

マツカレハの被害をうけた壮齡アカマツ林の生育

古 野 東 洲

The Damage-analysis on the Growth of Middle-aged Japanese Red Pine
(*Pinus densiflora*) Infested with Pine Caterpillar (*Dendrolimus spectabilis*)

Tooshu FURUNO

目 次

要 旨	9	3. マツカレハの被害状況の推定	18
まえがき	10	4. マツカレハ以外の原因による生長	
調査地の概況	11	量の低下	20
調査方法	12	あとがき	21
調査結果および考察	12	文 献	21
1. 調査アカマツ林の現存量	12	Résumé	23
2. マツカレハの食害による生長量の低下	15		

要 旨

アカマツの食葉性害虫のうちで、マツカレハはその被害の激しいことで最も重視されている。アカマツに対するマツカレハのように、林木に対する食葉性害虫の食害に対する被害木のその後の生育経過を調査した報告は次第に多くなってきた。

本報告は、樹齡40年を経過したアカマツ林を調査対象とし、過去にマツカレハの激害をうけ、以後、生長を回復しつつある状況について調査したものである。調査の一部は1961年（既報）に行なわれ、その後さらに詳しい資料を1964年の11月に採取した。調査林分は京都府下田辺町に近接した石英斑岩の丘陵地に成立したアカマツ林で、1964年には樹齡41～47年、平均胸高直径 9.0cm、平均樹高 8.1mであった。

調査は、標準地を設け、上木のアカマツの毎木調査を、また対象林分中より、11本を選び伐倒し、幹、枝、針葉の地上部の測定を行なった。さらに樹幹解析により生育経過を求め、マツカレハの被害に関する被害解析を試みた。

調査結果をまとめると次のようになる。

- 1) 調査アカマツ林の現存量は、ha 当り針葉 9.6 ton (生重)、 3.9 ton (乾重)、幹 99.2 ton (生重)、 52.9 ton (乾重)、枝 15.4 ton (生重)、 7.5 ton (乾重) となった。
- 2) 新葉と旧葉の割合は、ほぼ 7:2 で、旧葉は全葉量の 23.5% を占めていた。
- 3) 地上部の幹、枝、針葉の重量配分は胸高直径によって大きな差はあられず、幹—82%、枝—11～12%、針葉—6～7% となった。
- 4) マツカレハが大発生した当時の生長量の低下は激しく、調査した大部分の個体が、年生長量の最

低の1955年には前年の大きさの1%も生長していない。

5) マツカレハが生息しなくなってから、被害木は徐々に生長を回復していることがわかった。しかし、6年経過しても大部分の個体がマツカレハ被害前の生長率の20~30%で、被害の影響から脱したとはいえない。

6) 本調査アカマツ針葉の平均純同化率 (α) と非同化器官の平均呼吸率 (R) は

$$\alpha = 3.714 \sim 2.045 \text{ g/g} \cdot \text{year}$$

$$R = 0.055 \text{ g/g} \cdot \text{year}$$

となった。

7) マツカレハの発生当時の被害状況を概略推定すると、全針葉のほぼ70%近くが食害されたと思われ、このためには ha 当り約210,000頭のマツカレハが生息していたことになる。

8) 気象的な災害のためと思われる生長量の低下が1962年、1963年と認められ、本報告では第二室戸台風(1961年9月16日襲来)と1963年1月の異常低温がその原因と推察した。これらの原因は調査木がマツカレハの被害から回復するのをさらにおくらせたようである。

ま え が き

林木の生長はその葉量と非常に密接な関係にあり、その葉量が生育を左右しているといっても過言ではなからう。

葉量に影響を与える defoliator として、最も重要視されているのは病虫害であり、このうちでも、食葉性害虫の食害は、その加害木に対し、大きな損害をあたえる点で、また健全木をも加害する点で、その食害と被害木の生長との関係を知ることは重要なことである。食葉性害虫は第一次の消費者(一次害虫)である。同化器官である葉を食害し、葉量を減少させ、直接林木の生長に関与すると同時に、樹勢をも衰弱させて、二次害虫の加害をも誘起し、またその他の危害をうけ易くする。さらに、食葉性害虫の食害の程度によっては、この被害だけで、被害木は大損害をうけて大きく生長減退をおこし、究極には枯死する場合もみられる。

食葉性害虫の食害——葉量の減少の林木の生長におよぼす影響については、筆者(アカマツ、¹⁾テマツ、³⁾ムクノキ、⁴⁾エノキ、⁴⁾イイギリ、⁵⁾トチウ)、尾中(⁶⁾クロマツ)、菊谷(⁷⁾カラマツ、⁸⁾アカマツ)、有賀(⁹⁾アカマツ)、伊藤ら(¹⁰⁾カラマツ)、西口ら(¹¹⁾ポプラ)、Craighead (¹²⁾*Pinus banksiana*, ¹³⁾*P. sylvestris*), Graham (¹⁴⁾*Larix laricina*), Linzon (¹⁵⁾*P. strobus*) などが、人為的に摘葉を行なって実験的な結果を報告している。また実際に食葉性害虫の被害をうけた林分については、筆者、近藤らがマツカレハの被害をうけたアカマツ林を、伊藤が ¹⁶⁾*Cryptoblabes laricina* の被害をうけたカラマツを、さらに筆者、伊藤がスギハムシに食害されたアカマツ幼齡木を、西口らは ¹⁷⁾*Cephalcia isshikii* の被害をうけたドイツトウヒを調査し、被害後の生長減退の大きいことを明らかにした。さらに、Evenden が ¹⁸⁾*Neophasia menapia* の被害をうけた ¹⁹⁾*Pinus ponderosa* を、Kulman et al が ²⁰⁾*Choristoneura pinus* (Jack-pine Budworm) の被害をうけた ²¹⁾*Pinus banksiana* を、Duncan et al と Rose は ²²⁾*Malacosoma disstria* (Forest-tent caterpillar) の被害 ²³⁾*Populus tremuloides* を調査し、その他、Beal, Mott et al, Redmond, Stark et al など ²⁴⁾も食葉性害虫による被害木の生育を調査している。

筆者はアカマツを用いて摘葉試験を行ない、葉量の減少がその後の生長におよぼす影響について明らかにするとともに、模型試験により、マツカレハの食害に反応するアカマツの生育についても調査した。本報告では過去にマツカレハの被害を激しくうけたアカマツ林を調査し、生育経過を求め、被害による生長減退、その後の回復状況について考察し、さらに、被害の模様の推定を試みた。本報告で用いた資料は、筆者がすでに発表した報告の資料と同一林分で得たもので、既報では資料不足から

推定にとどまった事がらについて、詳しい資料を求めることが第一の目的であった。さらに既報以後のアカマツ林の生育経過——マツカレハの被害による生長減退からの回復状況——を知ることが第二の目的であった。第一の目的については、ほぼ確実な事実をつかむことができ、目的を達したが、第二の目的については、1962年、1963年と各調査個体が再び生長減退を示し、マツカレハの被害からの回復状況をみようとする初期の目的は達せられなかった。

本報告をまとめるに有益な助言を賜った京都大学農学部四手井教授、調査に際し、協力いただいた京都府田辺出張所岩崎林務課長、京都府林務課井上技師および京都大学農学部附属演習林上田助手に深く感謝致します。

また、本研究の一部は昭和39年度文部省科学研究費の援助により行なわれたもので、あわせて関係各位に感謝致します。

調査地の概況

本調査は京都府下田辺町に近接した石英斑岩の丘陵地に成立したアカマツ林で、その地味は非常に悪い。1964年11月の調査時には平均胸高直径9.0cm、平均樹高8.1m、樹齢41～47年で、林冠はほぼうっ閉し、上層林冠はほとんどアカマツによって占められていた。この林分は、過去にマツカレハが大発生したところであるが、本調査時には、全くマツカレハはみかけなかった。林分内の下木としては、コバノミツバツツジ、ネジキ、ソヨゴ、リュウブ、コナラ、ヤマハゼ、ネズミサシ、タカノツメ、ヤブデマリ、アブラチャンなどが約1.5～2.5mの高さで繁り、その下に、ヒサカキ、スノキ、カクミノスノキ、モチツツジ、ツクバネウツギ、キバナツクバネウツギ、サルトリイバラなどが生育している。このような林分に連続して、上木のアカマツを残して、下木を伐採利用した林分があり、この林分も下木の萌芽枝などから判断して同様な下木植生を示していたと思われる。

本調査林分にマツカレハの被害が発見されたのは1955年で、その被害は激しく、非常に目立ったが、すでに蛹化前で、この年にはとくに駆除作業を行なわなかったようである。その翌年の1956年と1957年の2カ年にわたって薬剤駆除を実施した記録が残っている。その後、マツカレハは急激に、その生息数を減少し、1959年にはその姿をほとんどみかけなくなり、1961年以後、今日までは全くといってよいほどマツカレハは生息していない。すなわち、マツカレハの生息数が減少したのは本林分では2カ年にわたって薬剤駆除を行なったためと考えられるが、これを証明する資料はない。しかし、³²⁾中原らがマツカレハの発生消長調査の一環として調査した京都市伏見区のイナリ山でのマツカレハの生息数の推移は図一1にみられるように、1958年から急激に減少し、これはイザリヤ菌、寄生蜂など天敵の活躍によるためと考えられる。また、愛知県岡崎営林署三ツ足

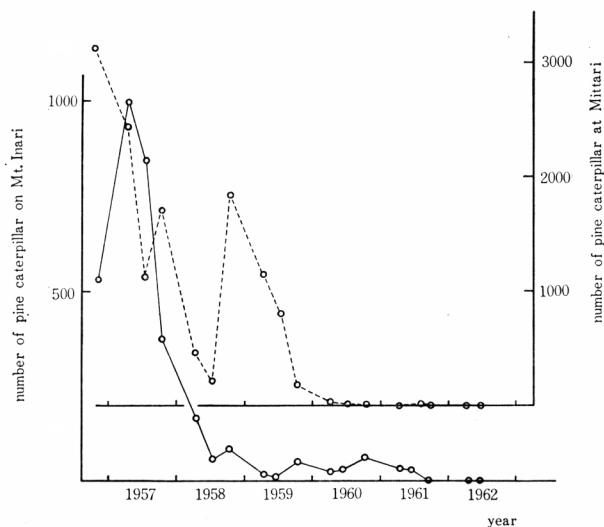


Fig. 1. The transition of the number of pine caterpillar in the sample area on Mt. Inari in Kyoto and in Mittari national Forest in Aichi.

It was found that *Isaria farinosa* was parasitic on many pine caterpillars near the sample area in July of 1957.

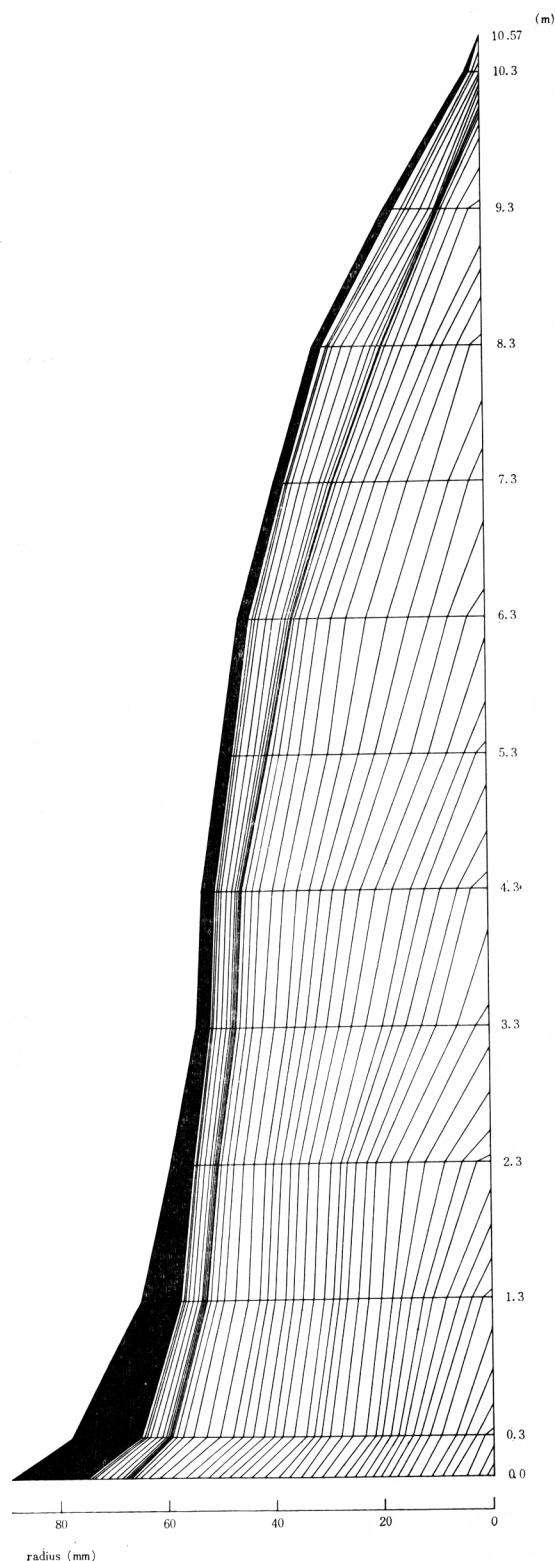


Fig. 2. A sample (No. 10) of stem analysis measured each year.

国有林で同様に中原らが調査した結果も、マツカレハの生息数が、1957年、1958年と減少しているところ、1960年以後ほとんど終息したことが、イナリ山での推移と似ている（図-1）。このことから推して、1958年以後、本調査の田辺のアカマツ林においても、マツカレハの生息数は自然に減少に向ったかも知れず、丁度この傾向に加えて、薬剤散布が重なって非常に有効な結果があらわれたようである。

調査方法

調査は1964年11月12日から15日の4日間にわたって行なわれた。まず、対象林分より標準地を選定し、上木の毎木調査を行なった。すなわち、下木のある林分から3カ所（既報の調査林分と同林分）、下木の伐られた林分から4カ所の標準地を選んだ。ついで調査林分のアカマツの現存量を推定するために、全林分より、各直径階に分かれるように、11本を選出調査した。伐倒し、地際（0.0m）、地上30cm（0.3m）、胸高（1.3m）、2.3m、……と1mごとに樹幹に印をつけ、胸高直径と樹高を測定し、樹体各部（幹、枝、針葉）の生重量を層別に別けて現地で秤量した。さらに、各調査木より樹幹解析用の円板と含水率算定用の幹、枝、針葉の資料を採取し、樹幹解析より幹材積や年生長量を求め、含水率より地上部の乾重量を求めた。

調査結果および考察

1) 調査アカマツ林の現存量

伐倒調査した各個体の測定結果を表-1に、樹幹解析結果の一例を図-2に示す。

表-1の資料より、胸高直径に対する幹、枝、針葉の各部重量の相対生長関係を求めると次のようになった（胸高直径の単位はcm）。

胸高直径と幹量の相対生長関係

幹生重（kg）（図-3-1）

$$\log W_s = 1.2863 \log (\text{DBH})^2 - 0.9267 \dots (1)$$

皮付幹材積（cm³）（図-3-2）

$$\log V = 1.2467 \log (\text{DBH})^2 + 2.1599 \dots (2)$$

Table 1. The results of the measurement of red pine in 1964 at Tanabe.

No. of tree	Diameter at root collar (mm)	DBH (mm)	Height (cm)	Stem fresh weight (g)	Branch fresh weight (g)	Needle fresh weight (g)	Stem volume (cm ³)	Tree age
8	109.1	83.4	1,015	31,732	2,111	1,724	31,565	46
9	59.9	39.1	542	3,894	577	277	4,286	42
10	177.9	129.4	1,057	79,614	13,293	8,330	81,412	45
11	130.8	97.3	830	35,376	6,910	4,550	36,667	44
12	109.1	75.1	1,010	29,131	3,045	1,848	27,965	44
13	94.5	71.4	708	16,646	2,153	1,117	17,723	41
14	73.6	55.5	685	9,334	1,311	1,070	9,599	46
15	65.6	45.3	542	5,709	730	700	6,035	47
16	47.0	29.8	425	1,981	306	282	2,591	38
17	98.2	76.3	886	23,957	2,078	1,960	23,687	45
18	54.1	36.8	519	3,654	753	437	3,760	45

No. 1~7: See the Table 2 in literature 18.

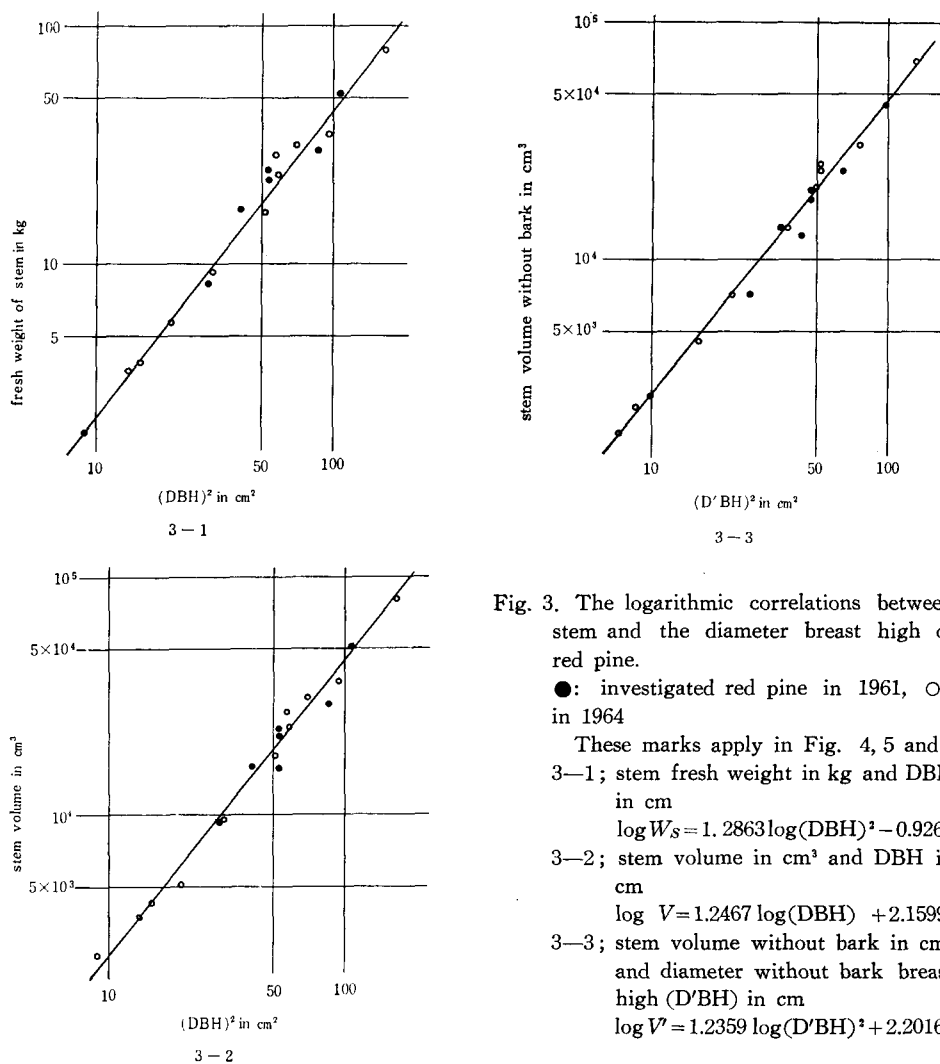


Fig. 3. The logarithmic correlations between stem and the diameter breast high of red pine.

●: investigated red pine in 1961, ○: in 1964

These marks apply in Fig. 4, 5 and 7.
3-1; stem fresh weight in kg and DBH in cm

$$\log W_s = 1.2863 \log(\text{DBH})^2 - 0.9267$$

3-2; stem volume in cm³ and DBH in cm

$$\log V = 1.2467 \log(\text{DBH}) + 2.1599$$

3-3; stem volume without bark in cm³ and diameter without bark breast high (D'BH) in cm

$$\log V' = 1.2359 \log(\text{D'BH})^2 + 2.2016$$

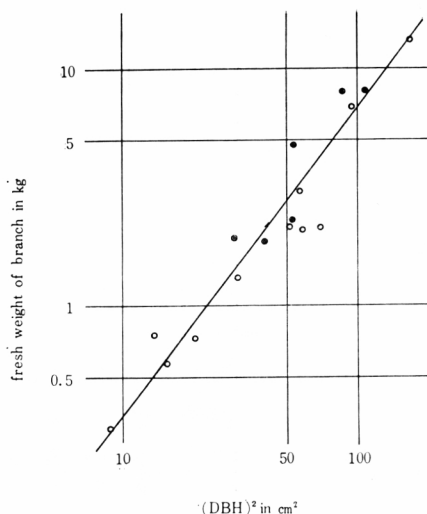


Fig. 4. The logarithmic correlation between the branch fresh weight in kg and the diameter breast high in cm of red pine.
 $\log W_B = 1.3010 \log (DBH)^2 - 1.7657$

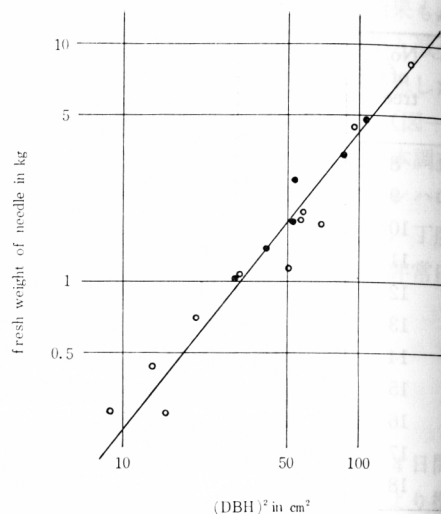


Fig. 5. The logarithmic correlation between the needle-weight in fresh (kg) and the diameter breast high (cm) of red pine.
 $\log W_L = 1.2632 \log (DBH)^2 - 1.8952$

皮なし幹材積 (cm³) (図—3—3)

$$\log V' = 1.2359 \log (D'/BH)^2 + 2.2016 \dots\dots\dots(3)$$

(D'/BH; 皮なし胸高直径cm)

胸高直径と枝量の相対生長関係

枝生重 (kg) (図—4)

$$\log W_B = 1.3010 \log (DBH)^2 - 1.7657 \dots\dots\dots(4)$$

胸高直径と針葉量の相対生長関係

針葉生重 (kg) (図—5)

$$\log W_L = 1.2632 \log (DBH)^2 - 1.8952 \dots\dots\dots(5)$$

以上の5つの相対生長関係式のいずれも、1961年に調査した個体が、1964年に調査した個体の相対

Table 2. The standing crop of red pine stand per hectare at Tanabe.

Sample plot	Area (m × m)	Basal area		Number of tree		Needle fresh weight (ton/ha)	Branch fresh weight (ton/ha)	Stem		Mean DBH (cm)
		Sample plot (m ²)	per hectare (m ²)	Sample plot	per hectare			fresh weight (ton/ha)	volume (m ³ /ha)	
A	10 × 15	0.2615	17.44	40	2,667	9.621	15.488	99.751	101.08	8.7
B	10 × 22	0.4006	18.21	68	3,091	9.656	15.449	99.738	101.73	8.3
C	6 × 19.6	0.2070	17.60	27	2,296	9.897	15.960	102.724	103.89	9.6
D	16 × 10.0	0.2450	15.31	30	1,875	8.760	14.167	91.082	91.85	9.9
E	10 × 19.5	0.3092	15.86	40	2,051	9.328	15.169	97.311	97.57	9.4
F	11 × 9.4	0.1604	15.51	24	2,322	8.517	13.693	88.238	89.53	8.8
G	5 × 19.0	0.1789	18.83	27	2,842	10.261	16.478	106.230	107.91	8.9
H	12 × 9.1	0.1774	16.25	31	2,839	9.786	15.738	101.401	102.86	8.5
I	7 × 9.1	0.1233	19.36	21	3,297	10.382	16.647	107.380	109.26	8.2

Plot A, B: in 1961, Plot C~I: in 1964.

生長関係とほとんど同じ関係を満足していることがわかった。そこで、既報で計算した林分現存量をこれらの相対生長関係式を用いて修正し、今回の調査結果にあわせて、各標準地毎にアカマツの現存量を推定すると表—2のようになる。なお、調査時の新葉と旧葉の割合を表—3に示す。

1961年の調査では、平均して約20%の旧葉が含まれていたが、今回の調査では旧葉は全葉量の約24%であった。1961年は12月中旬に、1964年は11月中旬に調査したために両調査の旧葉率に差があらわれたと考えられる。東大造林教室が測定した結果では、アカマツ12~15年生のうっ閉林分で、

旧葉は12月で全葉量の約7%を占め、本調査結果より旧葉の占める比率はすくない。これは調査対象林分の年齢差、立地の差などのためと思われる。これらのことから、アカマツの針葉は満2年着いていることは非常にまれで、満1年経過し、次代の針葉が展開すると、前年の針葉は次第に落葉し、12月頃にはほぼ発生時の80%または、それ以上がすでに落葉してしまうものと考えられる。

調査アカマツ林のha当りの針葉量は約9.6ton(生重)となった。佐藤によると、アカマツ林のha当りの針葉量は乾重で4.2~5.8tonで、本調査の針葉量を乾重に換算すると3.9ton/haとなる。一般に、うっ閉したアカマツ林の年間の針葉の発生量はha当り約7ton(生重)と考えられ、本調査の場合の新葉量を求めると7.3ton/haとなる。すなわち、本調査アカマツ林がほぼうっ閉した状態にあることがわかる。

表—2より、アカマツ林の地上部の現存量は、針葉は3.9ton/ha、樹幹は52.9ton/ha、枝は7.5ton/ha(いずれも乾重)となる。この値を東大造林教室が測定した12~15年生のアカマツ林の現存量(針葉、4.6ton/ha、樹幹41.9/9ton/ha、枝6.7ton/ha)と比較すると、幹、枝の非同化部分が1~2割多く、同化部分(針葉)は約15%すくなく、地上部全体では、田辺のアカマツ林が約13ton/ha多い。なお川那辺らが測定した田上山の砂防造林地に天然下種更新した異齡アカマツ林で、樹幹52.9ton/ha、枝11.4ton/ha、針葉5.5ton/haの例があり、これらの測定値から推して、うっ閉したアカマツ林の地上部現存量は、以上にかかげた範囲の値と考えても大きな間違いはないであろう。

地上部の幹、枝、針葉の重量配分を(1)、(4)、(5)の各相対生長関係式および各調査木より求めると、乾重基準で、幹は地上部の約82%、枝は11~12%、針葉は6~7%となり、胸高直径によって大きな差はみられない。

2) マツカレハの食害による生長量の低下

調査木の樹幹解析の結果から、幹材積の連年生長曲線を求めると図—6になる(文献18の図—5—2参照)。

年間生長量が低下しているところが2カ所ある。すなわち、第一回目は1955年のところで、第二回目は1963年のところである。第一回目のところは、前述のようにマツカレハが大発生したことを確認できるが、第二回目のところはマツカレハは発生していない。また、マツカレハ以外の害虫(とくに食葉性害虫)も発生していない。ゆえに、ここでは第一回目の生長量の低下に関して、マツカレハの発生——被害に関連させて考察する。

マツカレハの大発生を発見した1955年の年間の生長量が非常に悪いことは図—6より明白である。各調査木とも、この年の生長量は非常にすくなく、とくにNo. 9ではわずかに11cm³しか生長していない。1955年の前後3年間の各年間の皮なし幹材積の生長量を示すと表—4のようになる。

Table 3. The comparison of the new-needle and old-needle in fresh weight in gr.

1964			1961		
New	Old		New	Old	
114	39	25.5 ^(%)	405	81	17.5 ^(%)
133	45	25.3	401	79	16.5
80	32	28.6	211	54	20.4
203	44	17.8	140	35	20.0
170	52	23.4	137	41	23.0
303	52	14.6			
97	40	29.2			

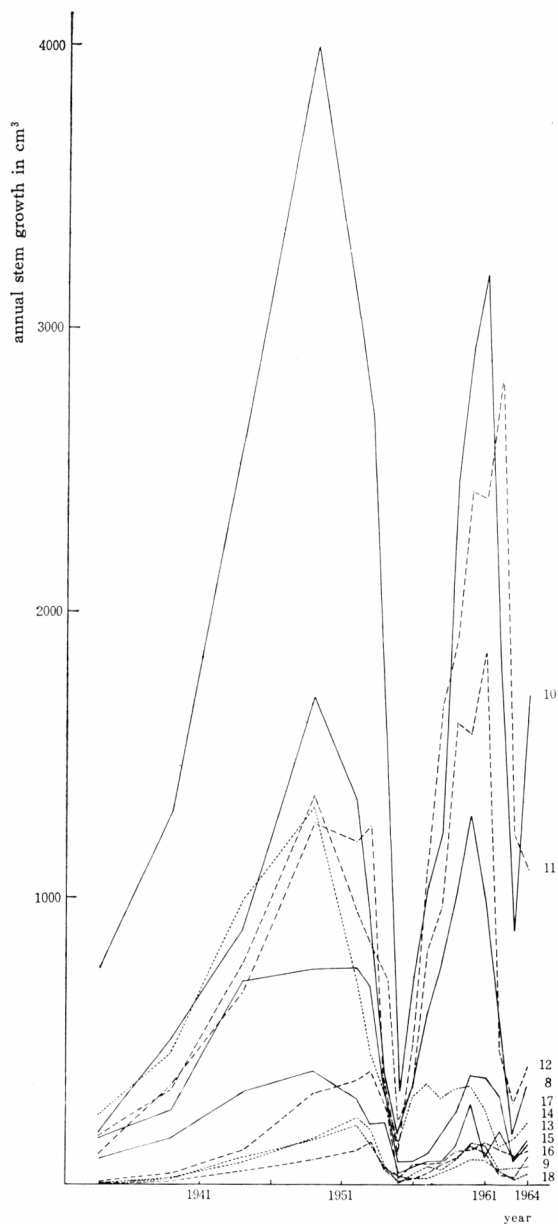


Fig. 6. The annual growth curves of stem without bark.

See the Fig. 5-2 in literature 18.

の激しい被害の影響がみられる。前述のように、1957年以後マツカレハの生息数が急激にすくなくなった結果、生き残った個体は次第に生育を回復してきたものと考えられる。

以上の結果から、本調査アカマツ林がマツカレハにより激害をうけたことは確かで、またその生息数はマツカレハを発見した1955年が最も多かったこともほぼ推定できる。しかし、マツカレハの発生消長の一般的な様子から推して、マツカレハの発見年（1955年）に急に大発生したとは考えられない。その以前に、すでにマツカレハがこのように大発生するであろうと思われる何らかの徴候がみられる

1955年の生長量の最少の個体は No. 9で、最大のもは No. 10 である。この No. 10 でも1952年には $3,037\text{cm}^3$ も生長していたのと比べて1955年の生長量はその約 $\frac{1}{10}$ である。表—4で、1955年の生長量に下線を引いた個体は1955年の生長量が1952年の生長量の $\frac{1}{10}$ 以下のもの、△印のものは $\frac{1}{5}$ 以上の個体で、この両者に含まれないもの（ $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{5}$ ）が10個体と調査個体の半分以上も占めている。△印の個体でも、No. 12の1955年の生長量が1952年の生長量の23%強で最大のものである。また、1955年の生長量を1954年の大きさと比べると、調査個体の半分以上（11個体）が前年の大きさの1%も生長せず、2%以上も生長した個体はわずかに3個体にすぎない。同様に、1952年の生長量はその前年の大きさと比べて大部分の個体が7%よりも大きく、1955年の生長量のすくなかったことがわかる。このようにわずか3年間の間にこれほど生長量がすくなくなったことは樹体自身の生理的な因子などだけでは説明できず、さらに、当時気象が異常であったという記録もなく、マツカレハの食害——葉量の減少（相対に激しい葉量減少）が決定的な要因となったと考えられる。

本調査林分の立木本数の推移が不明であるので、調査当時の立木本数をもとに、林分の生長量を推定すると、ha 当りの皮なし幹材積生長量は1954年には約 2.9m^3 であったが、1955年には約 0.7m^3 に減少している。同様に、年間生長量を推定すると、1956年には約 0.9m^3 、1957年は約 1.1m^3 、1958年—約 1.3m^3 、1959年—約 2.2m^3 、1960年—約 3.3m^3 、1961年—約 6.1m^3 となり、年とともに漸次生長量は多くなっている。1956年の生長量は前年に比べれば多いが、まだ非常にすくない。薬剤散布の結果、前年のような激しい被害はうけなかったであろうが、これまで

Table 4. The annual growth of stem without bark from 1952 to 1958 in cm³.
 The feeding-damage of pine caterpillar was the heaviest one in 1955.
 (): Percentage to stem volume of previous year.

	1952		1953	1954	1955		1956	1957	1958
1	1399.1	(15.9)	923.6	670.2	275.4	(2.3)	257.3	351.3	708.5
2	641.9	(17.5)	677.3	573.0	△ 133.2	(2.4)	447.6	798.2	1043.9
3	655.0	(6.3)	807.2	1152.6	△ 140.0	(1.1)	669.9	969.1	1363.5
4	3323.6	(13.1)	2267.0	1259.2	<u>223.2</u>	(0.7)	378.8	933.1	1581.7
5	539.5	(15.8)	352.1	231.6	91.7	(2.0)	95.1	252.0	479.8
6	579.1	(8.4)	586.4	302.0	65.6	(0.8)	238.9	505.2	753.9
7	981.4	(9.5)	865.6	510.2	106.2	(0.8)	270.8	808.3	1143.9
8	1339.6	(8.0)	932.0	397.7	179.7	(0.9)	351.7	589.3	768.7
9	235.7	(16.3)	194.4	71.4	<u>11.3</u>	(0.6)	41.2	68.2	56.4
10	3036.5	(6.8)	2695.1	1592.9	326.3	(0.6)	720.7	1031.1	1226.3
11	1196.4	(9.8)	1250.0	372.6	<u>110.5</u>	(0.7)	492.4	1102.6	1673.1
12	956.0	(7.1)	839.4	713.0	△ 223.3	(1.4)	346.2	814.5	972.9
13	757.2	(7.8)	689.5	354.6	83.5	(0.7)	85.7	110.3	185.3
14	303.1	(5.9)	213.2	218.2	44.7	(0.8)	64.7	84.0	83.3
15	368.0	(14.5)	399.8	255.9	<u>26.6</u>	(0.7)	74.5	76.6	81.0
16	124.1	(14.4)	152.0	57.9	14.0	(1.2)	23.3	42.0	75.7
17	720.1	(4.5)	468.5	331.5	△ 150.8	(0.9)	310.3	358.0	305.8
18	210.9	(14.0)	143.2	66.4	30.2	(1.6)	26.2	28.4	47.7

べきである。樹幹解析の結果、1953年、1954年と次第に単木の生長量が低下している。この原因をマツカレハの食害と結びつけても間違いではないであろう。ただ、林分の構成上、立木本数が非常に多く、個々の木相互間の競争などの影響で、単木の生長量が低下することも考えられるが、このアカマツ林の場合にはマツカレハの被害のために生長量が低下したと考える方が正しいだろう。すなわち、1952年、1953年頃から徐々にマツカレハの生息数が漸増し、その被害をうけ、1955年に非常に目立つ様になり発見されたもので、林分構成上からの単木の生長量の低下は本調査にみられるほど各個体とも明らかにあらわれないであろう。調査木 No. 4 と No. 10 は樹高が高く、調査時優勢木であったが、調査以前でも当然優勢木だったと推定される。すなわち樹幹解析結果から推定すると、1952年には、No.4 の樹高は 9.5m、No.10 は 9.8m であったに対し、林分の平均樹高は約 6.2m となり、両個体は平均樹高よりずっと高く、林冠のうっ閉よりうける単木の生長量の減少が図—6、表—4 にみられるほどはっきりあらわれるとは考えられず、No. 8 個体も1952年には樹高 9.6m で同様のことが推定される。さらに、1955年にはマツカレハの大発生を発見し、翌年には薬剤を散布したことは事実で、当時の林分平均樹高を大きくぬきこんでいた個体も明らかな生長減退を示したことから、1955年に大きく生長量が低下したことは、マツカレハの被害によるものと断定しても良いであろう。

本調査地では、一団地全体がマツカレハの被害をうけ、附近で対照木を求めることができなかったため、マツカレハの被害をうけなかったものの生育状況を知ることはできない。しかし、1951年以前はマツカレハの被害はほとんどなく、また他の諸災害の被害もなかった。さらに、林分のうっ閉の影響による単木の生長量の低下がなかったものとし、1946年から1951年までの生長率と同じ生長率で生長を続けたと考えて、調査各個体が1961年および1964年にはどの位の大きさに生長しているかを推定すると表—5 のようになる。なお胸高直径の推定値は推定材積をもとに(3)式より求めた。

1961年には、幹材積の実測値は推定値の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{3}$ となり、胸高直径で約2～3割小さい。マツカレハ

Table 5. The comparison of the stem volume and the diameter breast high of red pine in 1961 and 1964 at Tanabe.

Individual	Stem volume without bark in 1961 (dm ³)		Diameter without bark breast high in 1961 (mm)		Stem volume without bark in 1964 (dm ³)	
	Measurement	Estimation	Measurement	Estimation	Measurement	Estimation
8	24.7	69.1	71.0	116.7	25.8	105.8
9	2.5	7.9	31.1	48.6	2.7	13.2
10	63.8	145.3	112.0	157.7	68.2	207.0
11	25.1	52.2	77.9	104.3	30.3	80.7
12	23.3	54.8	71.4	106.3	24.5	83.5
13	13.0	25.9	61.1	78.5	13.6	34.8
14	6.7	13.7	45.9	60.8	7.1	18.3
15	4.2	18.8	38.8	68.9	4.6	34.2
16	1.7	3.9	26.2	36.5	1.9	6.2
17	19.7	46.2	70.1	99.2	20.2	63.4
18	2.3	7.0	28.8	46.2	2.4	11.1

See the Table 4 in literature 18.

が生息しなくなって以後、本調査林分は徐々に、その被害から回復してきたとしても、激害から6年後で表—5にみられるような大きな影響をうけたことになる。被害からの回復を、生長率が被害前にもどった時と解釈した場合、被害から回復までの生長量の減少量をとりもどすことはできない。すなわち、無被害木に比べて、被害から回復するまでの期間の生長量の減少量だけでなく、ますますその大きさに差があらわれてくることになる。本調査アカマツ林で、1952年から1956年までをマツカレハの被害年と考え、1957年以後次第に回復に向ったものとして、被害以前の1946年から1951年までの平均生長率と1957年から1961年までの平均生長率を比較すると、調査木の大部分は被害前の生長率の20～30%で、回復のおくれている個体では、まだ被害前の生長率の15%にすぎない。このことから、1961年にはまだ完全にはマツカレハの被害の影響から脱したとはいえない。ただ、調査木は林分からの抜き伐りであるために、孤立木の場合のように考えられない。さらに、調査木の樹齢がすでに40年を越え、これが若、幼齢木のように生育が盛んな時期に被害をうけ、これから回復していく場合に比べて、被害からの回復をおくらせている一因かも知れない。

3) マツカレハの被害状況の推定

本調査アカマツ林に、1955年には多数のマツカレハが生息していたことは確実であるが、実際に何頭位生息していたかははっきりわからない。

いままで述べてきたような生長量の低下の原因と思われる葉量の減少——マツカレハの食害——マツカレハの生息数について概略推察してみよう。

マツカレハの食害の影響の最も大きい場合は、被害木の枯死である。本調査アカマツ林では、生き残った個体を調査したわけであるが、前述のように被害後の生長減退は大きかった。被害当時、そのために枯死木がでたであろうと推定されるが、その当時の記録はなく、林分の構成状況、さらに当時の枯損状況も資料がなく、過去の状況を推定する手がかりは何一つなく、この点は全くわからない。

枯損状況はさておき、すでに筆者の調査で明らかになったマツカレハ幼虫の摂食量³⁶⁾、アカマツを用いた摘葉試験結果をもとに、当時のマツカレハの生息状況を以下推定する。

まず、苗畑で行なったアカマツの摘葉試験より推定したアカマツ針葉の平均純同化率、非同化器官の平均呼吸率と本調査木のそれらの値を比較すると図—7のようになる。図—7の実線はすでに推定

した両者の値を示している。

1964年の調査個体には苗畑の幼齡木より推定した針葉の平均純同化率、非同化器官の平均呼吸率をあてはめることができるが、1961年に調査した個体はすこしはずれる。非同化器官の平均呼吸率を幼齡木で推定した $0.055\text{g/g}\cdot\text{year}$ をそのまま用い、図—7で、針葉の平均純同化率の上限を求めると、 $a' = 3.714\text{g/g}\cdot\text{year}$ となる。すなわち、本調査アカマツの場合、針葉の平均純同化率は $a = 3.714 \sim 2.045\text{g/g}\cdot\text{year}$ と推定される。

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。

$$\Delta W = a \cdot W_L - R \cdot W_C$$

ΔW : 生長量, W_L : 葉量

W_C : 非同化器官の量

a : 葉の平均純同化率

R : 非同化器官の平均呼吸率

ここで、針葉の平均純同化率として図—7の a' , a_1 , a_2 の値を、非同化器官の平均呼吸率として、 $R = 0.055\text{g/g}\cdot\text{year}$ を用いて、調査したアカマツの場合、葉量がどれ程減少すれば生長量が0となるかを概略推定すると、

$a' = 3.714\text{g/g}\cdot\text{year}$ の場合: 全針葉量の約80%

$a_1 = 2.829\text{g/g}\cdot\text{year}$ の場合: 約70%

$a_2 = 2.045\text{g/g}\cdot\text{year}$ の場合: 約60%

となる。生長量が0ということは生長しないのみならず、この様な状態になった個体はやがて枯死すると思われる。針葉が全部なくな

らなくても、同化と呼吸のバランスが破れた場合には、たとえ少量の針葉が存在していても、その個体は枯れると考えられる。

調査林分における被害当時の葉量の減少の程度を推定することは非常に困難である。しかし、各調査木とも激害時の1955年の生長量が非常にすくなかったことは、ほとんど生長量が0に近くなるほど食害されたと考えても間違いではなかろう。すなわち、針葉の平均純同化率の中間をとって、全針葉の70%近くがマツカレハの被害をうけたと推定される。

さらに、マツカレハの発生当時の林分の葉量が、表—2で求めたものとほとんど変わらないものとして、マツカレハの生息数を概算すると次のようになる。

マツカレハの食害時期は、越冬中と卵期を除く、一年のうち相当の長期にわたるが、マツカレハの終齡幼虫およびその前齡期の食害量が全食害量の9割近くも占めることから、被害が激しくなるのは6月および7月である。アカマツ林のha当りの年間の新葉の発生量は約7ton(生重)であるから、6~7月頃の葉量はほぼその倍の14ton/ha(生重)と考えられる。マツカレハの食害量(約47g(ア

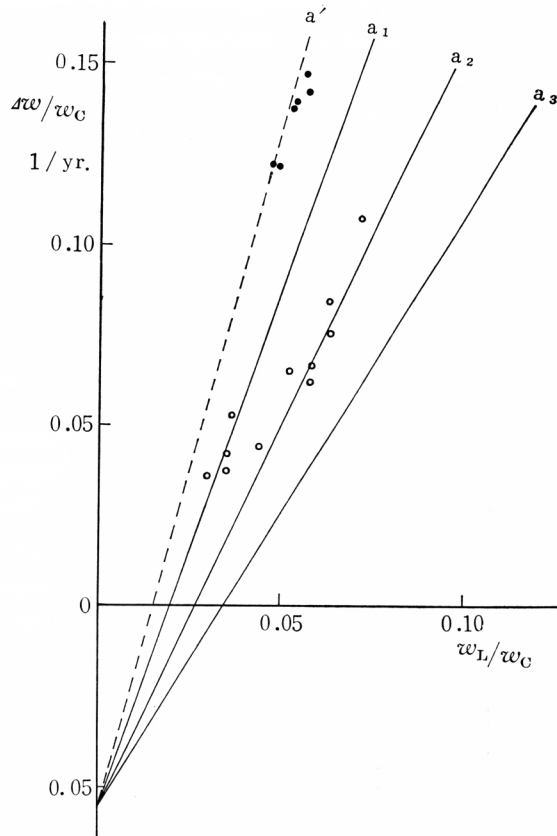


Fig. 7. The conformity of red pine at Tanabe to mean net-assimilation rate and mean respiration rate of non-assimilation parts of red pine in the nursery.

The values of red pine in the nursery were a_1 , a_2 , and a_3 , but mean net-assimilation rate in this investigated red pine is $3.714 (a') \sim 2.045 (a_2) \text{ g/g}\cdot\text{year}$.

カマツ針葉生重)/1頭)より、その生息数を概算すると、ha 当り約298,000頭のマツカレハが生息しておれば、全部の針葉がなくなることになる。また、すでに推定した生長量が0となる程度の葉量の減少がおこるほどマツカレハが生息していたと考えると、ha 当りで、針葉の80%減少では約240,000頭、70%減少——約210,000頭、60%減少——約180,000頭となる。

Table 6. The annual growth of stem without bark from 1961 to 1964 in cm³.
The Typhoon Muroto II visited this investigated stand on Sept. 16, 1961 and the low-temperature came in January, 1963.

	1961	1962	1963	1964
8	1207.9	552.9	180.4	346.3
9	139.2	57.6	62.4	67.9
10	3182.1	1786.1	885.7	1706.4
11	2403.0	2812.2	1222.4	1104.0
12	1853.8	476.3	290.5	415.9
13	379.6	312.3	86.4	146.2
14	100.8	188.5	94.5	159.3
15	151.8	127.5	105.0	124.1
16	115.9	40.4	31.6	98.8
17	272.5	137.2	164.5	221.5
18	90.3	51.0	26.8	43.7

4) マツカレハ以外の原因による生長量の低下
1961年より年々の生長量を示すと表—6のようになる。図—6、表—6より明らかなように、1962年、1963年と続いて、1955年の第一回同様に再び第二回目の年生長量の低下がみられる。第一回目に比べてその低下の程度は大きくはないが、調査した11個体のいずれも第二回目の低下がみられる。さらに、各個体の年生長量の推移が No. 11 を除き、1964年の生長量が前年より多くなっていることが目につく。

1961年以後も、1957年以後、生長を回復してきたペースで次第に生長率を回復してきたと仮定して、1964年にはどの程度まで生長率を回復しているかを推定すると、1946から1951年までの平均生長率の約45~65%に、良好な個体では80%になる。被害から10年経過してもまだ完全に回復していない個体が、この第二回目の生長

低下をおこしたことは、生長率を回復するのにさらに10年以上もかかることとなり、樹齢の面から推測しても、この調査アカマツでは再び回復が困難ではないかと考えられる。

このように第二回目の生長量の低下がおこった原因を、病虫害とする根拠はない。1961年以後、とくにマツカレハをはじめ、マツ類の害虫の発生した記録はなく、さらに病害の発生した記録もない。そこで病虫害以外の何らかの原因がこのアカマツ林の生長に影響を与えたと考えられる。また林分構成上の影響が単木の生育に影響したと考えても、これでは何故1964年の生長量が、調査木のいずれの個体も再び前年より多くなったかを説明できない。1963年から1964年にかけて、枯死した個体はなく、林分をとくに疎開させた記録もない。

第二回目の生長量低下の原因を、病虫害、林分構成上でないとする、樹体そのものの生理的衰弱、気象的災害等がその原因ではないかという疑問が残る。樹体の生理的衰弱を考えた場合には、やはり1964年の生長量の増加が説明できない。そこで一応気象の異常を第二回目の生長量の低下の原因と考えてみたい。

スギやヒノキについての寒風害の報告はみられるが、それらは幼齢林での調査結果である。このうち川名らは、スギ、ヒノキの幼齢木(7年生、8年生)につき、1962年から1963年にかけての冬期の寒さによる被害の模様を報告している。これによると、激害の個体は枯れたものもあり、枯れなかったものでも、当然生長量に影響している。ゆえに本調査林分においても、この冬期の寒さがその後の生育に影響したと考えたい。さらに、1961年9月16日には第二室戸台風(18号台風)が京都地方を通過し、京都地方気象台の観測では、最低気圧937.6ミリバール(京都での新記録)、最大瞬間風速34.3m/secで、各処に大きな災害をもたらした。この台風により本調査林分でも2、3風折木があらわれたほどで、相当に激しくゆさぶられたと思われる。

1961年の生育終期近くにおそった第二室戸台風により、樹体が激しくゆさぶられ、根系に幾らかの影響があらわれ、さらに針葉も量的にはあまり影響をうけなかったが、激しい風にいためられ機能が落ち、この結果、翌1962年の生育に影響し、生長量が低下したと考えられる。さらに1963年1月には全国的に寒波がおそい、京都地方でも異例の寒さがおそった。田辺の調査林分近くでの観測によると、1963年1月の最低気温が -9.3°C にも達している。また1953年から1962年までの10年間の最低気温が -6.4°C であるに對し、この1月には6日間も -6.4°C より低い日がある。すなわち、24日 (-9.3) 、25日 (-8.1) 、26日 (-7.5) 、27日 (-6.8) 、28日 (-7.0) 、31日 (-6.6) と1月24日から数日間⁴⁰⁾⁴¹⁾は異常低温が続いた。なお、調査地より約25km北にある京大農学部附属演習林本部試験地での観測記録より気温の関係数字を抜すいと表-7のようになる。

1963年の1月、2月が例年より寒かったことがわかる。さらに、この観測地でのこれまでの10年間の最低温度が -8.0°C であり、これより低温の日が1月24日 (-8.2) 、25日 (-10.0) 、26日 (-8.8) と3日間も続いている。また、1月の平均最低気温の -2.2°C より低い日は1月で21日間もみられ、例年より寒かったことがわかる。すなわち、1963年1月24日から異常な低温の日が続き、台風の影響をうけ、さらにこの寒さの影響により生長量の低下が続いたのではないかと考えられる。1964年にやや生長量が前年より多くなったことは、この異常気象の影響から漸次回復に向う傾向を示しているものと思われる。

Table 7. The mean temperature from 1948 to 1957 in January, February and March, and these values in 1963 at the nursery of Kyoto University Forest in Kyoto.

	1948~1957 ($^{\circ}\text{C}$)			1963 ($^{\circ}\text{C}$)		
	Mean	Max.	Min.	Mean	Max.	Min.
Jan.	3.2	8.1	-2.2	0.0	5.2	-4.0
Feb.	4.8	9.3	-2.0	1.8	6.7	-2.6
Mar.	8.3	13.1	1.4	6.7	12.3	0.7

あ と が き

本報告は、過去にマツカレハにより激しく加害されたアカマツ林の被害後の生育状況を調査し、その被害のためにおこる生長量の低下の激しいことを明らかにした。さらにマツカレハが生息しなくなつてからの、被害からの回復状況についても調査したが、気象の影響と思われる第二回目の生長量の低下が現われ、マツカレハの被害より全く回復するまでの経過を調べることができなかったことは残念である。これについては別の被害林分を求め、完全に被害から回復するまでの資料を求める予定である。また本調査林分が40年を経過した林分であったので、次の機会には、10年乃至20年位の若齢木または若齢林分で、同様の調査を行ない、マツカレハの被害をうけたアカマツの生育状況に関する調査をより完全なものにする予定である。

引 用 文 献

- 1) 古野東洲：林木の生育におよぼす食葉性害虫の影響、京大農学部演習林報告、35. 177~206, (1964)
- 2) ————：生育開始前の摘葉がアカマツの生長、とくにその年の上長生長におよぼす影響、京大農学部演習林報告、36. 85~97, (1965)
- 3) ————：テーダマツの生育におよぼす全摘葉の影響 1. 摘葉当年の生育について、76回日林講、(1965) (印刷中)
- 4) ————・四手井綱英：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, (1960)

- 5) ————: ————: 広葉樹の摘葉試験——イイギリの例, 日林関西支講, 13. 29~30, (1963)
- 6) ————: 広葉樹の摘葉試験——トチウの例, 日林関西支講, 14. 70. (1964)
- 7) 尾中文彦: 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, 京大農学部演習林報告, 18. 55~91, (1950)
- 8) 菊谷光重: 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, (1959)
- 9) ————: カラマツ幼令木における針葉の喪失が樹幹の上長生長におよぼす影響, 72回日林講, 334~337, (1962)
- 10) ————: 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, (1962)
- 11) ————: 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, (1960)
- 12) 有賀好文: アカマツ幼令木の摘葉試験, 72回日林講, 330~334, (1962)
- 13) 伊藤武夫・浜武人: 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, (1958)
- 14) 西口親雄・有沢浩: ポプラの摘葉と成長に関する一実験, 北方林業, 15. 172~178, (1963)
- 15) Craighead, F. C.: Some Effects of Artificial Defoliation of Pine and Larch, J. For. 38. 885~889, (1940)
- 16) Graham, S. A.: The Effect of Defoliation on Tamarack, J. For. 29. 199~206, (1931)
- 17) Linzon, S. N.: The effect of artificial defoliation of various ages of leaves upon White Pine growth, For. chr. 34. 50~56, (1958) (日林誌, 40. 470. 抄録)
- 18) 古野東洲: 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, 46. 115~123, (1964)
- 19) 近藤秀明・溝口梯三: マツケムシの食害がマツの育成におよぼす影響, 日林関東支講, 103~109, (1959)
- 20) 伊藤武夫: 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, (1960)
- 21) ————: 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, (1954)
- 22) 西口親雄・諸戸清一: オオアカズヒラタハバチの食害がドイツトウヒの生長におよぼす影響, 71回日林講, 303~304, (1961), 日林誌, 44. 102~110, (1962)
- 23) Evenden, J. D.: Effects of Defoliation by the Pine Butterfly upon Ponderosa, J. For. 38. 949~955, (1940)
- 24) Kulman, H. M.・Hodson, A. C.・Duncan, D. P.: Distribution and Effects of Jack-pine Budworm Defoliation, For. Sci. 9. 146~157, (1963)
- 25) Duncan, D. P.・Hodson, A. C.: Influence of the Forest Tent Caterpillar Upon the Aspen Forests of Minnesota, For. Sci. 4. 71~93, (1958)
- 26) Rose, A. H.: The effect of Defoliation on Foliage Production and Radial Growth of Quaking Aspen, For. Sci. 4. 335~342, (1958)
- 27) Beal, J. A.: Mortality of Reproduction Defoliated by the Red-headed Pine Sawfly (*Neodiprion lecontei* Fitch), J. For. 40. 562~563, (1942)
- 28) Mott, D. G.・Nairn, L. D.・Cook, J. A.: Radial Growth in Forest Trees and Effects of Insect Defoliation, For. Sci. 3. 286~304, (1957)
- 29) Redmond, D. R.: Mortality of Rootlets in Balsam Fir Defoliated by the Spruce Budworm, For. Sci. 5. 64~69, (1959)
- 30) Stark, R. W.・Cook, J. A.: The Effects of Defoliation by the Logpole Needle Miner, For. Sci. 3. 376~396, (1957)
- 31) 古野東洲: 摘葉によるマツカレハ被害の模型試験, 日林誌, 46. 52~59, (1964)
- 32) 中原二郎・奥田素男: マツカレハの発生消長調査, 林試関西支場年報, 4. 73~82, (1964)
- 33) 四大学林学教室: 物質循環面より見た森林生態系の生産力, 資料 No. 1 (1961年度), 316~373, (1963)
- 34) 佐藤敬二ほか: 造林学, 朝倉書店, (1965)
- 35) 川那辺三郎・四手井綱英・岩坪五郎: パキスタン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, (1962)
- 36) 古野東洲: マツカレハ幼虫の摂食量について, 日林誌, 45. 368~374, (1963)
- 37) 四大学合同調査班: 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, (1960)
- 38) 川名明・中原孫吉・杉本文三・古幡浩: スギ, ヒノキの生長および寒風害に対する施肥の影響, 日林誌, 46. 355~363, (1964)
- 39) 京都地方气象台: 第2室戸台風速報 (台風18号), 異常気象報告34, (1961)
- 40) 京都大学農学部附属演習林: 演習林気象報告 第4回, (1956), 第5回, (1962)
- 41) 京都大学農学部附属演習林本部試験地, 昭和38年気象月報, (未公表)

RÉSUMÉ

It is well-known that the leaves of forest trees have the greatest influence upon the growth of trees, and that the defoliators have a great influence upon the growth of forest trees, too. Leaf-eating insects, one group of defoliators, feed on 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.

Pine caterpillar (*Dendrolimus spectabilis* Butler) is a species of leaf-eating insects and the most injurious among leaf-eating insects of pine species, and frequently it gives the greatest damage to red pine forest in Japan. Sometimes, as the result of feeding-damage of pine caterpillar, red pine deprived of all needle-leaves, will wither.

In this report, the author investigated growth of red pine infested formerly with pine caterpillar and the progress that red pine was recovering out of the effects of feeding-damage, and further estimated the degree of the damage. These investigations were carried out in red pine stand near Tanabe-cho in Kyoto prefecture in November, 1964. This pine stand had suffered heavily damage by pine caterpillar in 1954 and 1955. Seven sample plots were placed and all red pines in each sample area were measured at the diameter breast high in cm. Eleven red pines of various sizes were cut. Each part of stem, branch and needle-leaf was measured in fresh weight in gr, and materials for stem analysis and dry weight were gathered.

The results obtained from these investigations were as follows;

- 1) The investigated red pine stand was 41~47 years old. Mean diameter breast high was 9.0cm and mean tree height 8.1m.
- 2) This stand was nearly closing, and stand crop were 9.6 ton/ha (needle-leaf), 99.2ton/ha (stem) and 15.4 ton/ha (branch) in fresh weight, and in dry weight the first 3.6 ton/ha, the second 52.9 ton/ha and the third 7.5 ton/ha.
- 3) The fresh weight of old needle-leaf was about 23.5% of total weight of needle-leaf, that is, the rate between new needle and old one was about 7 to 2 in fresh weight.
- 4) The distribution of dry weight of stem, branch and needle-leaf make little difference even if the diameter breast high is not the same, namely, stem : 82%, branch : 11~12%, needle-leaf : 6~7%.
- 5) It is well-known that these red pines were infested with a great number of pine caterpillars in 1955. In consequence of stem analysis, annual stem growth in 1955 was the least. For example, the tree that had grown 2,000cm³ in 1952 had growth of only 110cm³ in 1955. In stem growth in 1955, the greater part of investigated red pines was less than 1% of stem volume in 1954.
- 6) It is found out that the damaged tree by pine caterpillar is gradually recovering from the effects of feeding-damage every year after these pine caterpillars had gone away, but even six years later growth-percentage of almost all red pines showed about 20~30% on stem growth as compared with that before feeding-damage of pine caterpillar. That is, it can not be said that damaged trees have already completed to recover from the effects of feeding-damage.
- 7) In case of this investigated red pine, mean net-assimilation rate was 3.714~2.045 g/g·year

and mean respiration rate of non-assimilation parts was 0.055 g/g·year.

- 8) It is estimated that the feeding of pine caterpillar was about 70%-defoliation of all needle-leaves in pine stand. Judging that mean net-assimilation rate is 2.829 g/g·year, if red pine stand is infested with about 210,000 pine caterpillars per hectare, 70% of all needles seems to be defoliated during its larval stage.
- 9) It is observed that the decrease of growth in 1962 and 1963 appeared to happen through the unusual atmospheric phenomena; the Typhoon Muroto II visited the investigated red pine stand on Sept. 16, 1961 and the low-temperature in January, 1963. It seems that these facts kept damaged trees slow in recovering from feeding of pine caterpillar.