

ヒノキ林の物質生産と同化部分への生産物配分

大畠 誠一・上中 幸治・羽谷 啓造

那須 孝治・上中 光子

Net Production and Matter Distribution to Photosynthetic Organ
in Plantations of Japanese Cypress Forest.

Sei-ichi OOHATA, Kōji UENAKA, Keizo HAYA,
Kōzi NASU and Mitsuko UENAKA

要 旨

せき悪地とみなされている和歌山県白浜町、京都大学農学部白浜試験地に造成されたヒノキ林を評価し、その物質生産の特徴を調べるために、3林分の調査区を設定し、落葉量の測定と生産力調査を行なった。その結果、次の諸点が明らかとなった。

- 1) 生育期間内の葉量 (y_L) は、3林分の平均値で 11.0 t/ha、地上部分の生産速度 (P_n^*) は 12.8 t/ha・yr であった。多くのヒノキ林で調べられた平均値に比べると、これらの値は y_L でややすくなく、 P_n^* で平均値程度であった。すくなく葉量は、多い落葉量と関係し、夏から秋にかけての厳しい乾燥と無関係ではないと推測された。すくなく y_L に対して P_n^* が低い値は、白浜町の生育期間の長さ、および林地施肥に起因すると考えられた。
- 2) 地位の低いアカマツ林では、生産された物質のうちの多くを同化器官へ配分する性質が指摘されているが、この性質はヒノキ林でも見い出され、葉の生産(落葉量)への配分比は生産速度が低い林分ほど大きくなる。その比は、生産速度が大きい林分では、ほぼ安定し、 P_n^* の20%程度であった。
- 3) 地位の低いヒノキ林では、葉量がすくなく傾向が認められ、このような林分では、未閉鎖状態を回復するべく、同化器官への配分比が高まることが推測されたが、林分葉量 (y_L) に対する葉の生産速度 (Δy_L) の比 ($\Delta y_L/y_L$) は、地位に無関係にほぼ一定値を示した。すなわち、葉の回転率 ($\Delta y_L/y_L$) または葉の平均寿命 ($y_L/\Delta y_L$) に対する地位の影響は認められなかった。これらの性質は、土地条件に対する植物側の対応の一現象として注目された。

は じ め に

森林の物質生産機構を明らかにするために、これまでに多くの天然林、人工林での生産力調査が行なわれ、資料の集積がなされると共に、物質生産上の主な機構が解明された。しかし、細部の問題は残されたままである。その問題点のひとつに、生産物質の配分の問題があると思われる。すでに、幹、枝、葉、根などの諸器官への物質配分に関しては、代表的な森林ごとにまとめられ、整理されている¹⁾。しかし、その結果はかなり大まかなもので、各種の森林の平均値を示した程度である。種間や、同一種の林分間での配分率の差異に注目して検討した例はすくなく。

蜂屋²⁾らは、ほぼ同令で、地位の異なるアカマツ林の生長解析を行ない、地位の低い林分ほど、生産された物質のうちの多くを同化器官へ配分する性質を見い出した。大島・鬼石³⁾は、特に生育条件の悪いシラベ林で、葉への配分率が高い例を報告した。斎藤⁴⁾らは、ヒノキ林の落葉量と生産力調査を行ない、生長の良好な林分で、悪い林分より葉への配分がすくない結果を指摘している。これらの報告は、土地条件が十分でない森林では、林木はその条件に対応した物質生産機構をもつことを示し、注目される。ただし、この植物側の対応が、どのようなものであるか、十分に検討された例はない。また、安藤⁵⁾が調べたスギ人工林の結果のように、生産された物質が葉へ配分される率は、林令、管理密度などに対して特別の傾向が認められなかったとする報告もある。蜂屋らがアカマツ林で認めた性質が、他の樹種にも見い出される一般的性質であるか、アカマツ林特有の性質であるかも検討しておく必要がある。

この報告では、せき悪地とみられる場所に造成されたヒノキ林の生産力を推定し、生産物質の配分で、特に葉への配分について検討した。ただし、今回の調査林分が、予想していたほど土地条件が悪いと断定できなかったため、落葉量測定により葉の生産速度が推定され、かつ、生産力調査が行なわれたヒノキ林の資料を加えて検討し、アカマツ林で認められていた性質の確認と、その性質をもつ森林での葉量の維持機構などを論じた。

調査林の概況と調査方法

1) 調査林分

調査区は、和歌山県西牟婁郡白浜町立ヶ谷にある京都大学農学部白浜試験地内に設定された。調査区3林分の地況、林況については、表1にまとめて示した。白浜町一帯は、第三紀系統の砂岩が土壌の母材となり、土壌層が薄い。尾根部分には基岩が露出し、過去には石材生産が行なわれていた。この状態の部分を除いた谷筋、斜面には土壌層のやや深い場所があり、この部分にヒノキ林が造成されている。このような状況から、白浜一帯は、これまで経済林としては不適なせき悪地とみなされている。

調査区A 4林班3小班に造成された16年生の林分で、モリシマアカシア林の林床に約4000本/haが植栽された林分である。植栽直前に上木を伐りすかし、9年経過した後上木がすべて伐採された。植栽後11年目に枯枝を払う程度の枝打ちが行なわれた。林内に枯死木はないが、ほぼ閉鎖した状態にあり、林床に草本類はない状態であった。過去に4回の施肥が行なわれ、最終の施肥は調査前年に行なわれた。肥料は住友UF入り森林尿素化成肥料特号を使い、毎回、約165

Table 1. General descriptions of surveyed stands

	Stand A	Stand B	Stand C
Date of investigation	Oct. 1984	Aug. 1984	Aug. 1984
Altitude (m)	35-45	25	30
Inclination of slope (degree)	19	5	22
surveyed area (m ²)	155	70	138
Fertilized year	'69, '70, '72, '80	'72, '80	'72, '80
Stand age (yr)	16	24	24
Number of trees (1/ha)	4129	9571	7034
Mean height of trees (m)	8.8	7.6	8.4
Mean DBH (cm)	10.1	7.0	8.4
Basal area (m ² /ha)	33.8	44.4	33.4

kg/ha の施肥が行なわれた。施肥効果のためか、平均樹高と林令から求めた地位は、3等地区分による紀州地方ヒノキ林の1等地をこえ、試験地内でも生育条件のよい林分であった。

調査区B 3林班3小班に造成された24年生林分で、当初、密度効果を調べるために、40000本/ha が植えられた。この林分は、過去に2回の施肥が行なわれ、2回目は調査年の4年前であった。植栽後の手入れはほとんど行なわれていない林分で、林床に草本類はない状態であった。谷筋の平らな場所に設定された調査区の地位は、2等地の中程度に相当した。

調査区C B区に隣接した北斜面の24年生林分で、初期の植栽密度は10000本/ha であった。植栽後の手入れはない林分で、林床にはコシダが生存していた。この調査区でもB区と同様、2回の施肥が行なわれ、この区の地位は2等地の下位に相当した。

2) 調査方法

調査区Aについては、1984年10月の落葉前に、B、C区については、同年8月に試料木を各5本伐倒して調べた。その手法は、従来の森林の生産力調査と同様である。すなわち、調査区内の毎木調査と、標本木の樹高を測定し、調査区周辺から試料木を選び伐倒して諸量を測定し、試料木の胸高直径と樹高 ($D^2 \cdot H$) に対する諸量の相対生長関係を利用して林分の現存量、生長量を推定した。調査区Aに関しては、調査が10月であるために、幹、枝の生長量は当年の生長部分を調べ、B、C区については、最近5年間の平均値を生長量とした。このため、幹の生長量はやや低い推定値であるかもしれない。

葉の生長量は、新部分を区分して測定できないために、1983年11月より1984年12月まで、各調査区内に 0.5 m^2 のリター・トラップ各4個を設定し、毎月採集した落葉量から推定した。

枝の生長量は、試料木を2mの高さに層別刈り取りした際に、各層より2本のサンプル枝を選び、枝が当年に生長した容積を枝解析により求め、推定した。なお、8月に調査したB、C区の枝については、8月までに生長した量の1割増を枝の生長量とした。

結 果 と 検 討

1. 葉の現存量と落葉量

得られた3林分の幹、枝、葉の現存量を表2に示した。調査区A、B、Cの地上部現存量はそれぞれ86.7、118.2、92.3 t/ha と推定され、幹がその80%を占めていた。林分の生産力に注目すると、現存量のうち葉量 (y_L) が特に重要である。調査区A、B、Cの葉量はそれぞれ10.4、11.5、11.1 t/ha と推定され、生長のよい調査区Aでかなりすくない値を示した。生育期間内に測定されたヒノキ林の葉量の平均値⁶⁾ 13.8 t/ha に比べると、各調査区ともその値より低い。斎藤⁶⁾ がまとめたヒノキ林の葉量の度数分布図に従がい、夏の葉量からヒノキ林の平均リター葉量3 t/ha

Table 2. Biomass of surveyed stand

Oven-dry-weight		Stand A	Stand B	Stand C
Stem	(y_s , t/ha)	68.7	98.0	74.4
Branch	(y_B , t/ha)	6.7	8.2	6.8
Leaf	(y_L , t/ha)	10.4	11.5	11.1
Cone and seed	(y_{co} , t/ha)	0.81	0.51	0.13
Total	(y_T , t/ha)	86.61	118.21	92.43
Stem volume	(v_s , m^3/ha)	144.7	184.4	146.4

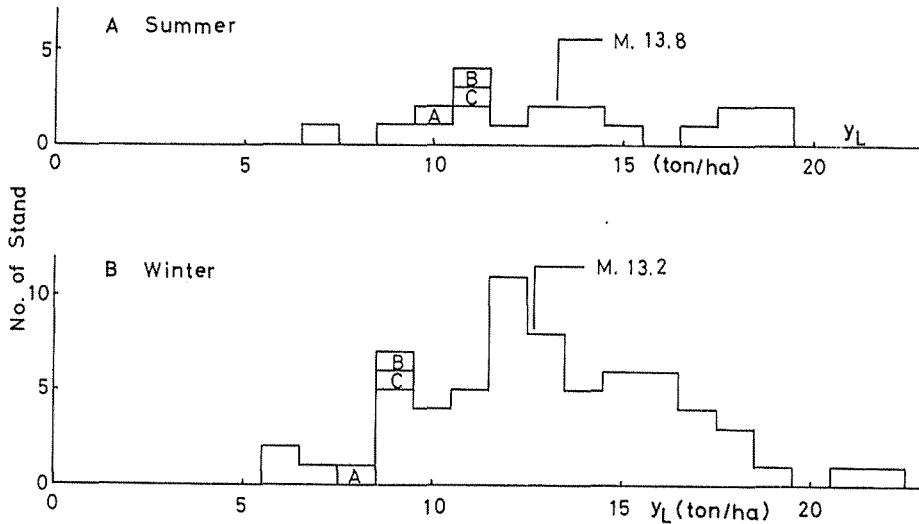


Fig. 1. Leaf biomass (y_L) of three stands and frequency distributions of leaf biomass in Japanese cypress stands in summer survey (A) and in winter survey (B) arranged by SAITO and FURUNO (1982).

を差し引き、冬の葉量に換算し、冬に調べられた葉量の分布図に加えると図1, A, Bとなる。冬に調べられたヒノキ林の葉量の平均値 13.2 t/ha に比べても、今回調べたヒノキ林の葉量はかなり低い値であった。これらの葉量は、斎藤⁷⁾が調べた京都大学農学部上賀茂試験地のやせ地の天然性ヒノキ林での葉量より低い値であった。

落葉量測定から得られた葉の生産量は、A, B, C区でそれぞれ 5.6, 3.4, 3.9 t/ha・yr である(表3)。この量は、斎藤⁴⁾によって長期間調べられたヒノキ林の落葉量約 3 t/ha・yr に比べるとかなり大きな値である。特にA区での落葉量は著しく大きい。葉の寿命の長いヒノキ林では、落葉量の年間変動が大きく、ほぼ妥当な落葉量を得るためには6年の測定期間を必要とすると指摘⁴⁾されている。今回の測定期間が約1年の結果であるので、A区での大きな落葉量は、たまたま多い年に該当したのであろう。

A区での大きな落葉量は、A区のすくない葉量あわせてみると、両者とも特異な値であることが明確となる。後に検討するように、ヒノキ林の落葉量は葉量の20%程度であることが多いが、A区では50%を越え、B, C区でも30%, 35%を占めていた。葉量に対して、このように大きな落葉量を示した背景には、何らかの原因があるに違いない。A区では、調査の前年、すなわち、落葉量測定年に施肥を行なっているが、施肥効果が大きな落葉量として現われたとは考えにくい。施肥による土地条件の改良は、葉量が大きくなる方向へと進むであろう。1984年の夏から秋にか

Table 3. Estimates of net production

Oven-dry weight		Stand A	Stand B	Stand C
Leaf	(Δy_L , t/ha・yr)	5.56	3.44	3.88
Cone and seed	(Δy_{CO} , t/ha・yr)	0.81	0.51	0.13
Branch	(Δy_B , t/ha・yr)	1.07	0.84	0.79
Stem	(Δy_S , t/ha・yr)	8.89	7.10	5.28
Above ground part	(Δy_T , or P_n^* , t/ha・yr)	16.33	11.84	10.08
Stem volume increment (Δv_S , m ³ /ha・yr)		18.9	14.2	11.4

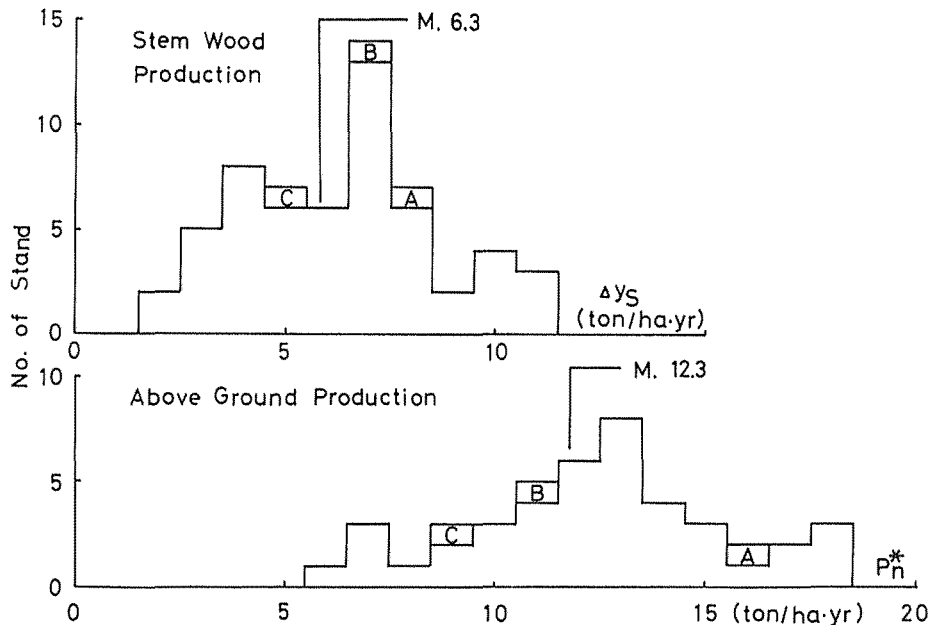


Fig. 2. Production rates of three stands and frequency distributions of stem wood production rates (Δy_s) and of above ground part production (P_n^*) in Japanese cypress stands arranged by SARITO and FURUNO (1982).

けて、和歌山県では30年に一度ほどのきびしい乾燥期が訪れた。この乾燥条件が多い落葉量とすくない葉量という今回の調査結果をもたらしたものと考え。ただし、落葉量の調査は継続して調べる予定であるので、いずれ明らかとなるであろう。

2. 生産速度

3 調査区のアキノキ林の地上部各器官の生産速度をまとめると表3となる。幹の生産速度はアキノキ林の平均値⁶⁾ 6.3 $\text{t/ha}\cdot\text{yr}$ にはほぼ近い値を示し、A, B, C区の枝の生産速度は幹の値に対してそれぞれ12, 12, 15%程度であった。地上部の生産速度 (P_n^*) は10~16 $\text{t/ha}\cdot\text{yr}$ 程度となり、経済林としてのアキノキ林36林分の平均値⁶⁾ 12.3 $\text{t/ha}\cdot\text{yr}$ にはほぼ近い値であった(図2)。

今回調べたアキノキ林の葉量がやや低い結果と、地上部生産速度が経済林に近い値である点を考慮すると、白浜町のアキノキ林では、葉の生産能率がかなりよいことになる。調査区B, Cに関しては、幹材積生長量を低めに推定している可能性もある。このため、葉の生産能率はさらに高い値であるかもしれない。

せき悪地であると思われていた場所のアキノキ林が、経済林に劣らないほどの生産速度を示したことは予想外であった。これは、ひとつには林地施肥の効果であり、他方、この地域が紀伊半島南部の海岸に面し、生育期間が長いなどの条件によるものであろう。

3. 生産物質の葉への配分

当初に指摘したように、純生産量のうちで、葉に配分される比率は地位の異なるアカマツ林²⁾ で差異が認められ、地位の低い林分ほど、生産された物質を同化器官生産のために多く配分していた。この現象は、土地条件に対する植物側の対応として注目されるが、この現象がどのような状態で起きるものか調べておく必要がある。

蜂屋²⁹らは、調査したアカマツ林がほぼ同令であったことから、地位を平均樹高によって示した。この例のように、地位が林令と樹高とから得られるものと限定した場合、これまでに蓄積された森林の生産力調査資料で、地位の推定が必ずしも可能であるとは考えられず、資料の比較検討ができなくなる。地位の高い場所では、一般に林分の生産力が高いので、地位を森林の純生産量（ここでは、

地上部分の生産速度 P_n^* を使用) の大きさによって表わすものとした。この場合、蜂屋²⁹らによる地位 ($\bar{H}$) と P_n^* の関係は図3となり、 P_n^* の増大に対し、 $\bar{H}$ は指数関数的に増大する関係にある。いかえると、 P_n^* が大きい領域にむかうほど、 P_n^* の評価は縮小された推定値となる。 P_n^* を地位の尺度とする場合、この点を考慮しておく必要がある。

蜂屋²⁹らによるアカマツ林の調査結果を、 P_n^* の尺度により葉への配分率 ($\Delta y_L / P_n^*$) を画きなおすと図4になる。 $\Delta y_L / P_n^*$ の値は、 P_n^* が大きくなるほど小さな値となり、ある程度の値で安定した。この図は、蜂屋²⁹らが作成した $\Delta y_L / P_n^* \sim \bar{H}$ 関係とよく似ている。ただし、図4に示された関係で $\Delta y_L / P_n^*$ が大きな値は、 P_n^* がかなり小さな林分だけであることに注意しておく必要がある。

今回調べた白浜町のヒノキ林は、施肥効果のためか、必ずしも土地条件が悪いと断定できず、落葉量も著しく多く、葉の生産速度を推定するために適当な資料であるとは思われない。そこで、同一林分で生産力調査と落葉量調査が行なわれたヒノキ林の資料^{4,6~11)}を加えて $\Delta y_L / P_n^* \sim P_n^*$ 関係を調べると図4となった。ヒノキ林の落葉量には、大きな年間変動があるので、 $\Delta y_L / P_n^* \sim P_n^*$ 関係にはバラツキが大きい。白浜町のヒノキ林の資料を除いて大まかにみると、アカマツ林で得られた結果と同様であった。すなわち、ヒノキ林でも、地位の低い林分ほど、生

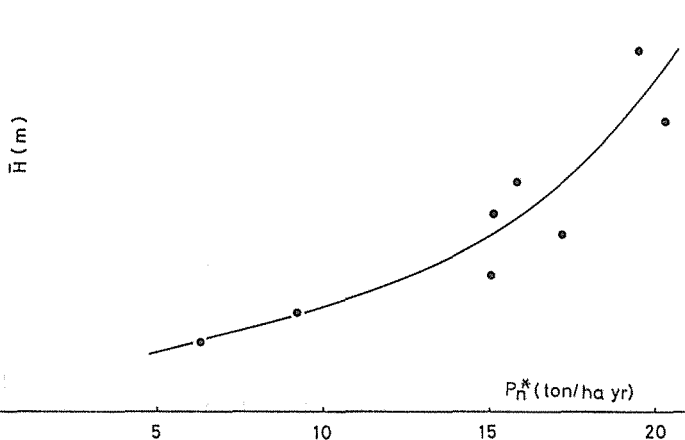


Fig. 3. Relationship between above ground part production rate (P_n^*) and mean height of main trees ($\bar{H}$) in even-aged Japanese red pine stands from data by HATUYA et al. (1965).

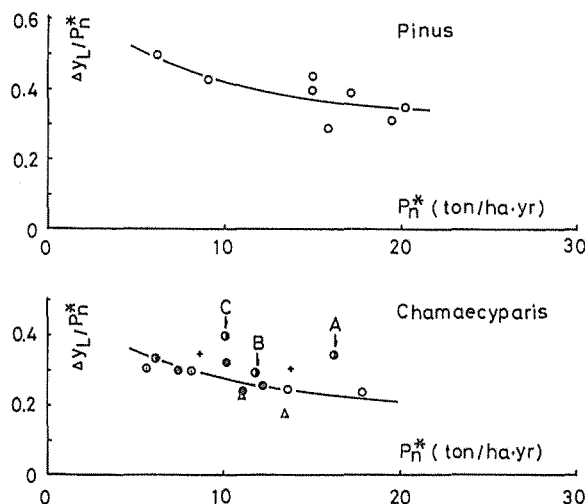


Fig. 4. Relationships between above ground part production (P_n^*) and ratios of leaf production to values of P_n^* ($\Delta y_L / P_n^*$) in Japanese red pine stands from data of HATUYA et al. (1965) and in Japanese cypress stands. A, B and C: Data from this survey, $\circ$: data from SATO (1979), $\bullet$: data from SAITO et al. (1979, 1981, 1982), $\circ$: data from YAMAKURA et al. (1972), Δ : data from KAWAHARA et al. (1979), $+$: data from YUASA et al. (1979).

産された物質の大きな割合を同化器官の生産のために配分していた。その結果として、幹枝への配分がすくなくなることは自明である。 P_n^* が特に小さな領域で同化器官生産への配分が大きくなる傾向は、広葉樹林を含め、生活型の異なる多くの樹種の森林¹²⁾でも認められる一般的性質である。その比率は、アカマツ林では30%から50%程度まで増大し、ヒノキ林では20%から35%程度まで変化した(図4)。

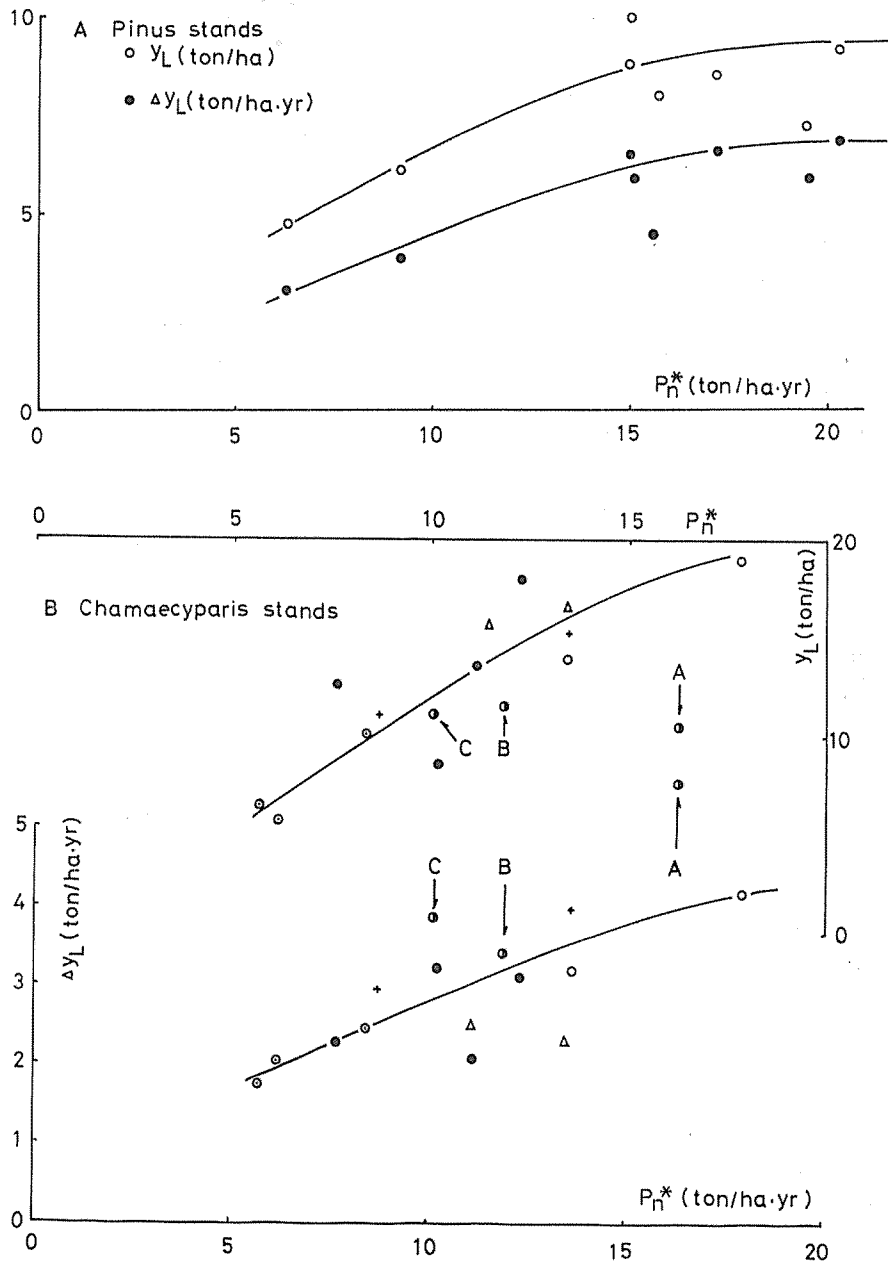


Fig. 5. Relationship between above ground part production (P_n^*) and leaf biomass (y_L) and between P_n^* and leaf production (Δy_L) in Japanese red pine stands from data of HATIVA et al. (1965) and in Japanese cypress forests. Signs of cypress are same as in Fig. 4.

地位の低い林分では、葉の生産への配分比が増大するが、この結果が必ずしも林分当たりの葉の生産速度 (Δy_L) の増大と結びつくわけではない。そこで、林分葉量 (y_L) がどのように維持されているか、調べておく必要がある。

今回検討したアカマツ林、ヒノキ林では、葉量は P_n^* に対して一種の飽和曲線となる。 y_L の値は大きな P_n^* を示す林分ほど大きくなるが、土地条件がある程度に達すると、飽和する。林分葉量は、樹種によってほぼ安定し

た値¹⁾をもつことが知られているが、土地条件が十分でない林分では、未閉鎖状態(未飽和状態)にある。特にアカマツ林より葉の平均寿命の長いヒノキ林で、この傾向が明確である(図5 A, B)。一方、 Δy_L の値も、 y_L の変化に連動した傾向を示し、 P_n^* が小さい領域では Δy_L も小さい。

図4と図5を比較して理解されるように、生産された物質が同化器官の生産に多く配分される領域は、明らかに林分葉量が低い領域である。葉量が飽和し、ほぼ安定した領域では、 Δy_L への配分比もほぼ一定値におちつく傾向がある(図5)。特にアカマツ林の例で、この傾向が顕著である。以上から、 $\Delta y_L/P_n^*$ が大きい林分は、地位が低く、土地条件が不良のため、未閉鎖状態の林分でおこる現象であるとみなされる。 P_n^* が大きく、葉量がほぼ上限値に飽和した領域では、 y_L , Δy_L および $\Delta y_L/P_n^*$ はそれぞれ一定値に安定する。また、この領域内での大きな P_n^* は、蜂屋²⁾らが指摘したように、葉の生産能力を高めることにより実現する。

P_n^* に対する $\Delta y_L, y_L$ の値が連動した変化を示したので、 $\Delta y_L/y_L$ 比(ここでは葉の回転率とする)を調べると、アカマツ林、ヒノキ林ともに P_n^* の変化に無関係にそれぞれ一定値を保つようである(図6)。 $\Delta y_L/y_L = \text{const.}$ となる場合、土地条件に無関係に葉量に対する一定割合が年々更新され、葉量が維持されていることを意味し、土地条件によって葉の平均寿命にも変化のないことを物語る。

地位が低く、葉量が未飽和な林分では、その未飽和状態に対応して、より多い生産物質を葉へ配分し、その場合の葉量の維持機構も理解された。ただし、葉の回転率が常に一定に保たれるかどうかは疑問である。この問題の検討は次の機会にしたい。

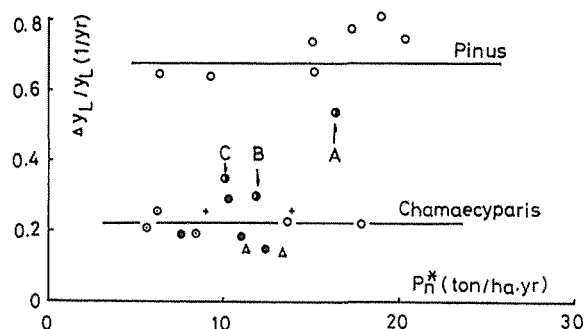


Fig. 6. Relationship between P_n^* and ratio of leaf production to leaf biomass ($\Delta y_L/y_L$) in pine stands and Japanese cypress stands. Signs of cypress stands are same as in Fig. 4.

引用文献

- 1) 只木良也・蜂屋欣二：森林生態系とその物質生産，わかりやすい林業研究解説シリーズ29，林業科学技術振興所編，弘報印刷，東京，pp. 64, 1968
- 2) 蜂屋欣二・棚秋一延・成田忠範：アカマツ天然性林の林分生長の解析，地位のちがいと生長との関係，日林誌，76：161-162, 1965.
- 3) 大島誠一・鬼石長作：御岳山田ノ原のシラビソ林の樹形と生産力について，京大演報，46：51-57, 1974.
- 4) 斎藤秀樹：綿向山山麓にあるヒノキ林のリターフォールの年変化とこれに影響する要因，日生態会誌，31：179-189, 1981.
- 5) 安藤貴・蜂屋欣二・土井恭次・片岡寛純・加藤善忠・坂口勝美：スギ林の保育形式に関する研究，林試報，209：1-76, 1968.
- 6) 斎藤秀樹・古野東洲：尾鷲および上北山にあるヒノキ林の物質生産，日林誌，64，(6)：209-219, 1982

- 7) ———・松下洋・竹岡政治：京都市北部の貧弱な天然性ヒノキ林の純生産速度，京都府大学報・農学 31：59-69, 1979
- 8) 湯浅保雄・菰田誠：地位の異なる30年生ヒノキ林分の生産構造について，静大演報，4：9-13, 1978
- 9) 河原輝彦・只木良也・竹内郁雄・佐藤明・樋口国雄：ブナ天然林とヒノキ人工林の物質生産とその循環，日生態会誌，29：387-395, 1979
- 10) 山倉拓夫・斎藤秀樹・四手井綱英：ヒノキ人工林の物質生産の検討，京大演報，43：106-123, 1972
- 11) SATO, T.: Leaf-litter production in plantations of *Chamaecyparis obtusa* near an Electric Power Plant in Owase, Mie, 日生態会誌，29：205-208, 1979
- 12) 大島誠一：未発表資料

Résumé

To examine the mechanisms of forest productivity corresponding to leaf production on sterile soil condition, the production rate of above ground parts (P_n^*) and allotment ratio of leaf production to the values ($\Delta y_L/P_n^*$) were investigated in three Japanese cypress forests (*Chamaecyparis obtusa* SIEB. et ZUCC.) at Shirahama-chō of Wakayama Pref. The annual production of stem and branch was estimated by the usual allometric method, and leaf production rate was estimated from the total amount of litter collected each month for a year (Table 3). As the productivity of these stands was rather high probably due to the use of fertilizer in the past, and the data of this survey was not adequate for comparing the ratios, the ratios were compared with the many other data on the leaf litter and the net production of Japanese cypress stands.

In the low productivity forest of Japanese red pine, the allotment ratio of leaf production to total production of above ground part was high as shown by HATIVA et al. (Fig. 4). This characteristic was confirmed in the many data of Japanese cypress plantations (Fig. 4). In the range where the values of P_n^* were large or soil condition was fertile, the ratios became stable at a certain value characteristic of each tree species. The leaf biomass of evergreen forests decreased depending on the sterile soil condition (Fig. 5), where $\Delta y_L/P_n^*$ was large. This change in the allotment ratio of leaf production tended to occur in response to the sterile soil condition. Nevertheless, of these changes in the ratios for the forest trees, the ratio of leaf production to leaf biomass ($\Delta y_L/y_L$) in red pine and cypress forests was characteristic to each tree species (Fig. 6).