌動物, 鳥類, 小哺乳類, 気象, 土壌条件が, 山岳地帯の人為環境化にともなうどうなっているかを調べあげた 12 編の報告が収められている。自然保護のために, この小冊子は何らかのお役に立てば幸である。編者あて御連絡下されば, お届けします。頒布価格 400 円程度です。 (T・S 生)