

林木の生育におよぼす食葉性害虫の影響

古 野 東 洲

Tooshu FURUNO

The Effects of the Leaf-eating Insects upon the Growth of the Forest-trees

目 次

まえがき	177	第3章 マツカレハに食害されたアカマツの生育	198
第1章 林木の生育におよぼす摘葉の影響	179	§ 1 摘葉によるマツカレハ被害の模型試験	198
§ 1 アカマツおよびクロマツ針葉の伸長	179	§ 2 野外におけるアカマツ被害例	198
§ 2 アカマツの生育におよぼす摘葉の影響	179	第4章 考 察	198
§ 3 ムクノキおよびエノキの生育におよぼす摘葉の影響	192	あとがき	201
§ 4 葉量と生長	193	文 献	202
第2章 マツカレハ幼虫の摂食量	198	Résumé	204

ま え が き

林業上、林木を健全に生育させるためには幾多の障害を乗り越えていかなければならない。それが成立している場所の条件によっては土壌的に、また気候的に生長にとって不利な影響をうける場合が多い。さらに森林の生育に対して不利に作用する林内に棲息する動物による害作用もまた重要である。森林には林木や林床植生などの植物共同体のほか、動物の共同体がある。森林を生活の場とする動物たち・昆虫類、草原に生活する動物・昆虫類など各々その生活環境に応じて、それぞれの共同体を植物共同体に依存して形成している。

森林を一つの生態系とすれば、植物共同体を生産者の集団とみた場合に、動物共同体とくに昆虫の共同体はその植物共同体の第一次、第二次、……の消費者の集団とみるのが妥当であろう。

生産者に対する消費者の関係は、林業上林木の生育からみれば害敵である。森林という共同体を木材生産の対象とする林業では、その消費者である害虫の取扱いについて森林保護の立場から、各種の制御操作が実施されねばならない。農業面における薬剤防除の発展から、林業においても薬剤による防除を第一義的手段とする傾向が最近とくに強くなってきた。今日のように有機合成による強力な薬剤が発達し、これらによる薬剤防除が進展すると林内の動物共同体の構成は著しく変化していくものと思われる。薬剤の使用により有力な天敵昆虫を減少させ、そのために害虫の発生をおさえていた制限因子の一つである生物的な面の制限がゆるみ、害虫の防除がますます複雑かつ困難になるのではないかと考えられる。最近、害虫には薬剤という考えとは別に、被害を正確に解析し、可能ならば昆虫共同体の構成をできるだけ乱さずに生態的な防除の手段を構じようとする考えもでてきた。

森林害虫は一次的害虫、二次的害虫というようにも区分され、またその食害する部分も害虫の種類によって異なる。

ここにとりあげた食葉性害虫は第一次消費者であり、一次害虫であって、同化器官である葉を食害することによって、直接林木の生長に関係するとともに、樹勢を衰弱させて、その他の危害をうけ易

くする。元来、森林害虫の被害については著しく激しい被害をうけた場合のみ注目されてきたために、これら害虫の発生と林木の生長との関係についての定量的な解析は乏しい。しかし、森林を常に健全な状態に管理し、効果的に害虫駆除を行なうためには、この関係をできるだけ定量的に解明することが必要と思われる。

食葉性害虫は林木の同化器官である葉を食害することによって林木の生長に直接影響を与え、また森林および樹木のもつ葉量は生長と極めて密接な関係にあるから、これらの害虫の食害の程度と林木の生長との関係を定量的に解析するには好都合である。

食葉性害虫類の生活史、食性などの経過習性については多くの研究、調査報告があるが defoliator として働らくその食害量に関する報告は非常にすくない。森林害虫では Hess の *Dendrolimus pini*, 相沢の *D. sibilicus*, 高木の *D. spectabilis* の摂食量を調べた報告があり、糞については、Gösswald は *D. pini*, 細谷は *D. spectabilis* で調査している。アカマツの最も重要な害虫であるマツカレハについては、この高木、細谷の報告があるのみで、これによっても大体の摂食量は推定できるが、高木はアカマツ針葉の長さで報告し、供試アカマツ針葉の体積あるいは重量に換算することができず、他の針葉を用いて飼育した場合と比較することができない。

defoliator の被害をうけた被害木の生長を解析する実験は古くから試みられ、葉の量と生長との関係については Burger, Busse, 鎬木, 三好, 大平などの研究があり、尾中は摘葉・摘芽・輪載などの処理による肥大生長におよぼす影響を樹木の生理的な面から解析しようとした。また害虫の食害をうけた場合の影響を確かめるために、Craighead, Graham, Linzon, 尾中, 菊谷, 有賀, 伊藤らの摘葉試験が報告され、近年、摘葉の生長におよぼす影響を解析しようとする試みが盛んになってきた。

現実の被害林分については Evenden, Beal, Belyea, Mott et al, Stark and Cook, Redmond, 伊藤, 近藤ら, 西口らの報告がある。

摘葉試験による葉量と生長との関係、被害木の解析によりその生育経過が明らかになれば害虫駆除の手段として行なわれている薬剤撒布をその適期に最も効果のある方法で実施することができるであろう。実際には対象とする被害木がそれほど大きな被害をうけないと考えられる場合には、わざわざ薬剤撒布の労力を使う必要はないと思われる。害虫の発生には、被害の拡大する経過を知ることが必要で、害虫が未だ小さく、その加害が軽微であるうちに以後の加害を推察できることが望ましい。害虫の発生消長調査などによって、目的とする害虫の棲息数の推移はある程度推定でき、それにより害虫の加害がどの程度まで進むか推察することが必要と思われる。

本論文は食葉性害虫の食害とその被害木の生長におよぼす影響を解明する目的で摘葉試験を行ない、葉量の減少と生長との関係を求め、また食葉性害虫のなかでも大形でとくにその食害量が多いと思われるマツカレハ、マイマイガ、クスサンについて、それらの摂食量を明らかにした。そして、このなかでも最も林業と関係の深いマツカレハ——アカマツの関係について、その食害の生長におよぼす影響を解明しようとした。しかしこれら一次害虫とこれに関連する二次害虫、例えばマツカレハ——被害木——マツクイムシの関係などを解明するためには今後さらに明らかにせねばならない幾多の問題が残っているが、この研究が食葉性害虫の防除をより確実に、より有効に行なうための足掛りとなれば幸いである。

この研究は京都大学四手井教授の指導のもとに行なわれたものであり、有益な御助言を賜った岡崎教授、内田教授に厚く御礼申し上げる。また、クスサンの飼育については林業試験場関西支場保護研究室中原室長の指導をうけ、同研究室の飼育設備を使用した。ここに同氏ならびに保護研究室員各氏に厚くお礼申し上げる。なお、第2章2節は京都大学農学部上賀茂育種試験地（当時）の岡本技官との共同研究の結果である。さらに京都大学堤助教授の御指導、岡本講師ほか農学部造林研究室、農学部附属演習林の方々の御助力に対し深く感謝したい。

第1章 林木の生育におよぼす摘葉の影響

アカマツの生育経過を解析してみると、年輪巾が急にせまくなったり、樹高生長が悪くなったりして正常なものに比べると著しくすくない生長をしていることがある。この原因の一つに異常な葉量の減少が考えられる。

葉量の減少の林木の生長におよぼす影響については Craighead, Graham, 尾中, Linzon, 菊谷, 有賀, 伊藤²⁹⁾などが実験を行なっている。またこの他に育林の一手段である枝打と生長量との関係を明らかにするために、葉の量と生長量との関係を求めた報告も多い。葉の量と直径生長との関係については Burger, Busse, 箇木, 三好, 大平, 尾中^{11), 19), 54), 55), 39), 34)~37)}などの研究がある。

本章は食葉性害虫の食害による林木の生長に与える影響を実験的に測定する目的で、人為的に葉を摘み取ることによってその後の生長がどのように変るかを調べた結果について述べる。

§1 アカマツおよびクロマツ針葉の伸長

生育期間中に葉をとると、林木は失なった葉を回復しようとするが、この回復は樹種や摘葉の時期によって異なる。この相異は当然摘葉後の生長に影響を与える。換言すれば、食葉性害虫の食害による被害のうけ方が異なってくるといえるであろう。

過去に、佐多⁶⁰⁾(アカマツ)、尾中⁵⁵⁾(クロマツ)の針葉の伸長に関する報告があるが、いずれも正常な針葉の伸長についての結果で、針葉を伸長中に切断すれば、その後に残された針葉がどのような伸長経過をたどるかについては不明である。

著者は針葉⁵⁵⁾がその伸長中に切断された場合に、針葉は切断後ある程度伸長する現象を観察し、同様のことを菊谷も指摘している。このように切断後の針葉が再伸長^{*}することは、食葉性害虫の食害によって針葉が切断されてもその時期によっては針葉がある程度回復することが考えられ、その回復の程度は被害木の生長に対して大きな影響をもってであろうと思われる。著者は1959年¹⁷⁾にアカマツ、クロマツにつき、針葉の切断後の再伸長経過を調査した。その結果はすでに報告した。

§2 アカマツの生育におよぼす摘葉の影響

広葉樹類では生育途中で葉がなくなることがあっても、間もなく腋芽より新葉を展開する。またこのようなことが度重ならなければ枯れることはほとんどない。針葉樹でも落葉のカラマツでは広葉樹類に近い経過をとるものと思われる。常緑針葉樹であるアカマツ、クロマツでは針葉の伸長中であればそれが切断されても幾分再伸長するが、広葉樹類のように再び新葉をその年に展開することはほとんどないから、生育期間中に食葉性害虫の食害をうけると葉量の損失が大きく、生長に強く影響を与えるであろう。著者はアカマツを用いて食葉性害虫とくにマツカレハに食害された場合に、被害木の生長におよぼす影響を解析する基礎的な資料を得る目的で、人為的に摘葉を行ない、その強度と生長との関係を解析しようとした。

1. 試験方法

- (1) 供試木：供試木は京都府下須知産のアカマツ2年生苗である。
- (2) 試験設定：摘葉時期の違いはアカマツ針葉の再伸長の過程に大きな影響を与えるから、時期別に摘葉することの影響と摘葉の強度を組合わせた次の2つの試験を行なった。

A試験：マツカレハ幼虫の摂食量が非常に多くなる終令期の6月下旬または7月上旬から8月上旬までの期間に重点的に摘葉する(1958年実施)。

* 広葉樹のように新しい葉が展開するのではなく、針葉を伸長中に切断すると残された針葉が伸長することで、正常な針葉の伸長と区別するために使った。

B試験：各月別の摘葉試験として6月から10月まで各月の下旬に摘葉する（1959年実施）。

A, B両試験ともに摘葉処理を3段階に分けた。すなわち、針葉の着いている枝の長さを基準とし、その下部から枝の長さでそれぞれ100% (c), 70% (b), 40% (a)の針葉を摘んだ（1図）。摘葉は針葉をもぎとることなく、ハサミで切断した。マツカレハの食害と同様に処理針葉はそれぞれ葉鞘に包まれている部分（約6～7mm）を残して切断し、全処理をこの方法で統一した。

A試験：京都大学農学部附属演習林上賀茂育種試験地の苗畑を用い、摘葉処理区を前記3段階とし、対照区として無摘葉区と旧葉摘葉区を設け、各処理時期別に4回繰り返しの乱塊法で設計した。なお3段階の摘葉区は旧葉を着けたまま処理した。1処理区の供試本数は24本である。供試木は1958年2月に植え付け、摘葉時期は6月下旬～7月上旬、7月中旬、7月下旬～8月上旬の3時期に分けた。第Ⅰ期は7月1日、第Ⅱ期は7月18日、第Ⅲ期は8月2日にそれぞれ摘葉処理を行なった。測定は7月1日、8月2日、11月5日、1959年5月14日、7月27日、9月28日の計6回、地際直径と樹高について行なった。1959年12月13日には各プロットにつき1本を残し、他は伐りとり地際直径、樹高のほか、幹、枝、葉の各部重量を調査した。残した供試木はなお1年間生育経過を観察し、1960年11月9日に地上部について最終測定を行なった。なお、摘葉処理後直ちに全供試木につき残った針葉量を長さで調査した。

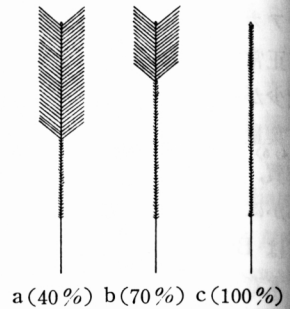


Fig. 1. The model of artificial defoliation.

B試験：京都大学農学部構内の演習林本部苗畑を用い、摘葉処理区はA試験と同様3段階とし、対照区として無摘葉区と旧葉摘葉区を設けた。旧葉摘葉区と3種の摘葉区の合計4処理区は6月の処理の時に旧葉を全部摘んだ。摘葉時期は各摘葉段階につき6月から10月までの5処理時期とし、1処理区の供試本数を24本とし、3回繰り返しの乱塊法で設計した。なお、供試木は1959年2月に植え付けたもので、切断した針葉は各プロットごとにその重量を測り、それから供試木の葉量を推定した。生長量として地際直径、樹高を測定し、第1回の測定は6月の摘葉と同時に、以後は9月14日、11月7日、1960年5月24日、7月19日、12月1日に行なった。12月1日には各プロットに1本を残し、地際で伐りとり、地上部各部の重量をも調査した。残した供試木は1961年10月20日に最終測定を地上部について行なった。

(3) 摘葉量

A, B両試験とも針葉の着いている枝の長さを基準として摘葉処理を行なった。したがって全葉量に対する摘葉量の比率を求めるために、いろいろな枝について、その長さの40%、70%に着いている針葉量を求めた。その結果は本試験の40%摘葉区（a区）は26%から38%までに、70%摘葉区（b区）は50%から64%までに分散し、平均値はそれぞれ32.5%、57.8%となった。c区は全針葉を摘んだ。

2. 試験結果

(1) 測定結果

各測定時の地際直径、樹高を1表に示す。

地際直径、樹高ともに摘葉量が多くなるほどその後の生長が悪くなることは明らかであるが、生長の比較には各処理別の生長量の絶対値で比較せず、次式の生長率計算式を用いた。

$$t_a \text{ 時点から } t_b \text{ 時点までの生長率 } = \frac{\log b - \log a}{t_b - t_a}$$

$\log a, \log b$: a, b 時点の測定値の対数

(2) 摘葉の強弱とその処理時期による処理木の枯死

Table 1. The result of the measurement of diameter at root collar (mm) and height (cm) — average at each treatment 1-1 : A-experiment

period of treat.	date treat- ment	'58. 7. 1		'58. 8. 2		'58. 11. 5		'59. 5. 14		'59. 7. 27		'59. 9. 28		'59. 12. 13	
		D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.
I	Cont.-1	6.0	23.7	6.4	24.6	9.1	27.2	10.9	55.4	13.1	61.5	15.8	69.0	16.4	69.6
	Cont.-2	6.0	24.5	6.4	25.3	9.1	28.0	11.0	56.0	13.5	61.4	16.1	68.1	16.6	68.4
	a	6.2	25.3	6.5	26.3	8.8	28.5	10.4	53.3	12.5	57.0	14.8	63.4	15.4	63.9
	b	6.2	25.0	6.5	25.6	8.6	27.2	9.7	47.3	11.4	48.9	13.4	54.4	13.6	54.7
	c	5.7	23.7	5.9	24.3	7.1	25.5	7.7	41.6	8.7	43.3	10.3	48.3	10.6	48.4
II	Cont.-1	5.9	24.0	6.3	24.8	9.2	28.7	11.1	56.7	13.5	62.0	15.7	67.7	16.3	68.3
	Cont.-2	6.2	24.6	6.6	25.5	9.8	28.7	11.6	55.7	13.8	60.9	16.2	67.7	16.7	68.4
	a	6.2	24.6	6.6	25.5	9.6	28.8	11.0	54.5	13.1	58.0	15.2	65.6	15.8	66.0
	b	6.1	25.3	6.5	26.1	9.1	28.4	10.0	49.5	11.6	51.9	13.4	59.3	13.8	60.1
	c	6.1	23.0	6.4	23.8	7.3	24.5	7.7	37.5	8.2	38.8	9.1	42.7	9.5	43.4
III	Cont.-1	5.0	20.8	5.3	21.5	8.3	23.7	9.6	47.7	12.3	50.8	14.7	56.4	15.3	57.2
	Cont.-2	5.2	21.6	5.5	22.4	8.2	24.4	9.6	48.1	12.2	51.3	14.4	56.9	14.9	58.1
	a	5.2	21.7	5.5	22.5	8.3	24.7	9.4	46.0	11.6	48.5	13.7	55.2	14.1	56.0
	b	5.9	23.6	6.2	24.5	8.7	26.9	9.4	46.7	11.7	48.7	13.7	54.8	14.2	55.5
	c	5.3	21.0	5.6	21.8	6.2	22.9	6.4	33.6	7.2	35.2	8.3	38.3	8.5	39.1

Cont.-1 : non-defoliation

D : diameter at root collar in mm

Cont.-2 : defoliation of old needles

H : height in cm

1-2 : B-experiment

treatment	date month of treat.	'59. 7. 1		'59. 9. 14		'59. 11. 7		'60. 3. 17		'60. 5. 24		'60. 7. 19		'60. 12. 1	
		D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.	D.	H.
a	Cont.-1	9.0	41.5	11.4	44.5	13.0	46.6	13.6	47.5	15.0	73.8	16.9	77.9	20.5	85.9
	Cont.-2	8.5	41.1	10.9	46.1	12.2	47.4	12.5	48.0	13.6	75.2	15.2	77.6	17.7	85.4
	6	8.5	41.7	10.3	43.6	11.8	45.0	11.9	45.9	13.0	69.8	14.6	72.2	17.8	79.5
	7	9.0	39.8	10.9	43.3	12.3	45.2	12.4	45.8	13.4	71.5	14.9	74.0	17.8	82.8
	8	8.8	42.2	10.9	46.6	12.3	48.5	12.6	49.1	13.9	73.4	15.3	76.4	18.3	83.8
	9	9.0	41.5	11.5	45.3	12.9	47.0	13.2	47.8	14.2	72.8	15.6	74.9	18.5	81.8
	10	8.9	41.3	11.2	45.5	12.8	47.4	13.2	48.3	14.1	74.9	15.6	77.3	18.0	86.3
b	Cont.-1	8.3	42.2	10.6	42.6	12.1	46.7	12.5	47.3	13.1	61.6	15.3	73.3	19.2	80.2
	Cont.-2	8.6	42.5	11.7	48.2	12.4	47.8	12.9	48.4	14.8	80.4	15.8	83.9	18.9	87.5
	6	8.8	42.4	10.4	43.8	11.5	45.2	11.8	46.0	13.0	69.2	14.3	71.2	17.6	79.0
	7	8.3	40.3	9.7	41.1	10.7	42.3	11.0	43.0	12.0	63.7	12.9	64.1	15.7	71.2
	8	8.5	41.5	10.4	44.7	11.3	46.0	11.6	46.9	12.5	68.3	13.7	69.7	16.4	76.8
	9	8.5	43.0	10.8	44.8	11.7	46.6	12.0	47.2	12.7	67.8	13.8	69.2	16.5	75.0
	10	8.7	41.4	11.1	44.7	12.5	46.7	12.9	47.3	13.5	70.2	14.7	72.0	17.5	79.8
c	Cont.-1	8.7	42.7	11.4	47.4	13.0	50.1	13.5	50.8	14.6	76.8	16.5	80.3	20.7	87.5
	Cont.-2	8.9	43.6	11.3	47.1	12.9	49.0	13.3	49.8	14.2	75.3	16.1	78.8	20.3	87.1
	6	8.9	42.9	9.5	43.9	10.2	45.2	10.4	45.6	11.1	64.2	12.2	65.5	14.8	70.4
	7	9.1	44.9	9.7	45.7	9.9	46.2	10.0	46.6	10.2	55.9	10.9	58.3	13.1	61.5
	8	9.0	43.8	11.0	46.8	(withering)		"		"		"		"	
	9	9.1	42.3	11.9	45.6	12.3	47.5	(withering)		"		"		"	
	10	8.8	43.4	11.5	46.9	12.8	49.0	13.1	49.2	(withering)		"		"	

摘葉の生長に与える影響の最も大きい場合は供試木の枯死である。枯死木がみられたのはB試験のc処理区のみであった。2表で明らかなように、8、9、10月に摘葉したものは、いずれも処理直後

Table 2. The number of withering individual at 100% defoliation (B-experiment)

month of treat.	date		1959. 9. 14		1959. 11. 7		1960. 3. 17	
	number of individual	number of withering	remarks	number of withering	remarks	number of withering	remarks	
6	24	0	health	0	health	0	health	
7	24	3	1 : weakness others : health	4	1 : before withering others : health	5	1 : weakness others : health	
8	24	0	health	4	13 : weakness 7 : health	22	2 : before withering	
9	24	—	(before treat.)	0	2 : weakness 22 : health	21	3 : weakness	
10	24	—	(before treat.)	0	health	0	beginning of weakness	

month of treat.	date		1960. 5. 24		1960. 7. 19	
	number of individual	number of withering	remarks	number of withering	remarks	
6	24	0	health	0	health	
7	24	5	1 : weakness others : health	6	18 : health	
8	24	24		24		
9	24	24		24		
10	24	8	16 : weakness	24		

から衰弱を始め、翌年の7月には全供試木が枯死した。なお7月処理区でも24本中6本が枯死した。生育期の後半に強度の摘葉を行なうと、たとえ葉鞘の部分が残されても針葉は再伸長せず、それは次第に脱落してしまうものが多く、これらの処理木は同化を行なえなくなった結果、枯死したものと思われる。

(3) 処理当年の生長におよぼす摘葉の影響

100%摘葉の場合には8、9、10月の処理では翌年7月には全供試木が枯死したが、そのなかでも8月区のものほとんどが、年内に枯死または著しく衰弱した。処理区別の摘葉処理当年の生長量を示したのが3表である。

(a) 直径生長におよぼす摘葉の影響

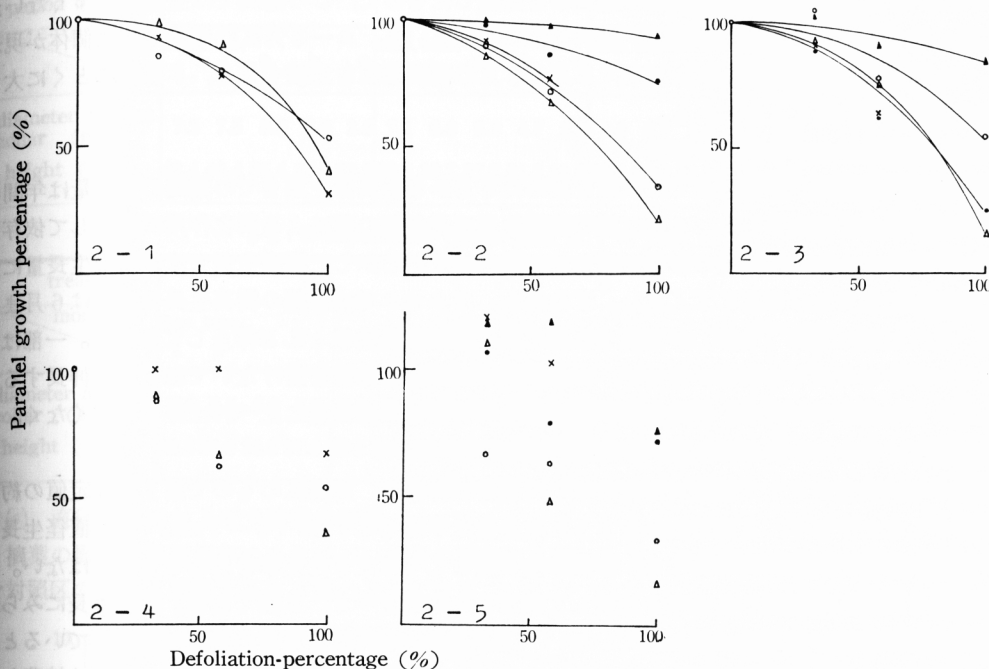
試験開始からその年の11月までの生長率を求め、無摘葉区の生長率を100として、図示したのが2-1、2図である。直径生長には摘葉の影響が処理後すぐに、摘葉が強いほど激しく現われている。一般にアカマツの直径生長は新葉の伸長が終ってから盛んになるとされている。摘葉処理がこのよう

Table 3. The growth in the treatment year
3-1 : A-experiment (from 7.1 to 11.5 in 1958)

period of treat.	I					II					III				
	Cont.	Cont.	a	b	c	Cont.	Cont.	a	b	c	Cont.	Cont.	a	b	c
diameter at root collar (mm)	3.1	3.1	2.6	2.4	1.4	3.3	3.6	3.4	3.0	1.2	3.3	3.0	3.1	2.8	0.9
height (cm)	3.5	3.5	3.2	3.2	1.8	4.7	4.1	4.2	3.5	1.5	2.9	2.8	3.0	3.3	1.9

3-2 : B-experiment (from 7.1 to 11.7 in 1959)

treat.	a										b										c									
	Cont. Cont.		6	7	8	9	10	Cont. Cont.		6	7	8	9	10	Cont. Cont.		6	7	8	9	10									
diameter at root collar (mm)	4.0	3.7	3.3	3.3	3.5	3.9	3.9	3.8	3.8	2.7	2.4	2.8	3.2	3.8	4.3	4.0	1.3	0.8	/	3.2	4.0									
height (cm)	5.1	6.3	3.3	5.4	6.3	5.5	6.1	4.5	5.3	2.8	2.0	4.5	3.6	5.3	7.4	5.4	2.3	1.3	/	5.2	5.6									



2-1 : A-experiment, diameter at root collar 2-2 : B-experiment, diameter at root collar
 2-3 : B-experiment, diameter from 9.14 to 11.7 in 1959 2-4 : A-experiment, height
 2-5 : B-experiment, height

The explanatory notes in Fig. 2 are as follows :

A-experiment

○ : (7.1) △ : (7.18) × : (8.2)

B-experiment

○ : 6-month, △ : 7, × : 8, ● : 9, ▲ : 10

These marks apply in Fig. 3, 4, 5, and 7.

Fig. 2. The comparison of growth percentage in the treatment year.

な時期に行なわれたために、直径生長の減衰が直ちに現われたものと考えられる。

A試験 : I, II, III期の各処理のうち、III期の処理が最も大きな影響を与えていることがわかる。III期処理の各個体は試験の開始から摘葉までの約1カ月間は対照区の個体と同様に正常な生長をしてきたにもかかわらず、生長が最も悪いことは、処理後の生長が他の処理時期のものよりとくに悪かったためと考えられる。とくにc区にその影響が顕著に現われている。強い摘葉をしたものほどその影響が大きく現われることはいうまでもないが、c区の生長率は対照区に比べ最も生長の悪いIII期処理区で約30%で、I期処理区で約50%である。b区では対照区の約80%、a区では約90%の生長を示している。この結果では、旧葉が着いているならば、全新葉量の半分位がなくなっても、処理が7月以前であれば、その年の直径生長率は約20%悪くなるにすぎないことがわかる。

B試験 : A試験と同様にa区では摘葉の影響は他の処理区に比べてすくない。6, 7, 8月の3時

期の処理間には時期的な違いによる影響の差はほとんどみられないが、わずかに7月区がやや影響が大きいようで、対照区の15%程度の生長率減少を示している。b区で6, 7, 8月の3処理区はa区と同じく7月区に影響が大きく現われ、対照区より約35%生長率が低く、8月区でも約25%生長率が低くなっている。c-7月区の生長率は対照区の約20%, c-6月区で約35%で、A試験と同様摘葉後の生長は非常に悪い。c-8月区では11月にはすでにその大半が枯死または枯死寸前の状態にあったので、他の処理区と同じ方法で生長率を求めることができなかった。しかし枯死するのは針葉がほとんどなくなるほど強く摘葉した場合と想像される。2-3図はB試験で2回目の測定の日9月14日から11月7日までの各処理区の生長率を比較したもので、この期間では生長量はすくないが、2-2図と比べれば摘葉直後の影響が一層明らかになっている。c-8月区はすでに枯死個体が現われ、9, 10月両区も翌年には枯れたので、6月と7月の両摘葉区を比較すると、7月区にとくに大きな影響が現われていることがわかる。

(b) 樹高生長におよぼす摘葉の影響

正常な個体の生長で、直径生長では試験を始めた6月から生長休止期までの期間の生長量は年間の生長量の半分以上を占めること、6月以後の直径生長はその年の葉による同化作用に主として依存していることなどのために、摘葉の影響が明らかに現われた。しかし、樹高生長では年間の生長量に比べてこの期間の生長量は非常にすくない。すなわち、アカマツでは年間の樹高生長の大半は6月までに終り、それ以後は頂芽(冬芽)が形成されはじめ、樹高生長はほとんど停止してしまう。一部は土用芽として頂芽の伸長する個体があるが、大多数はこの頂芽が針葉を着けないでわずかに伸長するだけである。この頂芽の伸長は、樹高生長が最大となる5月頃の伸長量に比べれば非常にすくなく、このことは楠木(アカマツ)³⁰⁾、尾中(クロマツ)⁵⁵⁾も認めている。

摘葉当年の樹高生長として測定されたのはこの頂芽の伸長で、対照区のもので第1回測定値の約15%の伸長をしたにすぎず、3表でわかるように生長量は平均で4.7cm(3~7cm)で、直径生長のように摘葉の影響が現われたとしても、年間の生長量としては大きな比率を占めるものではない。

直径生長と同様に対照区の生長率と比較して図示したのが2-4, 5図である。直径生長にみられたように摘葉の影響が規則的に現われていない(B試験)。これは土用芽の伸長が原因していると思われる。したがってこの期間で樹高生長を比較することは適当と思われませんが、とくに強く摘葉した場合にはその影響が現われているようである。

B試験で土用芽を発生した個体数を示すと4表のようになる。このうちで1959年(処理年)の9

Table 4. The number of individual elongated the Lammas shoot (B-experiment)

year	1959							1960						
	Cont. 1	Cont. 2	6	7	8	9	10	Cont. 1	Cont. 2	6	7	8	9	10
a	3	4	2	4	3	4	3	5	8	4	8	7	6	9
b	3	1	2	1	3	1	3	4	7	6	3	6	3	6
c	5	3	0	0	1	2	4	4	8	1	0	/	/	/

月、10月の各処理区は摘葉が土用芽の発生より後であるので Cont.-2区と同じと考えられる。土用芽の発生と摘葉との間にはとくに密接な関係はみられないが、強い摘葉をしたものでは土用芽を伸長することがすくないようである。落葉広葉樹やカラマツでは摘葉でうしなった葉を回復するために新しい芽が伸びるが、アカマツの土用芽の伸長は摘葉とはとくに関係がないようであり、土用芽の伸長は落葉広葉樹やカラマツにみられるような枝葉の再生現象とは違ったものであろう。

(4) 処理翌年の生長におよぼす摘葉の影響

摘葉の翌年にはB・c区の一部は枯死してしまった(B・c-8, 9, 10月の3区は全部, B・c

—7月区は一部枯死)ので、枯死した処理区および個体は除外して考える。強度の摘葉により枯死する個体は処理翌年の新葉の伸長する頃には肉眼的にも判然と区別できるようになる。5月下旬頃に、他の個体が十分に新葉を展開しても、新葉の伸長する徴候のない個体があり、これらはその後間もなく枯死した。この頃たとえ衰弱しているようにみえても新葉を伸長した個体は枯死しない。摘葉処理翌年の生長量を示すと5表のようになる。

Table 5. The growth in the next year of artificial defoliation
5-1: A-experiment (from 1958. 11. 5 to 1959. 12. 13)

period of treat.	I					II					III				
	Cont. Cont.		a	b	c	Cont. Cont.		a	b	c	Cont. Cont.		a	b	c
treat.	1	2				1	2				1	2			
diameter at root collar (mm)	7.3	7.5	6.6	5.0	3.5	7.1	6.9	6.2	4.7	2.2	7.0	6.7	5.8	5.5	2.3
height (cm)	42.4	40.4	35.4	27.5	22.9	39.6	39.7	37.2	31.7	18.9	33.5	33.7	31.3	28.6	16.2

5-2: B-experiment (from 1959. 11. 7 to 1960. 12. 1)

treat.	a										b										c									
	Cont. Cont.		6	7	8	9	10	Cont. Cont.		6	7	8	9	10	Cont. Cont.		6	7	8	9	10									
month of treat.	1	2						1	2						1	2														
diameter at root collar (mm)	7.5	5.5	6.0	5.5	6.0	5.6	5.2	7.1	6.5	6.1	5.0	5.1	4.8	5.0	7.7	7.4	4.6	3.2	/	/	/									
height (cm)	39.3	38.0	34.5	37.6	35.3	34.8	38.9	33.5	39.7	33.8	28.9	30.8	28.4	33.1	37.4	38.1	25.2	15.3	/	/	/									

(a) 直径生長におよぼす摘葉の影響

摘葉の影響は処理当年にひきつづいてその翌年にも現われる。処理翌年の各処理区の年間の生長率を対照区のそれと比較すると3図のようになる。

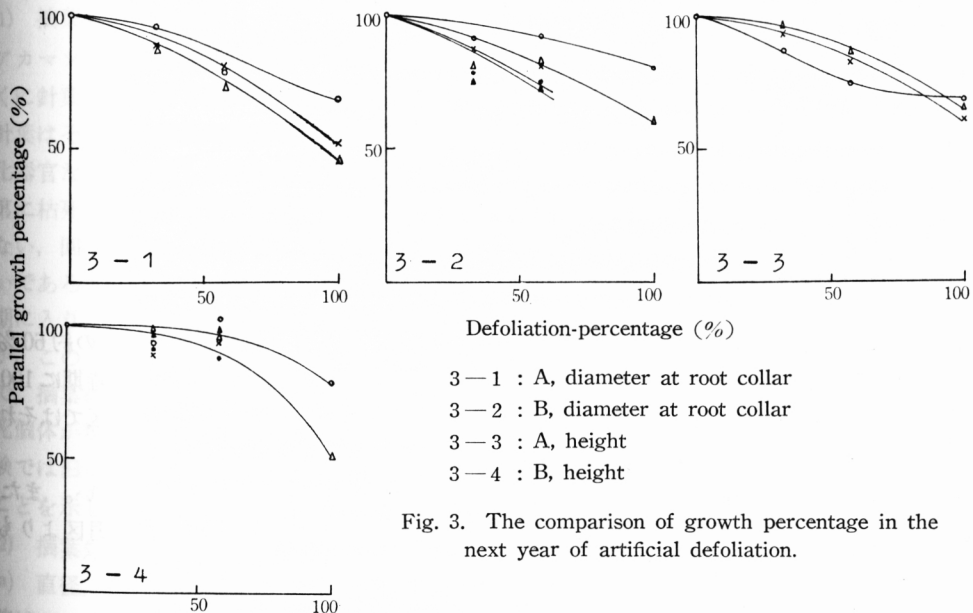


Fig. 3. The comparison of growth percentage in the next year of artificial defoliation.

A試験: a区では対照区より約10%, b区で約20~25%生長率が低い。一方, c区のII, III期は処理時期による差はすくなく, いずれも対照区の約50%で, I期はII, III期より良い生長をしてい

る。分散分析の結果、c区の生長率と対照区のそれとでは、Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ期とも危険率5%で有意差を示した。また処理時期については、c区のⅡ、Ⅲ期間では有意差はみられず、Ⅰ期とⅡ、Ⅲ期とでは有意差がみられた。

B試験：c区で枯死した処理区および個体は生長を比較することはできない。c-6月区で約20%、c-7月区で約40%対照区の生長率より低く、A試験の場合と摘葉の影響は似ているが、本試験の方がやや生長が良いようである。

(b) 樹高生長におよぼす摘葉の影響

A、B両試験ともにc区の樹高生長の減退は著しい。a、b区では処理の影響が両試験で異なった結果となり、A試験がB試験よりも摘葉の影響を大きくうけている。B試験では6月区は摘葉があまり影響していないようであり、摘葉率が60%以下であれば処理翌年の樹高生長におよぼす影響はすくない。

(5) 処理後2年間の生長におよぼす摘葉の影響

(3)、(4)で摘葉処理当年と翌年とに分けて、地際直径生長、樹高生長への影響について述べたが、試験開始から翌年の生長休止期までの2生育期間を通じた生長率を求め、対照区のそれを100として比較すると4図のようになる。

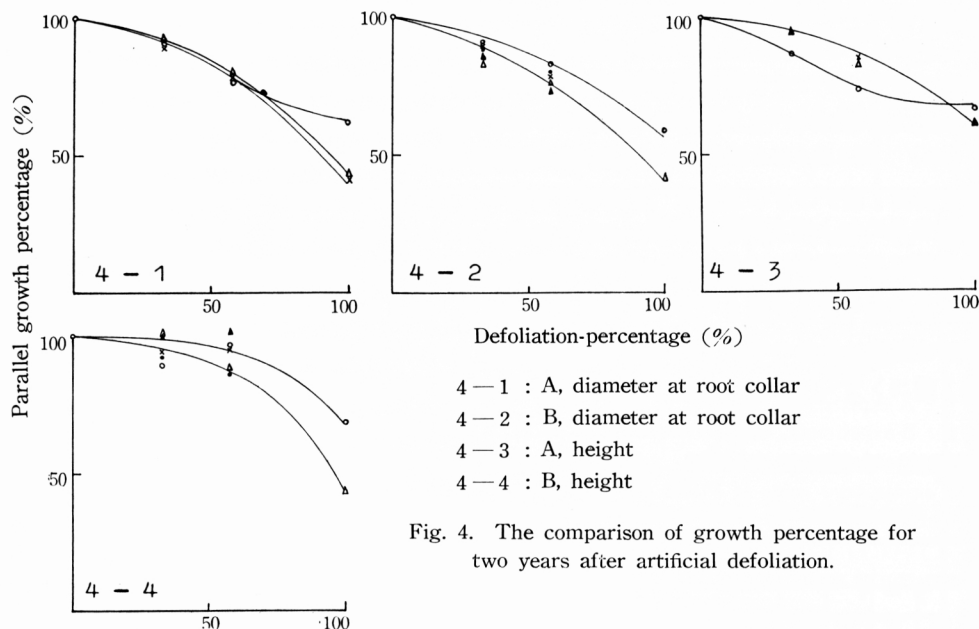


Fig. 4. The comparison of growth percentage for two years after artificial defoliation.

直径生長では、6月下旬に100%摘葉した区(A・Ⅰ-c, B・c-6)では対照区の約60%、7月下旬の摘葉区(A・Ⅲ-c, B・c-7)は40%強の生長をしたにすぎず、この時期に100%摘葉すると、たとえ枯死しなくとも非常に大きな生長減退を示すことがわかる。a、b区ではそれぞれ10~15%、20~25%の生長減退を示し、処理の時期的な差はあまりみられない。

樹高生長では、摘葉率が60%以下であればその影響は直径生長ほど明瞭には現われない。また10月に摘葉すると、ほとんどその影響はない。c区では、枯死した処理月は別として、6月区よりも7月区の方が生長量の減退が大きく、とくにB試験でこのことが明瞭に現われている。

(6) 摘葉処理後3年目の生長

A、B両試験ともに処理翌年の生長休止期に、各プロットに1本を残し他は伐りとり測定したが、残した1本はさらに1カ年の生長経過を測定した。各プロットに供試木は1本であるから個体差の影響

響があり、摘葉の影響をみるには十分と思えないが、大体の傾向はみられるものと考えられる。処理後3年目の年間の生長量を示すと6表のようである。

Table 6. The growth in the third year after artificial defoliation
6-1: A-experiment (from 1959.12.13 to 1960.11.9)

period of treat.	I					II					III				
	Cont. Cont.		a	b	c	Cont. Cont.		a	b	c	Cont. Cont.		a	b	c
	1	2				1	2				1	2			
diameter at root collar (mm)	13.9	17.4	14.7	15.0	10.8	12.2	14.4	17.3	14.8	10.7	14.6	11.2	16.2	14.8	7.1
height (cm)	33.8	39.7	39.5	36.0	32.8	37.7	42.8	40.3	36.3	34.7	44.0	46.8	48.5	47.5	21.2

6-2: B-experiment (from 1960.12.1 to 1961.10.20)

treat.	a								b								c							
	Cont. Cont.		6	7	8	9	10	10	Cont. Cont.		6	7	8	9	10	Cont. Cont.		6	7	8	9	10		
	1	2							1	2						1	2							
diameter at root collar (mm)	16.5	19.9	17.0	10.9	17.8	16.9	18.9	13.2	14.4	17.0	16.8	18.0	16.6	21.4	18.1	17.4	17.1	15.4	/	/	/			
height (cm)	65.6	57.0	46.7	37.4	54.7	43.6	61.3	40.3	44.7	45.6	49.0	40.3	52.7	57.3	57.6	35.3	44.3	43.3	/	/	/			

c区はまだ摘葉の影響が残っているが、a、b区はなくなったと考えてもよいであろう。c区でこれまでに最も摘葉の影響を大きくうけた処理区(A・III-c, B・c-7)ではまだ生長が回復していない。しかし6月下旬の摘葉区(A・I-c, B・c-6)ではそれほど大きな差は現われていない。

3. 考 察

(1) 摘葉処理木の枯死

アカマツでは生育期間に摘葉すると、摘葉率、摘葉時期に応じて生長が悪化することがわかった。とくに針葉の伸長終了後に100%摘葉すると、ただ1回の処理で枯死する。

針葉はその年の伸長の終る8月以後には回復能力はないので、8月以後に100%摘葉された個体は同化器官なしで生活しなければならない。残っているのは葉鞘に包まれた部分の針葉だけで、それも次第に枯死脱落してしまうから、以後は全く針葉のない状態になる。枯死はこのように針葉を全くうしない、回復しなかったために同化が行なわれず、呼吸との調和が破れた結果おこったものと考えてよいであろう。B・c-10月区のように、おそい時期に摘葉されたものは、処理後間もなく生長休止期に入り、翌年の新葉を伸長するまで枯れずにもちこたえ、個体によっては新葉を出す可能性もあるが、このような個体はなかった。B・c-7月区にも枯死個体が現われたのは、摘葉時期が7月下旬で、摘葉後の針葉の再伸長量は非常にすくなかったので枯死したものと考えられる。B試験に一部枯死個体が現われたのとほぼ同じ時期に処理したA・III-c区に枯死個体がみられなかったのは、A試験では旧葉を残したためと思われ、旧葉があれば新葉を全部失なったとしても、枯死することはないことを示していると考えられる。

(2) 摘葉処理木の生長減退

(a) 直径、樹高生長について

前述のように摘葉の生長に与える最も大きな影響は処理木の枯死となって現われるが、そうでなくとも摘葉の強弱に応じて処理木はそれぞれ対照木よりも生長が悪くなる。直径生長に与える摘葉の影響は処理直後から現われ(3表, 2-1, 2, 3図), 翌年も続いて生長減退をおこす(5表, 3-1,

2 図)。樹高生長に与える摘葉の影響は処理当年には直径生長にみられるほど大きくない。処理した時期には当年の樹高生長はほとんど終っており、摘葉の影響が現われたとしても、生長量としてはそれほど大きくなり（3 表）、処理の翌年に最も強く影響が現われる（5 表、3-3、4 図）。これはアカマツの樹高生長は主として生育初期に集中するという、その伸長には前年度の貯蔵養分量が主として影響することなどによるものと考えられる。

枯死は全針葉を摘葉した場合におこるが、生存を続けられる最少の葉量を知るには、この A、B 両試験だけでは求められない。しかしおおよそ次のように考えてよいであろう。B 試験で枯死した処理区を除き最も摘葉の影響が大きかった c-7 月区で枯れなかった個体の摘葉量と生長休止期に再伸長している残葉量とから、みかけの摘葉率 $\left(\frac{\text{摘葉量}}{\text{摘葉量} + \text{残葉量}} \times 100\% \right)$ を求めると最大は約 90% となり、平均で約 86% になった。この値は正確には摘葉率とは一致しないが、処理木の生長に与える影響を考える場合に、正確な摘葉率とこのみかけの摘葉率とで大きな差がないものとする、全針葉の 85-90% 位は摘葉されても自後の生長は非常に悪くはなるが、他の原因が加わらない限り、摘葉だけでは枯れることはないと推定される。

A、B 両試験を比較して、処理当年の直径生長にはほぼ同じ時期の処理で B 試験が A 試験より摘葉の影響を大きくうけた結果を示している（2-1、2 図）。これは A 試験では旧葉を残し B 試験では旧葉を摘んだにもかかわらず、摘葉率を A、B 両試験で同じにしたためと思われる。とくに c 区にその差が顕著に現われ、摘葉率が 1958 年と 1959 年の違いおよび場所の違いはあるが、ほぼ同時期に処理した A・III-c 区と B・c-7 月区で、後者に枯死個体が現われたことから、摘葉しなかった旧葉の働きが大きな影響をもっているものと推定される。a、b 区では処理しなかった新葉の働きが非常に大きく、とくに旧葉の有無で明らかな差が現われるほどでなく、c 区にみられたように A、B 両試験の差は現われていない。すなわち生長に關与する旧葉の働きは新葉が全くうしなわれたときに大きく、新葉が約 40% も残されれば、旧葉の存否は生長に大きな影響をしめさないようである。

年間の直径生長は前半は主として前年の貯蔵物質により、後半は新葉の同化産物によって行なわれるものと考えられている。摘葉翌年の生長を年間を通じてみれば 3-1、2 図であるが、新葉の伸長以後の生長がどのようなものであるかを知るために 5 図を描いた。5 図は A 試験では 1959 年 7 月 24 日から

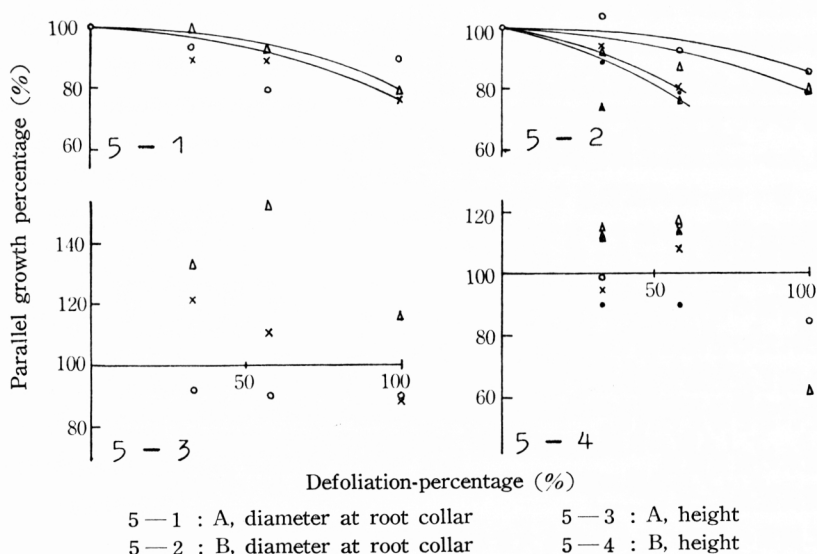


Fig. 5. The comparison of growth percentage from July to December in the next year of artificial defoliation.

12月13日まで、B試験では1960年7月19日から12月1日までの生長率をこれまでと同様に対照区の生長率と比較したものである。新葉が伸長し終わった後も摘葉した各区は対照区よりも生長率が小さく、摘葉の影響が残っている。樹高生長で4-3, 4図でみられた処理区の生長減退は生長期の前半の生長に著しく現われた結果と思われ、後半では5図のようにc区にわずかに摘葉の影響がみられるが、他の処理区ではみられない。

2~5図のように程度の差はあるが、摘葉による生長の減退は明白で、摘葉処理後2年間の生長を摘葉率とその処理時期とで立体的に表わすと6図のようになる。なお枯死した処理区は生長率0として描いた。

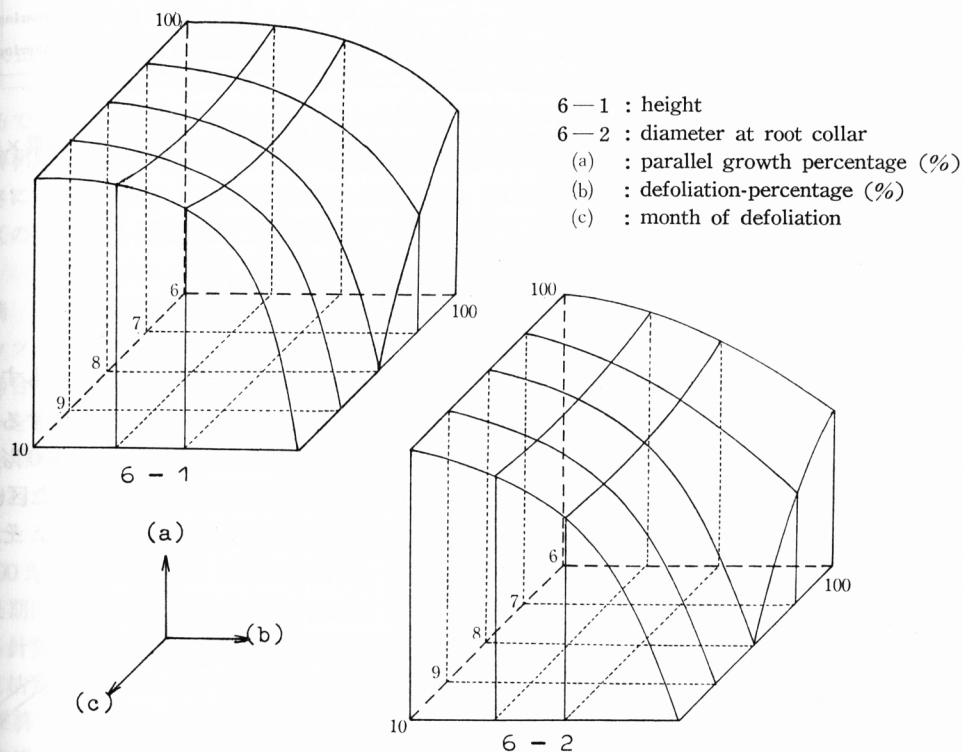


Fig. 6. The effect of defoliation-percentage and its month upon the growth of red pine. (B-experiment)

6図より最も摘葉の影響を大きくうけるのは8~10月に100%またはそれに近い針葉を摘んだ場合で、その他の場合はこれに比べればその影響はすくない。

Table 7. The average fresh weight of stem at each treatment (g)
 7-1: A-experiment

period of treat.	I			II			III		
	'58. 7. 1	'58. 11. 5	'59. 12. 13	'58. 7. 1	'58. 11. 5	'59. 12. 13	'58. 7. 1	'58. 11. 5	'59. 12. 13
Cont.-1	4.2	10.0	57.5	4.2	10.4	57.7	2.8	7.3	43.7
Cont.-2	4.4	9.9	59.9	4.7	11.6	60.2	3.1	7.3	42.2
a	4.6	9.6	47.0	4.5	11.2	51.9	3.0	7.4	37.8
b	4.7	8.7	34.0	4.6	10.0	38.1	4.2	8.9	38.5
c	3.8	5.9	21.0	4.1	6.0	16.0	3.1	4.3	12.5

7-2 : B-experiment

treat.	date month of treat.	a			b			c		
		'59. 7. 1	'59. 11. 7	'60. 12. 1	'59. 7. 1	'59. 11. 7	'60. 12. 1	'59. 7. 1	'59. 11. 7	'60. 12. 1
Cont.-1		14.2	31.7	111.4	12.7	27.7	101.9	13.9	33.4	125.4
Cont.-2		12.3	25.4	103.1	13.9	29.9	116.1	14.7	31.8	117.6
6		13.6	27.2	86.4	14.4	24.5	86.8	14.7	19.5	59.0
7		13.8	26.9	81.5	12.4	20.5	71.1	15.9	18.7	39.9
8		13.9	28.7	95.2	13.8	24.0	74.7	15.2	withering	withering
9		14.5	31.1	103.0	14.6	25.8	77.7	15.0	29.0	withering
10		14.1	30.0	93.3	13.6	29.0	87.3	14.3	32.1	withering

(b) 幹の重量生長について

幹重量の推定のためA, B両試験ともに最終時の伐りとり測定値をもとに地際直径の自乗×樹高に対する幹重量の関係を求めた(1, 2式)。

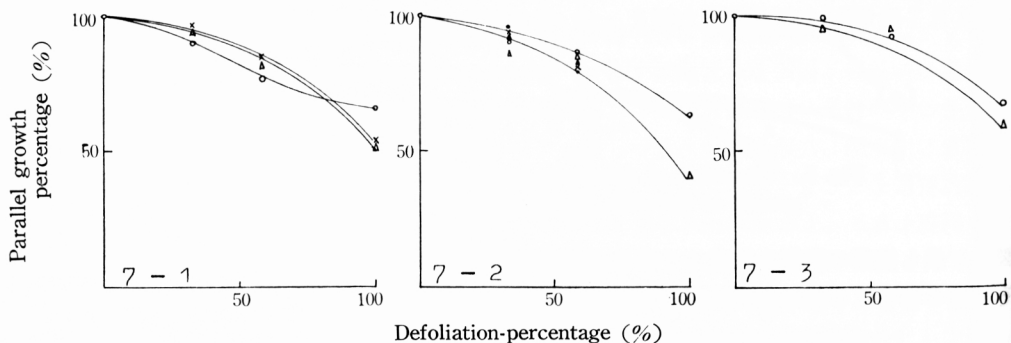
A試験 : $\log S_w = 0.846 \log (D^2 \cdot H) - 0.17314 \dots \dots \dots (1)$

B試験 : $\log S_w = 0.893 \log (D^2 \cdot H) - 0.21424 \dots \dots \dots (2)$

(S_w : 幹生重量g, D : 地際直径cm, H : 樹高 cm)

(1), (2) 式より推定した各処理別平均幹重量を示したのが7表である。

c区では2年後には対照区に比べてほとんどが $\frac{1}{3}$ 以下になっている。摘葉の影響の最もすくないa区でも対照区より軽い。地際直径, 樹高の場合と同様に, 各処理区の重量生長率を比較すると7-1, 2図のようになる。地際直径, 樹高の生長経過から推測されるように, 7月下旬に100%摘葉した区の生長が最も悪く, 2年後には対照区に比べて40~50%, 6月下旬に100%摘葉した区は60~65%となっている。a, b区ではc区でみられるような処理の時期的な差は明らかでなく, それぞれ対照区の85~95%, 75~85%の生長率を示している。



7-1 : A, stem weight 7-2 : B, stem weight 7-3 : B, stem volume

Fig. 7. The comparison of stem-growth percentage for two years after artificial defoliation.

(c) 樹幹解析による生長量の比較

B試験で最後に残された54本を最終伐りとり調査後, 樹幹解析した。処理別に年間の平均単木材積生長量を示したのが8表である。摘葉後3年目になってもc区のような強度の摘葉をすれば依然として年間の材積生長量は対照区よりもすくない。

材積生長率を求め, 対照区と比較したのが7-3図である。幹重量生長より求めた7-1, 2図とこの7-3図とは大きな違いはない。これは推定幹重量をもとに考察したことが正しかったという根

Table 8. The annual stem growth without bark calculated by the stem analysis (cm³)

year	treat.		a					b					c		remarks
	Cont. 1	Cont. 2	6	7	8	9	10	6	7	8	9	10	6	7	
1959	12.4	14.3	9.7	10.2	13.1	16.2	12.2	12.5	12.6	9.0	7.1	10.5	6.1	6.3	in the defoliated year
1960	46.2	46.7	41.4	35.7	42.0	58.4	45.2	37.4	36.0	28.1	24.2	27.8	23.2	16.4	in the next year after defoliation
1961	251.4	269.8	231.3	186.0	246.2	203.5	342.7	239.2	231.5	200.6	190.7	276.4	174.9	169.0	in the third year after defoliation
	313.3	334.5	285.3	234.8	303.2	283.0	403.9	290.5	283.2	240.2	225.6	318.2	208.8	196.5	stem volume without bark in 1961

抛になるであろう。

樹幹解析結果より一部の供試木の材積生長経過を示すと8図になる。これらの各供試木は試験開始の大きさに差があるが、対照区が最も良い生長をし、 $a > b > c$ 区の順で生長し、とくに摘葉の翌年にはc区の生長が最も悪いことが明らかである。

4. 摘 要

アカマツがその生育期間中に針葉をうしなった場合、自後の生長にどのような影響があるかを解析する基礎として、アカマツ幼令木を用いて時期別に摘葉に強弱をつけて処理を行ない、生長経過を測定し、次のようなことが明らかになった。

1. 100%摘葉した場合、摘葉時期が針葉の伸長期間であれば、摘葉後葉鞘内に残っている針葉がある程度伸長し、その結果処理木は枯死しなかったが、摘葉時期が針葉の伸長終了後であると処理木は枯死する。この場合、処理した年に枯死しなくとも、翌春新葉を展開することなく枯死する。7月までに摘葉されて枯死せずに生存しているものでもその生長は非常に悪く、処理時期により差がみられるが、処理後2年目の生長休止期には、直径で無摘葉木の生長率の40~60%、樹高で45~70%、材積で40~60%を示し、その生長に大きな差が現われ、処理後3年目にも完全に正常に復さなかった。

2. 摘葉の影響は直径生長には処理直後現われるが、樹高生長には処理の翌年大きく現われる。摘葉率が50~60%以下であれば樹高生長のうける影響は翌年だけで、処理後3年目には、その影響がなくなる。

3. 摘葉率が約30%以下では、その影響はすくなく、処理後2年目の生長休止期には対照木に比べて、直径で10~15%、樹高で0~10%低い生長率を示し、摘葉率50~60%ではそれぞれ15~25%、0~25%対照木より低い生長率を示している。しかしこれより強い摘葉をするとその影響は急増するようである。

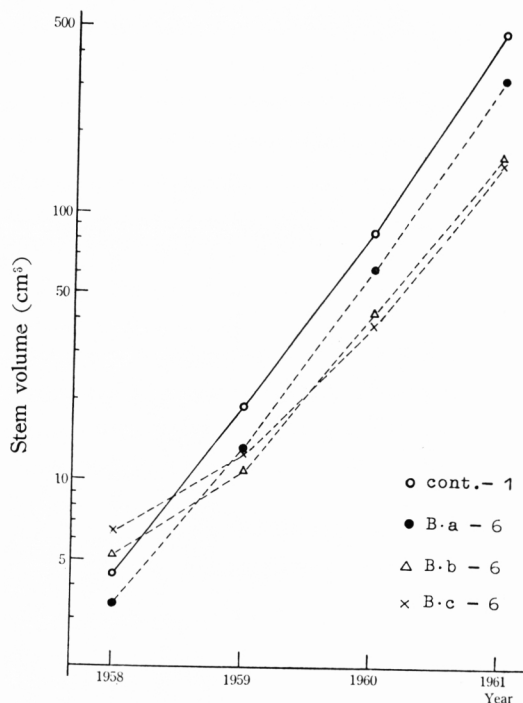


Fig. 8. The growth of stem volume.

4. 摘葉率が50~60%以下で、生育の終期近くの処理(10月処理区)では樹高生長にはほとんど影響を与えないようである。

5. とくに強い摘葉を行なわない限り、その影響は2年目までで、3年目にはほとんど回復するようである。しかし摘葉の影響のため、2年間に樹体の大きさに差が現われ、この差を回復することは非常に困難と思われる。弱い摘葉のものではその影響もすくなく、この生長差を回復することが可能と思われるが、一度でも針葉を60%以上うしなうと、大きな生長減退をおこし、無摘葉木と同じ大きさの個体に追いつき、同じ生長率に回復するにはさらに長年月を要するであろう。

§3 ムクノキおよびエノキの生育におよぼす摘葉の影響

常緑針葉樹のアカマツでは2節で述べたように摘葉の影響をかなり鋭敏にうけることがわかった。しかし落葉針葉樹のカラマツではアカマツのように摘葉の影響を鋭くうけることはなく、とくに摘葉——枯死の關係に相異がみられ、広葉樹でも摘葉の影響をうけにくいのではないと思われる。ムクノキ、エノキの2落葉広葉樹種を用いて、生育期間中の葉のそう失が自後の生育経過にどのように影響するかを明らかにしようとした。

1 試験方法

この試験は京都大学農学部構内の演習林本部苗畑で行なった。供試苗のムクノキ、エノキともに2年生苗で1959年4月初旬に植え付けた。処理は5月より9月まで毎月下旬に行ない、時期別の5摘葉区と対照区の6処理区を4回繰り返しの乱塊法で設定した。供試本数は1処理区16本、合計96本である。処理は各時期ともに100%の摘葉で、その強弱による試験は行なわなかった。葉は腋芽を傷つけないように葉柄をハサミで切断した。測定は5~10月下旬の計6回地際直径と樹高につき行なった。

2. 測定結果および考察

試験開始の5月下旬の地際直径、樹高の全供試木の平均値はムクノキで3.5 mm, 38.0 cm エノキで3.7 mm, 37.3 cmであった。各処理区の両樹種の生長経過を示すと9図になる。

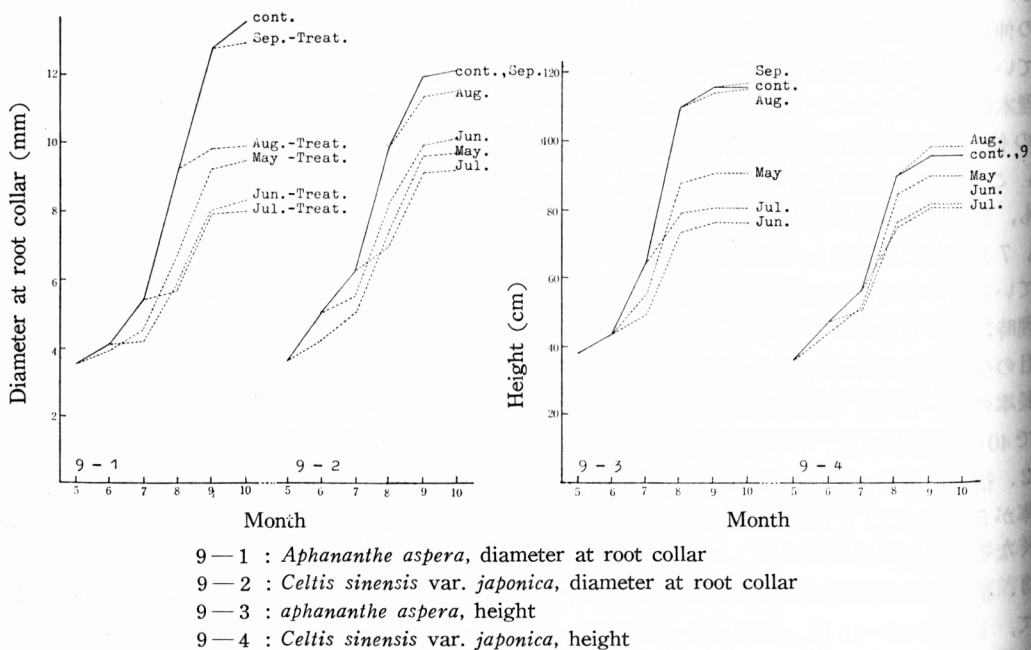


Fig. 9. The growth of *Aphananthe aspera* and *Celtis sinensis* var. *japonica* after artificial defoliation.

両樹種の生長は直径、樹高ともに7~8月が最大で、直径生長は8~9月が、樹高生長は6~7月がついで盛んである。9月以後はわずかに肥大生長しているが伸長は停止している。摘葉の影響は処理後1カ月間に激しく現われるが、その後は新しい葉が展開し、徐々に回復するものようである。摘葉した個体は処理後新しい葉を展開し、枯死したものは1例もなかった。

エノキに比べてムクノキの方が摘葉の影響をより大きくうけている。ムクノキの5~8月処理のものは直径生長で対照区の約5~6割となり、9月処理のものにはほとんど差が現われていない。樹高生長では5~7月処理のものは対照区の約5~6割となり、8、9月処理のものはほとんど差が現われていない。エノキでは直径で5~7月処理のものが対照区の約6~7割、8月処理のものは9割強になっている。樹高生長では6、7月処理のものが対照区の約8割、5月処理のものが9割、9月処理のものはほとんど摘葉の影響をうけていない。これはエノキでは9月の処理の時には対照区のものでも落葉を始めた頃で、それが人為的にすこしはやめられただけにすぎなかったことによると考えられる。なお、8月処理のものは樹高生長で処理後対照区よりもよく生長している。ムクノキでは9月の測定後、対照区、5~7月処理のものは全く樹高生長をしていないにもかかわらず、8、9月処理のものはすこし生長している。これは摘葉によりなくなった葉を回復しようとして季節的にはおそいにもかかわらず新しい葉を展開したためで、エノキの8月処理のものも同じである。このようにおそい時期に伸長した新条は寒さに対する抵抗性ができていないためか冬期に枯死した。

以上、2樹種より得た結果から推定すると、落葉広葉樹では100%摘葉しても一度の摘葉では枯れることはなく、^{*}カラマツとよく似た結果を示し、摘葉の影響は処理後の1カ月に大きく、その後次第に回復し、生長に与える影響はアカマツほど大きくはないようである。

§4 葉量と生長

生長は葉による同化の結果として現われる。一般に葉量と生長量とはほぼ比例し、葉量により生長量は規整されていると考えられる。摘葉による生長量の減少は本質的には葉量減少による同化物質減少の結果であり、摘葉後の生長を左右するものは同化物質の多少であると考えてもよいであろう。枯死しないためには樹体の呼吸量に見合うだけの同化を行なうに必要な葉量がある。またどれだけの葉量がどの期間の生育に関係したかも明らかにする必要がある。生育期間中に摘葉した場合には摘葉するまでに生産にあずかっていた葉量と時間とが生長に影響するものと思われる。これまで摘葉の生長に与える影響がそれぞれ摘葉時期、摘葉量の違いによってどう変わるかを考察してきたが、この問題は葉量と生長量との面から一括して考えることができるであろう。

1. 年間の生長量

ある一定期間の生長量は、その期間に同化にあずかっていた葉量の多少を比較することにより比較することができると思われる。樹幹のみの生長量を考える場合も葉量を基礎として考えても差し支えないであろう。

10-1図はB試験で生長休止期に対照区で求めた葉量と年間の生長量(皮なし幹材積)の関係である。1959年から1961年までの3カ年につき各年毎に図示したもので葉の同化能力には年による差が多少あるようである。同化を支配する光、温度、水分、養分などの年による差が原因しているものと考えられるが、この点は本試験では明らかにすることはできない。しかし同一年では直線の勾配はほぼ1になり、樹体の大小、葉の多少などにかかわらず葉の同化能力は大体同じであることを示している。

同様に処理区について両者の関係を求めると10-2図のようになる。これらの個体は摘葉した年には生長期の途中から葉量に変化しているから、生長休止期の葉量と生長量とは必ずしも生育期間を

* 1963年の摘葉試験で、イイギリでは100%一度の摘葉で一部枯死した個体があった。

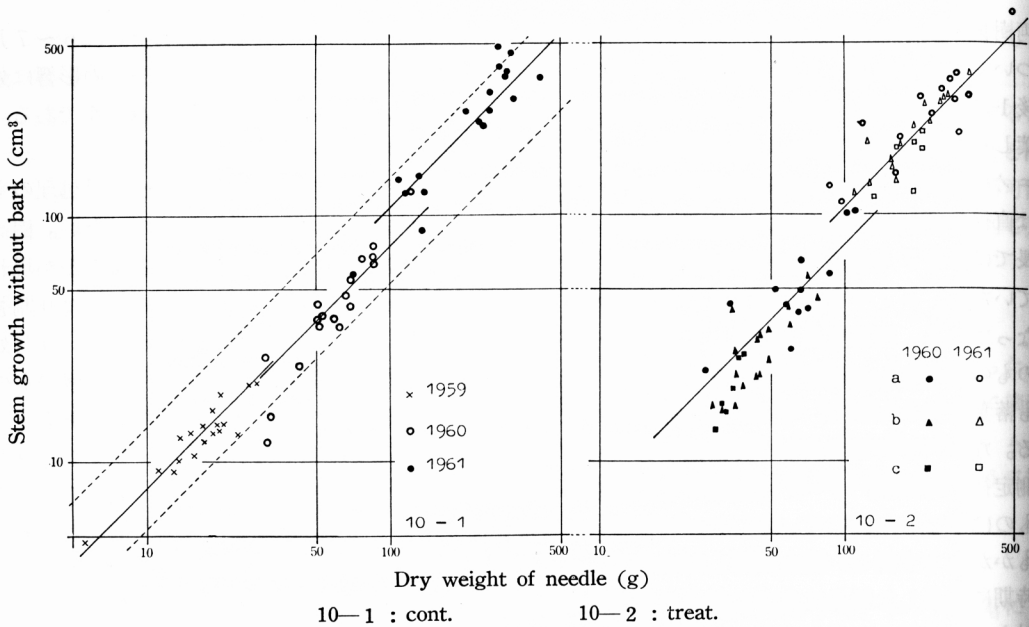


Fig. 10. The correlations between annual stem growth and needle-weight.
 (The lines in Fig. 10-2 are the same with them in Fig. 10-1)

通じて同化作用に関与した葉量と生長量との関係を示さない。ゆえに 10-2 図には摘葉翌年と 3 年目の両者の関係を描いた。摘葉翌年の 1960 年の処理区のは葉量に比し材積生長量がすくない。摘葉後 3 年目の 1961 年には大部分が対照区とほぼ同様な範囲に入る。このことから 2 節で推定したように 3 年目には摘葉の影響から回復していると考えてよいであろう。

10 図では葉量と材積生長量を比較したが、生長量に新葉量を加えて図示すると 11 図のようになる。本図の縦軸は幹材積生長量を乾重量に換算し、新葉の乾重量を加えた値で示した。処理区も対照区も全く同じ関係を示し、幹材積生長のように処理による差は現われていない。処理区は前年の摘葉の影響から回復しようとして、新葉発生に、より多くのエネルギーを消費したため、10-2 図にみられたように摘葉翌年の幹材積生長量が葉量の割にすくなかったのである。

2. 葉積と生長量

(1) 葉 積

葉の同化産物として樹体の生長が行なわれているのであるから、葉の同化能力とその同化に働いている時間により純生産量——生長

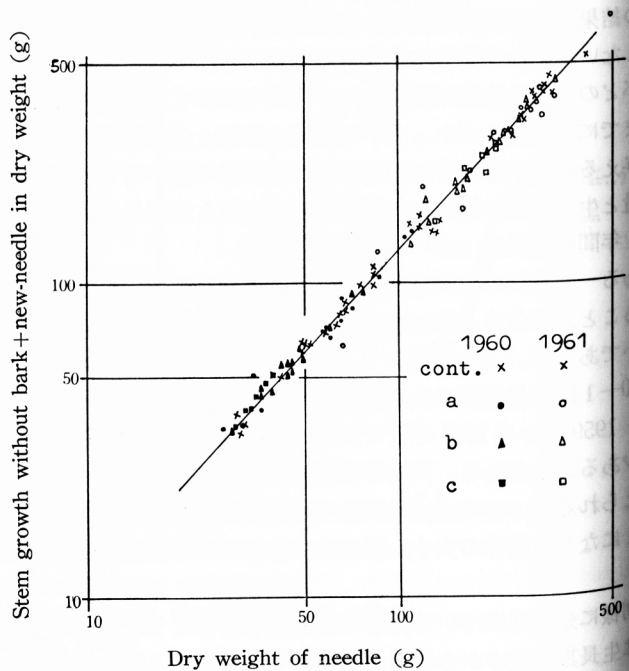


Fig. 11. The correlation between annual growth (stem+new-needle) and needle-weight.

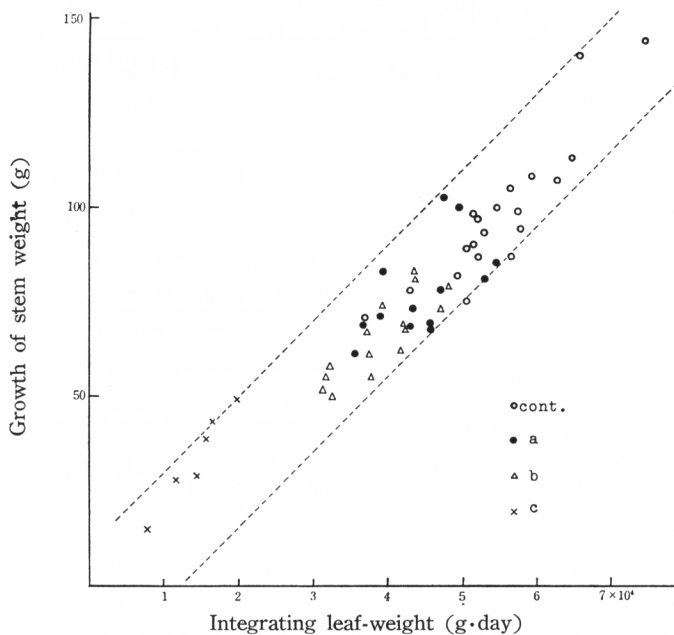


Fig. 12. The correlation between stem growth and integrating leaf-weight for two years after artificial defoliation.

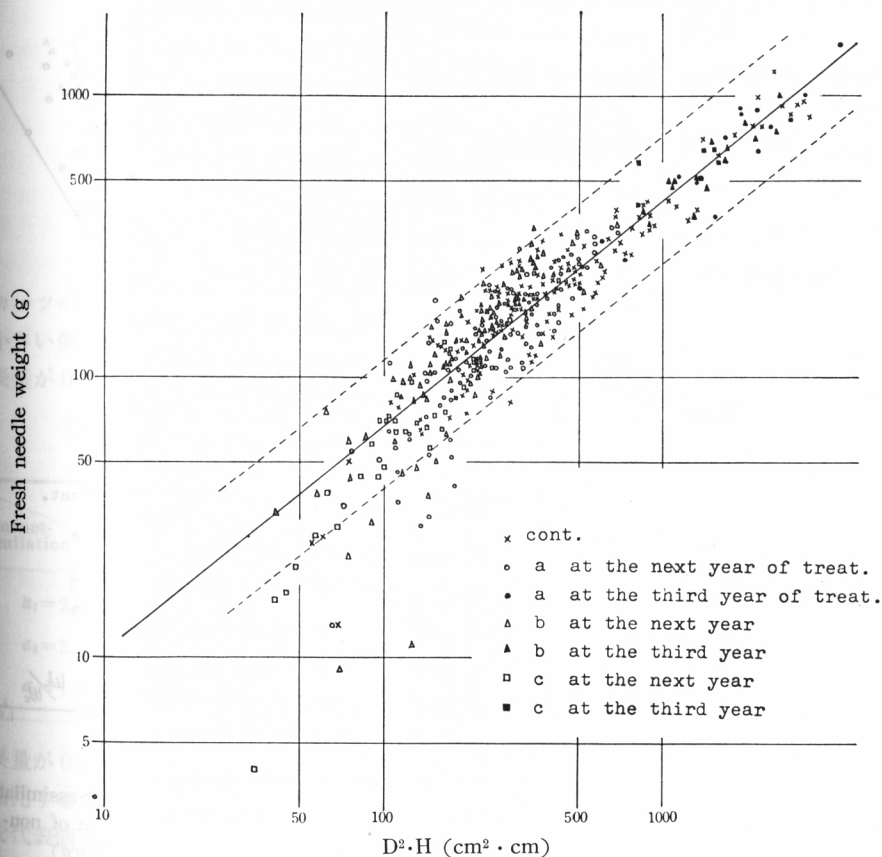


Fig. 13. The correlation between fresh needle-weight and $D^2 \cdot H$ (the straight line drew cont.)

が左右されるものと思われる。どれだけの量の葉がどれだけの時間生産にたずさわっていたかを表わすものとして葉積を用いた。針葉の正常な伸長曲線をもとに、葉の各時点における量を時期別にプロットし、各期間の単位葉量の積算値を示め、この単位葉積に葉量を乗じて各期間の葉積とした。

この場合、針葉の伸長が完了する8月中旬以後は新葉量には変化のないものとした。なお旧葉は新葉の発現に従って徐々に落葉し、個体により幾分差があるが、12月にはほぼ発現時の30%に減少している。6月および7月に摘葉した針葉はその残りが再伸長するので再伸長曲線を用いて葉積を求めた。

(2) 葉積と生長量

地際直径と樹高から相対生長関係で推定した樹幹生重より求めた2年間の幹重量生長量と同期間の葉積との関係を求めると12図のようになる。葉積と生長量とは点線で示した上限、下限のパラッキはみられるが、摘葉処理の時期、その強弱に無関係にこの範囲で一次の関係満足している。

生長休止期に求めた針葉量と $D^2 \cdot H$ はある程度のパラッキはみられるが相対生長関係が成立する(13図)。しかしc区では葉量がすくなく、下方に離れている点もあり、 $D^2 \cdot H$ が樹体の大きさを代表するものと見做せば、摘葉翌年には対照区と比べて確然とはしないが、樹体の大きさに対する着葉量がすくなく、処理の翌年にはなお葉量の回復が十分でなかったものと認められる。 $D^2 \cdot H$ と枝条量との関係では摘葉処理による差はみられない。樹体の大きさに対する着葉量のすくない個体は正常な個体と比べて同化量がすくなく、さらに同化量に対する呼吸量の割合が多いものと考えられ、葉が同じ能率で生産にあずかったとしても生長量として現われる量はすくないであろう。このようなことから摘葉個体は葉の同化能力に差があると考えられるよりも、同化生産されたものを相対的に多く消費しているために葉量のすくないこと(同化量のすくないこと)とあいまって生長量がすくなくなっているのではないかとと思われる。

3. 同化率と呼吸率

年生長量は落葉、落枝を考えなければ次式によってあらわすことができる。

$$\Delta W = a \cdot W_L - R \cdot W_O \dots \dots \dots (3)$$

- ΔW : 生長量, W_L : 葉量,
- W_O : 非同化器官, a : 葉の平均純同化率,
- R : 非同化器官の平均呼吸率

掘り取り調査の個体で、 $D^2 \cdot H$ と根量との相対生長関係より各供試木の根の量を推定し、(2)式および $D^2 \cdot H$ と枝条量の相対生長関係より枝幹量を求め、実測葉量から $\frac{\Delta W}{W_O}$, $\frac{W_L}{W_O}$ を計算しプロットしたのが14図である。

14図で対照区の個体と処理区の個体とでとくに差はみられない。14図からアカマツ針葉の平均純同化率、非同化器官の平均呼吸率を求めると次のようになる。

$$a_1 = 2.829 \text{ g/g} \cdot \text{year}$$

$$a_2 = 2.045 \quad \text{〃}$$

$$a_3 = 1.594 \quad \text{〃}$$

$$R = 0.055 \quad \text{〃}$$

本試験のように各個体間の間隔を広くし、競争をさけ、できるだけ各供試木が孤立木に近い生育を

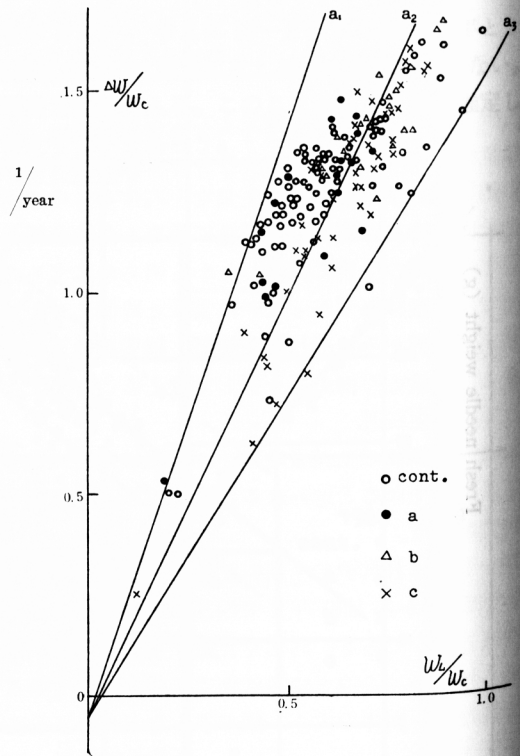


Fig. 14. The estimation of mean net-assimilation rate and mean respiration rate of non-assimilation parts. (*P. densiflora*)

するように設定されていても、針葉の平均純同化率には14図にみられる程度の差は現われる。また、もし個体間に競争がおり、優劣がつけられるようになれば、優勢木で葉の平均純同化率が最大に、被圧木ほど小さくなると考えられる。Kienitz³³⁾が陽葉と陰葉との樹幹に与える生理機能を調査し、陰葉の存在は生産より消費の方が大きい場合があり、樹木の生長は受光の十分な陽葉の量に支配されると述べ、これからも被圧により陰葉が多くなれば葉の平均純同化率は小さくなるものと推定される。また Beal⁶⁾は *Neodiprion lecontei* に食害された *P. echinata*, *P. taeda* を日陰とそうでないところで調査した結果、同じ被害率でも日陰のものに多くの枯死個体がみられたことを報告している。 $D^2 \cdot H$ と幹、枝、葉、根の各相対生長関係より、 $D^2 \cdot H$ に応ずる樹体各部重の占める比率を求めると15図になる。なお、図上の点は掘り取り調査をした各個体の実測値で、線は $D^2 \cdot H$ に応ずる各部重の相対生長関係から求めたものである。

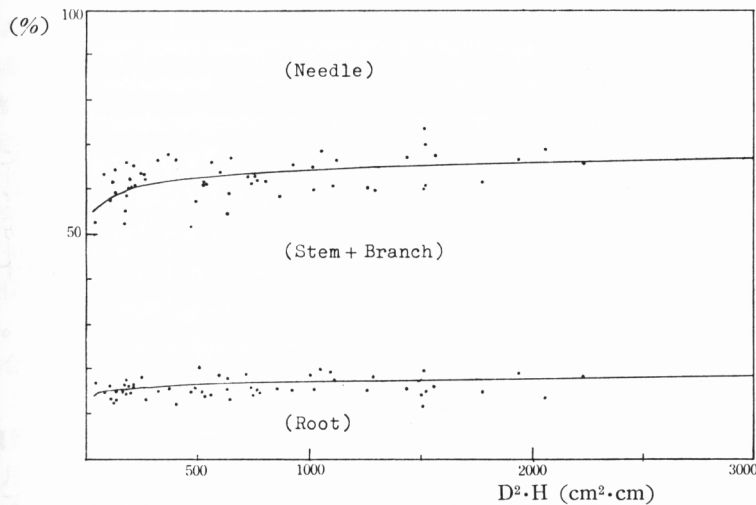


Fig. 15. The weight-ratio of needle, stem, branch and root of red pine.

アカマツの幼令木では葉の量は約33~40%を占めているものと思われる。しかし $D^2 \cdot H$ が 200cm^3 より小さい個体では葉の占める割合はさらに大きくなる。このようなアカマツがどれ位の葉をなくせば生長量が0となるかを計算すると9表のようになる。

Table 9. The defoliation-percentage estimated by mean net-assimilation rate and mean respiration rate to be zero in the growth of red pine (%)

Mean net-assimilation rate	$D^2 \cdot H$	cm^3												
		50	100	200	400	700	1000	1300	1500	1700	2000	2300	2600	3000
$\text{g/g} \cdot \text{year}$														
$a_1=2.829$	97	97	97	97	97	96	96	96	96	96	96	96	96	96
$a_2=2.045$	96	96	96	96	95	95	95	95	95	95	95	95	95	95
$a_3=1.594$	95	95	95	94	94	94	94	93	93	93	93	93	93	93

生長量が0、すなわち同化量と呼吸量が同量であるということは全く生長しないのみでなく、やがては枯死するであろう。9表のように葉の平均純同化率の違いによってすこしの差はみられるが、 a_2 の値を代表値とみなせば、95%の葉を摘まれた個体は枯れるものと思われる。また、 a_3 の値では摘葉率93%で同化量と呼吸量が同じになり、これらの計算値は2節でB・c-7月区の枯死しなかった個体について求めたみかけの摘葉率とよく似た結果を示している。

4. 摘 要

摘葉の生長におよぼす原因を明らかにするために、針葉量と生長量との関係を求めた。また、どれだけの葉がどれだけの期間生産にたずさわったかを表わす単位として葉積を用いて、その期間の生長量との関係を求め、さらに樹体の大きさと葉量との関係を調査した結果次のことが明らかになった。

1. 摘葉処理の結果、生長量が減少するのは処理した年は葉量の減少に起因している。
2. 葉積と生長量との関係はある程度の変動がみられるが、両者は比例関係を満足する。すなわち、ある期間の葉積を求めることによって同じ期間の生長量を推定することができる。
3. 摘葉処理の翌年に新葉が発現した後もその影響がみられるのは、樹体の大きさに比較して葉量がすくないために、同化量がすくなく、同化量に対する呼吸量の比率が大きいと思われる。
4. 摘葉と処理個体の枯死との関係を針葉の平均純同化率、非同化器官の平均呼吸率より求めると、アカマツ幼令木では摘葉率が90%までであれば処理木は枯死しないようである。

第2章 マツカレハ幼虫の摂食量

第1章で林木の葉量の減少が生長におよぼす影響を摘葉試験により、とくにアカマツについて量的にその関係を解明した。本章では葉を食害する昆虫の摂食量をマツカレハ、クスサン、マイマイガについて明らかにし、それらの食害の林木に与える影響をたしかめようとした。またマツカレハについては外国から輸入された各種のマツにつきその摂食の如何を調査した。これらの結果はすでに報告したので本章では省略する。

第3章 マツカレハに食害されたアカマツの生育

§1 摘葉によるマツカレハ被害の模型試験

第1章2節でアカマツを用い時期別摘葉の生長量に対する影響を明らかにした。これによりおおよそマツカレハによる被害の生長におよぼす影響を知ることはできるが、摘葉が1回に限られていた。実際にマツカレハはある期間継続して摂食する。本節ではマツカレハ幼虫の摂食量を基準にして人為的にマツカレハ幼虫の食害に似せて該当針葉量の摘葉を行ない、マツカレハの発生とアカマツの生長量の減退との関係をより実際的に明らかにしようとした。この結果についてはすでに報告した。

§2 野外におけるアカマツ被害例

食葉性害虫の食害による生長量の減退を明らかにしようとして、Evenden¹³⁾、伊藤^{27) 28)}、西口ら⁴⁷⁾、近藤ら⁸⁰⁾は実際に被害をうけた個体の被害解析を試みている。

第1章および前節では苗畑で試験した結果を述べたが、現実にマツカレハの被害をうけたアカマツがその後どのような生育経過をたどるかを被害木の樹幹解析により明らかにし、前記試験結果を応用し被害の程度を解明しようとした。マツカレハのほかに、針葉の伸長期に当る5月下旬から6月下旬にかけて針葉を食害するスギハマシによる被害も調査した。これらの結果は別にまとめたのでその報告を参照されたい。

第4章 考 察

森林生態系において生産者である森林共同体の保護という立場から見た場合、消費者である defoliator の存在を害敵として無視することはできなく、これによる葉の消費に起因する樹木の生長に与える影響はかなり大きい。

森林共同体に被害を与える昆虫には食葉性昆虫類のほかにキクイムシ類など一般に健全木を加害することのすくない昆虫も多い。これらの一般に二次的被害を与えるものも機会があれば生立木をも食害する。樹木が健全に生育を続けている時にはこれらの二次的害虫につけ入れられることは非常に稀で、森林害虫として防除の対象になることはない。しかし樹勢が衰えてくると、二次的害虫類の攻撃をうける危険が増大する。外部環境条件の不良や樹木自身の生理的な要因によっても樹勢が衰えることがある。二次的害虫の加害を誘う樹木の衰弱の原因としても defoliator の影響はとくに重要であろう。

本論文では、主として食葉性害虫の食害とその被害の生長に与える影響を近年の林業ととくに深い関係にあるアカマツ——マツカレハの関係について明らかにした。第1章で明らかになった摘葉試験の結果にあわせて、既往の文献を参考にし、その概略の結果を比較してみると次のようになる。

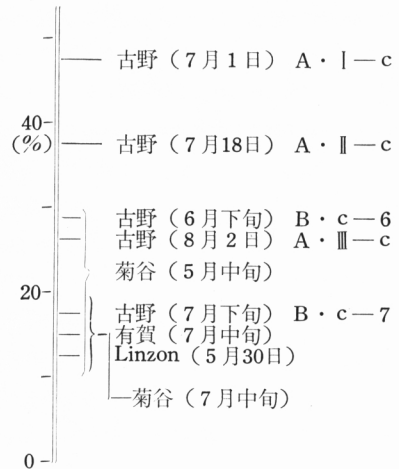
マツ類を材料とした摘葉試験では有賀⁴⁾、菊谷⁵⁾ (アカマツ)、尾中³⁵⁾ (クロマツ)、Linzon³⁹⁾ (*P. strobus*)、Craighead¹¹⁾ (*P. banksiana*, *P. sylvestris*) の報告があるが、アカマツ、クロマツで行なわれた試験ではいずれも摘葉当年の影響を報告しているだけで処理後2年目以後の詳しい生育経過は不明である。全摘葉区では、*P. strobus* は新葉と満1年葉を処理した場合、健全木の直径生長に対し処理当年は約10%強、2年目には約15%しか生長していない (Linzon 5月30日摘葉)。アカマツによる試験では処理当年は健全木の10~30% (菊谷5月中旬摘葉)、約16% (有賀7月中旬摘葉)、10~20% (菊谷7月中旬摘葉) の生長となっている。すなわち従来の試験結果に本試験の結果を加え、100%摘葉の処理当年の生長におよぼす影響を比較 (健全木の直径生長に対する比率) すると次のようになる。

6月下旬から7月下旬までの約1カ月間に全針葉を摘むと直径は健全木の約10~30%しか生長しないことがわかる。Linzon による *P. strobus* での試験はアカマツの場合より摘葉の影響が強く現われているようであるが、この違いが樹種の差によるものかどうかは不明で、摘葉方法に違いがあったのかも知れない。このように7月までに摘葉すれば、この影響だけで枯れることは稀であるが、8月以後に摘葉すれば処理木は枯れる (1章, Linzon)。

摘葉処理後2年目になれば6月下旬~7月下旬に全摘葉した個体は健全な個体に比べて材積生長率で40~60%しか生長していない。*P. strobus* では約15%となり、生長量の減退は大きい。また全摘葉木は枯死しなくとも、処理後3年目にも摘葉の影響が残っているこ

とがわかった。このように非常に生長量が低下し、樹勢が衰えてくるような場合には摘葉の生長におよぼす直接的な影響⁵⁸⁾のほかに、樹木の生育に対し負となる他の要因が加わらないとは限らない。すなわち、Redmond は spruce budworm に食害された balsam-fir で細根の枯死することを報告している。このことは樹木の水分生理に悪影響を与えることが考えられ、この結果二次的害虫類の攻撃をうけ易くなることが予想される。アカマツでも二次的にマツクイムシ類の攻撃にさらされるのではないかと思われる。マツクイムシ類の寄生をうければ摘葉——defoliator の影響だけでは枯れなかったものでも究極には枯死することになるであろう。Craighead¹¹⁾ は摘葉の翌年の6月に処理木が *pissores*, *Ips* の被害をうけたことを報告している。

落葉広葉樹のムクノキ、エノキでは5月から9月までの生育期間中いずれの時期に全摘葉しても、一回の摘葉では枯死することではなく、処理後必ず新葉を展開している。摘葉の影響は生育前期の5~7月に処理されたものに大きく現われ、直径生長がうける影響の方が大きい。落葉針葉樹のカラマツ²⁹⁾を用いた摘葉試験³⁴⁾によると、1回の摘葉では枯死することではなく、6月から7月に摘葉したものが、



その年の生長に最も強く影響し、健全木に比べて10~40% (直径生長), 40~60% (樹高生長) の生長しかしていない。このようにカラマツではムクノキ, エノキによく似た摘葉の影響が現われ defoliator による反応面からみれば常緑, 落葉の違いの方が針葉, 広葉の差より大きい結果を示している。

樹木はその種類の違いによってそれぞれ毎年の生長経過が異なり, 摘葉による影響もそれぞれ異なるものと思われ, 落葉広葉樹や落葉針葉樹のカラマツでは常緑針葉樹のアカマツに比べて葉の消失の生長におよぼす影響は小さいようである。

林木の食葉性害虫類は, 大形のものから小形のものまで数多く存在するが, 大形の害虫であるマツカレハ, マイマイガ, クスサンの被害がとくに激しい。これらの害虫の生活史, 食性などについては詳しく調べられているが, その摂食量を調査した報告はすくない。本論文では第2章でマツカレハ, マイマイガ, クスサンの3食葉性害虫の摂食量について明らかにした。

閉鎖したアカマツ林では普通 12~13 ton/ha (生重) の葉量をもつとされているから, 第2章で明らかになった摂食量を基礎としてマツカレハ被害林における概略の被害の推定を試みてみよう。

マツカレハの雌雄はほぼ1:1であるとし, その食害量を求めると次のようになる。雌雄の平均値をマツカレハ1頭当りの平均摂食量とすると, 1世代に 11.1 g (乾重) \div 33.6 g (生重) の針葉を食っている。アカマツのうける被害量は摂食量の約1.4倍としマツカレハ1頭当たり約47 g (生重) の針葉が失なわれる。もしマツカレハの個体数が幼虫期間を通じて変化しないものとするれば約277,000頭/haのマツカレハが棲息していれば13 ton/haの針葉はなくなる計算になる。

林内に棲息しているマツカレハの個体数を第2章で求めた脱糞量を調査することにより推定すると, 林内の一定面積内に, 一定時間に落下する脱糞量は次のようになる。すなわち上述の計算による277,000頭/haのマツカレハが棲息しているとして一定面積(10 m²)に一定時間(24時間)に落下する脱糞量(乾重)で表わす。

10月上旬: ほぼ3令幼虫と思われる時 603 mg \div 0.6 g

4月中~下旬: ほぼ5令幼虫と思われる時 2069 mg \div 2.1 g

6月中旬: ほぼ7令幼虫と思われる時 13187 mg \div 13.2 g

また樹木の大きさにより同化器官の占める割合がある程度変化するから, 同化器官の占める割合をたとえば10% (壮令木), 20% (若令木), 30% (幼令木) の3種を仮定し, アカマツ針葉の平均純同化率, 非同化器官の平均呼吸率を用いて, 生長量が0となる針葉の消失率を求め, この値と同程度の被害を与えると推定されるマツカレハ幼虫の棲息数を, 単位時間(24時間)における単位面積(10 m²)内の脱糞量(乾重)で示すと10表のようになる。ただし針葉の平均純同化率は $a_2 = 2.045 \text{ g/g} \cdot \text{year}$ を用いて計算した。

また閉鎖した落葉広葉樹林では約7 ton/ha (生重) \div 2.5 ton/ha (乾重) の葉をもっていると推定されているから, アカマツ——マツカレハの場合と同様にクスサン, マイマイガの場合を概算すると次のようになる。この2害虫が摂食せずに地上に落ちる葉量を摂食量

の約3割と推定すると, 1頭当りの被害量はクスサンで20.0 g (乾重), マイマイガで7.8 g (乾重) となり, ha 当りではクスサン125,000頭, マイマイガ321,000頭が棲息していると全葉が被害をうけることになる。これだけの個体が棲息している場合, クスサン, マイマイガともに4令と思われる時期に棲息林内の一定面積(10 m²)に24時間に落下する脱糞量を求めると次のようになる。

Table 10. The amount of the frass of pine caterpillar per ten square meters and twenty-four hours that causes the growth of red pine to be zero (g in dry weight)

period	needle-ratio of red pine (%)		
	10	20	30
early in Oct.	0.5	0.5	0.6
middle or late Apr.	1.6	1.8	1.9
middle in Jun.	10.0	11.8	12.4

クスサン 4.2 g (乾重) 5月下旬
マイマイガ 8.8 g (乾重) 5月中旬

以上の計算はいずれも同世代の幼虫の個体数が変化しないと仮定した場合であるが、現実には幼虫は孵化後時間の経過とともに天敵などのために棲息数ははなはだしく減少する。またこの減少の程度は一律に規定できるものではなく、棲息地の環境、発生年度の気象条件などによって差が生じ、実際問題としてはこれをさらに考慮に入れなければならない。

マツカレハの場合、10月や4月での幼虫数は種々な原因によって幼虫時代を完うするまでに相当多く減少していくものと推定されるが、幼虫が7令にもなれば、棲息数の減少はそれほど多くはないであろう。マツカレハ幼虫の7令と8令での摂食量は全摂食量の87%強で、この時期から後の食害が被害を決定付けるものと考えても間違いではなからう。すなわち24時間に10m²内の脱糞量(乾重)が壮令林で10.0g、若令林で11.8g、幼令林で12.4gに達するようであれば、その林分の被害後の生育はほとんど望み薄と推定される。この場合、ha当り壮令林で約210,000頭、若令林で約250,000頭、幼令林で約260,000頭のマツカレハが棲息していることになる。このように激しい被害を与えるようなマツカレハが棲息している場合、近畿地方アカマツ林分収穫表よりアカマツ1本当りのマツカレハ棲息数を概算すると11表のようになる。

第3章ではマツカレハの被害を模型的に再現し、また被害の実例を調査することによって摘葉試験の結果を実証しようとし、現在(調査時)生存を続けている個体についてのみ推定を行なったもの

で、被害当時枯死してしまうほど激しく加害されたものについては不明である。東山のアカマツ林では1956年の最も激害地と思われる区域では、現在はほとんどアカマツが存在していない。また田辺のアカマツ林ではマツカレハの被害発見とともに、2カ年にわたって薬剤撒布を実施したために現在はほぼうっ閉した健全と思われるアカマツ林として残っているのであろう。

Table 11. The number of pine caterpillar per tree that seems to cause the heaviest damage

site age of stand (year)		site			
		1	2	3	4
20		80	60	40	20
40		270	230	190	140

あ と が き

本論文ではアカマツがマツカレハに食害された場合に、それによる生長減退を主に取扱った。アカマツがマツカレハに食害される場合、孤立木か否か、林分の構成状態、樹令などにより差があるが、その食害量が全針葉の60%を越えるようであればそのための生長減退も大きく、樹勢も衰えるものと思われる。このような場合には一応薬剤駆除の手段を構想することを考慮すべきで、その食害が全針葉の80%以上にもなるようであれば、被害木のその後の生育はほとんど望みなく、未然にこの被害を防ぐような薬剤防除を実施する必要があるだろう。近藤らも10~15年生のアカマツ林を調査し「中害以上のマツ林で薬剤防除を行なっても、そのために経費の損失になることはないように思われる」と述べているように、マツカレハの被害林ではとくにマツカレハの発消長に注意し、棲息数の増加——被害の拡大が予想される場合に薬剤撒布を実施するのが本筋であろう。マツカレハのほかのアカマツを食害する食葉性害虫類でも、その摂食時期、量が判明すれば、被害の様子はある程度推察できるであろう。

文 献

- 1) 藍野祐久・伊藤一雄 (1961) : 原色林木病虫害図鑑
- 2) 藍野祐久・山田房男 (1962) : マツカレハの食餌植物に対する好選性について, 72回 日林講 325~328
- 3) 相沢 保 (1924) : 千島産まつかれはニ関スル調査報告, 北海道林試報 10. 99~147
- 4) 有賀好文 (1961) : アカマツ幼令木の摘葉試験 (予報), 71回 日林講 302~303
- 5) ——— (1962) : アカマツ幼令木の摘葉試験, 72回 日林講 330~334
- 6) Beal, J. A. (1942) : Mortality of reproduction defoliated by the Red-headed Pine Sawfly (*Neodiprion lecontei* Fitch), Jour. Fore. 40. 562~563.
- 7) Belyea, R. M. (1952) : Death and deterioration of balsam fir weakened by Spruce Budworm defoliation in Ontario, Jour. Fore. 50. 729~738.
- 8) Burger, H. (1929) : Holz, Blattmenge und Zuwachs, Mitt. Schweiz. Cent. f. d. Forst Versuch, 15. 243~292.
- 9) Busgen, M.・Münch, E. (1927) : Bau und Leben unserer Waldbaüme.
- 10) Busse, T. (1930) : Baumkrone und Schaftzuwachs, Forstw. centralbl. 52. 310~318.
- 11) Craighead, F. C. (1940) : Some effects of artificial defoliation of Pine and Larch, Jour. Fore. 38. 885~889.
- 12) Dahms, W. G. (1954) : Growth of pruned Ponderosa Pine, Jour. Fore. 52. 444~445.
- 13) Evenden, J. C. (1940) : Effects of defoliation by the Pine butterfly upon Ponderosa, Jour. Fore. 38. 949~955.
- 14) 古野東洲 (1956) : くすさん (*Dictyoploca japonica* Moore) 幼虫の摂食量に就いて, 京大卒論. 修11
- 15) 古野東洲・四手井綱英 (1960) : ムクノキ, エノキ苗の摘葉と以後の生長経過について, 70回 日林講 329~330
- 16) ——— (1960) : マツカレハ幼虫の摂食量について, 日林関西支講 10. 116~117
- 17) ——— (1960) : 伸長期に切断されたアカマツおよびクロマツ針葉の伸長について, 日林誌 42. 435~440
- 18) ——— (1962) : マツカレハの被害を受けたアカマツ林分の解析, 72回 日林講 328~330
- 19) Graham, S. A. (1931) : The effect of defoliation on Tamarack, Jour. Fore. 29. 199~206.
- 20) ——— (1936) : Principles of forest entomology.
- 21) ——— (1952) : Forest entomology.
- 22) 橋本英二・伊佐義朗 (1958) : 外国産のマツ類
- 23) Hess, R. (1914) : Der Forstschutz.
- 24) 日高義実 (1951) : まつけむし 林業技術シリーズ No. 25
- 25) 井上元則 (1951~1960) : 林業害虫防除論 上, 中, 下 [1]
- 26) ——— (1954) : 北海道の原生林におけるキクイムシの寄生と針葉樹の辺材水分との関係, 林試報 68. 167~178
- 27) 伊藤武夫 (1954) : スギハムシに加害された幼令マツの成長, 63回 日林講 216~218
- 28) ——— (1960) : カラマツマダラメイガによる被害木の生長量について, 70回 日林講 327~329
- 29) 伊藤武夫・浜武人 (1958) : カラマツ苗の摘葉がその生長に及ぼす影響, 長野林友 7. 36~43
- 30) 鍋木徳二 (1919) : 稚令期ニ於ケル松類年成長経路の研究, 日林誌 2. 1~12
- 31) ——— (1929) : 赤松林針葉摘截の肥大生長に及ぼす影響, 日本学術会報 5.
- 32) 影山純介 (1925) : 林木の生長と陽光の強度とに関する数理的な研究, 北大演報 3.
- 33) Kienitz (1928) : Die Erziehung astreinen Holzes, Silva. 50.
- 34) 菊谷光重 (1959) : カラマツ幼令木の摘葉がその年の生長におよぼす影響, 69回 日林講 386~392
- 35) ——— (1960) : アカマツ幼令木の摘葉がその年の生長におよぼす影響, 70回 日林講 331~334
- 36) ——— (1962) : カラマツ幼令木における針葉の喪失が樹幹の上生長におよぼす影響, 72回 日林講 334~337
- 37) ——— (1962) : カラマツ幼令木における針葉の喪失が樹幹の肥大生長と完満度におよぼす影響, 72回 日林講 337~340
- 38) 近藤秀明・溝口悌三 (1959) : マツケムシの食害がマツの成育におよぼす影響, 日林関東支講 103~109
- 39) Linzon, S. N. (1958) : The effect of artificial defoliation of various ages of leaves upon White Pine growth, Fore. chro. 34. 50~56 [日林誌 40. 470 抄録]
- 40) 松本孝介・木下 稔 (1960) : 2 化性マツカレハについて, 日林関西支講 10. 107~108
- 41) 三好東一 (1931) : 樹葉量が年輪密度に及ぼす影響 (予報), 日林誌 13. 455~462
- 42) Mott, D. G.・Nairn, L. D.・Cook, J. A. (1957) : Radial growth in forest trees and effects of insect defoliation, Fore. Sci. 3. 286~304.
- 43) Münch, E. (1937) : Versuche über Wege und Richtungen der Stoffbewegungen in Baum, Forstw. centralbl. 59. 305~324.

- 44) 永井 進 (1961): 主な害虫による被害林木の令階相について, 森林防疫ニュース 10. 57~58
- 45) 中原二郎 (1956): すぎはむし, 林業普及シリーズ 48.
- 46) 中原二郎・奥田素男 (1961): スギハムシに関する研究 (第2報) 生態, 林試報 127. 99~137
- 47) 西口親雄・諸戸清一 (1961, 1962): オオアカズヒラタハバチの食葉がドイツウヒの生長におよぼす影響, 71回 日林講 303~304, 日林誌 44. 102~110
- 48) 日塔正俊・小久保醇 (1960): 茨城県鹿島地方におけるマツカレハについて (2化性マツカレハの生育経過), 70回 日林講 314~316
- 49) 沼田大学 (1951~1960): 森林保護学
- 50) Nüsslin, O.・Rhumbler, L. (1922): Forstinsektenkunde.
- 51) 大平 隆 (1936): 樹冠の大きさと樹幹生長量との関係, 朝林時報 15. 1~21
- 52) ——— (1942): 松類の枝打と生長量 (テウセンマツに就て), 朝林時報 17. 1~23
- 53) 尾中文彦 (1941): 樹木の肥大成長に対する成長素の意義に就て二・三の実験, 47回 日林講 47~53
- 54) ——— (1944): 肥大生長と針葉, 日林誌 26. 243
- 55) ——— (1950): 摘葉, 摘芽, 輪截, 光の遮断等の処理が常緑針葉樹の成長特に肥大生長に及ぼす影響, 京大演報 18. 55~91
- 56) 大内 実・鈴木幹男 (1959): ドクガの摂食活動について, 茨城農学術報 7. 23~26
- 57) Ouchi, M.・Suzuki, M.・Tabayashi, T. (1959): The daily rhythm of activity and the weight of ingested leaves of each larva of *Dendrolimus spectabilis* Butler, Sci. Rep. Fac. Agr. Ibaraki Uni. 7. 17~22.
- 58) Redmond, D. R. (1959): Mortality of rootlets in balsam fir defoliated by the spruce budworm, Fore. Sci. 5. 64~69.
- 59) 齊藤孝蔵 (1957): 森林昆虫学
- 60) 佐多一至 (1931): 針葉の延伸生長と気象因子との関係に就て, 日林誌 6. 374~389
- 61) 四手井綱英・古野東洲 (1957): ブランコケムシの摂食量に関する一考察, 日林関西支講 7. 44
- 62) ——— (1959): アカマツ苗の摘葉試験〔Ⅰ〕 マツカレハ被害の模型試験 (予報), 69回 日林講 385~386
- 63) ——— (1959): アカマツ苗の摘葉試験〔Ⅱ〕 摘葉の強弱及び時期の成長に及ぼす影響, 日林関西支講 9. 102~103
- 64) 四手井綱英・川那辺三郎・岩坪五郎 (1962): パキスタンのマツ林とアカマツ林の物質生産について, 72回 日林講 242~244
- 65) 四手井綱英ほか四大学合同調査班 (1960): 森林の生産力に関する研究. 第1報 北海道主要針葉樹林について
- 66) Slabaugh, P. E. (1957): Effects of live crown removal on the growth of Red Pine. Jour. Fore. 55. 904~906.
- 67) Stark, R. W.・Cook, J. A. (1957): The effects of defoliation by the logepole needle miner, Fore. Sci. 3. 376~396.
- 68) Struble, G. R. (1957): Biology and control of the White Fir Sawfly, Fore. Sci. 3. 306~313.
- 69) 高木五六 (1933): 松枯蝨 (*Dendrolimus spectabilis* Butler) 幼虫の喰葉量に関する研究, 朝林試報 14. 83~96
- 70) 玉利長助 (1954): マツの樹勢恢復に就て, アカマツに関する研究論文集, 75~86
- 71) Thatcher, T. O. (1961): Forest entomology.
- 72) Toung, H. E.・Kramer, P. J. (1952): The effect of pruning on the height and diameter growth of Loblolly Pine, Jour. Fore. 50. 474~479.
- 73) 近畿地方あかまつ林分収穫表調製説明書 (1956): 収穫表調製業務研究資料 16号
- 74) Gößwald, K. (1934): Über die Fraßtätigkeit von Forst-schädlingen unter dem Einfluß von Altersunterschieden und der Einwirkung verschiedener Temperatur und Luftfeuchtigkeit und ihre praktische und physiologische Bedeutung. 1. Untersuchung an *Dendrolimus pini* L., Zeit. ang. Ent. 21. 183~207.
- 75) 細谷達雄 (1940): マツケムシの糞に関する研究, 応用動物学雑誌 11. 236~248
- 76) 古野東洲 (1963): マツカレハ幼虫の摂食量について, 日林誌 45. 368~374
- 77) ——— (1964): マイマイガおよびクスサンの幼虫の摂食量について, 日林誌 46. 14~19
- 78) 古野東洲・岡本憲和 (1964): 外国産マツ属の虫害に関する研究, 第2報, マツカレハ幼虫の摂食について, 京大演報 35. 207~216
- 79) 古野東洲: 摘葉によるマツカレハ被害の模型試験, 日林誌 (投稿中)
- 80) ———: マツカレハおよびスギハムシの被害をうけたアカマツの解析, 日林誌 (投稿中)

Résumé

It seems that the defoliators have a great influence upon the growth of the forest trees. The leaf-eating insects, one group of the defoliators, feed on the leaves, assimilation parts, have a direct effect upon the growth of trees and enfeeble the vitality of trees. Moreover, they make trees ready to get other damages.

The author investigated the decline of the growth which was caused by the abnormal decrease of needle of red pine mainly and the feeding quantity of pine caterpillar (*Dendrolimus spectabilis* Butler) on *P. densiflora*, the gypsy moth (*Lymantria dispar* Linne) on *Quercus acutissime*, and the camphor silk moth (*Dictyoploca japonica* Butler) on *Castanea crenata*.

This report elucidated the effects of the feeding damage by pine caterpillar, one of the most injurious among the leaf-eating insects in red pine forest, upon the growth of red pine.

Chap. 1 deals with the elongation of normal needles and the rest of cut needles of red pine and black pine and with artificial defoliation-experiments with red pine (*P. densiflora*), Mukunoki (*Aphananthe aspera*) and Enoki (*Celtis sinensis* var. *japonica*).

Chap. 2 deals with the results of the individual breeding of pine caterpillar, gypsy moth and camphor silk moth feeding on *P. densiflora*, *Quercus acutissime* and *Castanea crenata*.

Chap. 3 deals with the effects of the feeding damage of pine caterpillar upon red pine by artificial defoliation in the nursery and the examples in the field.

These investigations were carried out in 1955~1961, and the results obtained from them were as follows:

1. Under the normal conditions in Kyoto, the elongation of red pine-needle began late in April or early in May, and the greater part of elongation was over early in August. When red pine-needle was cut in its elongating period, the rest (the part of leaf-sheath) began to elongate again but could not after it. The re-elongating length was influenced by cut time and always shorter than the normal elongating in the same term. It was the same with black pine.

2. If all the leaves of tree crown were defoliated, red pine happened to wither in the first defoliation, but Mukunoki and Enoki did not. Namely, red pine defoliated before late in July did not wither owing to the re-elongation of needles, however, in case of the defoliation from August to October, the defoliated trees never failed to wither.

3. In case of red pine, defoliation had influence on the diameter growth immediately after it, but on the height growth it exerted a great influence in the next year. When the percentage of defoliation was below about 60%, the height growth of defoliated tree had smaller influence than the diameter growth. In case of defoliation at the end of growing period, it scarcely had influence on the height growth.

4. When all the needles were defoliated before late in July, the defoliated red pine went on growing. However, it had the smallest growth as compared with the normal. That is, the later red pine was defoliated, the worse its growth became. The growth percentage showed 40~60% on the diameter growth, 45~70% on the height growth and 40~60% on the stem growth as compared with the normal for two years after defoliation. Besides, these trees seemed to be affected by defoliation even in the third year.

5. When the percentage of defoliation was below about 40%, the growth percentage of

its red pine showed 85~90 % on the diameter and 90~100 % on the height of the normal growth percentage for two years after defoliation, and in case of about 60 %-defoliation, it showed 75~85 % on the diameter and 75~100 % on the height of the normal for two years after it. When defoliation was below about 60 %, red pine seemed to be little influenced by defoliation in the third year after it, but it appears to be impossible that its pine can recover the decline of the growth occurred for two years by defoliation.

6. In consequence of artificial defoliation, it seems that the decrease of the growth was mainly caused by the diminution of the leaf-volume in the treatment year, but the growth in the next year was reduced because the quantity of respiration was too much compared with assimilation.

7. The total length ingested by pine caterpillar was about 50 m per male, about 78 m per female in red pine needles and about 8.6 g and 13.6 g in dry weight of needles. The feeding quantity at the last instar amounted to about 70 % of total quantity. A larva ingested 2000~3000 cm² at male and 2700~4000 cm² at female in the leaves of *Castanea crenata* (camphor silk moth), and 700~1100 cm² at male and 1100~1800 cm² at female in the leaves of *Quercus acutissime* (gypsy moth).

8. The correlations between the feeding quantity and the amount of the frass were shown as follows:

pine caterpillar

before the hibernation : $\log N = 1.026 \log D + 0.09656$

after the hibernation : $\log N = 1.024 \log D - 0.05888$

camphor silk moth

$\log W = 0.8786 \log D - 0.19007$

gypsy moth

$\log W = 0.8297 \log D + 0.01225$

N : the length of red pine needle in cm

W : the leaf area of *Castanea crenata* and *Quercus acutissime* in cm²

D : the dry weight of the frass in mg

9. The number of the frass evacuated by a larva of pine caterpillar per day was from fourteen to seventeen except the fourth instar after the hibernation.

10. It was observed that pine caterpillar ingested twenty-eight foreign pine-species in Kyoto. From this fact, it seems to be possible that all species of pine-genus in Japan are infested with pine caterpillar.

11. The steady artificial defoliation like the feeding damage of pine caterpillar and the defoliation at once, if their percentage and period were the same, had similar influence on the growth of red pine. But in case of lower percentage, the effects of the former were less than the latter.

12. Judging that mean net-assimilation rate is 2.045 g/g·year, it is found that when assimilation parts is 30 % of the tree, about 93 %-defoliation of the tree crown makes the growth of red pine zero, and similarly 20 %—about 89 %, 10 %—about 75 %. In those cases, it seems that defoliated red pine will wither. In case of the first, red pine stand of one-hectare is infested with about 260,000 pine caterpillars, in the second, about 250,000 larvae/ha and in

the third, about 210,000 larvae/ha. If the closed red pine forest is infested with about 270,000 pine caterpillars per hectare, all the needles seem to be defoliated during its larval stage.

13. When the growth is reduced to zero, it is supposed that a red pine of twenty years old is infested with about 60 pine caterpillars and that of fourty years old with about 230 on the second site.