

テードマツ林の食葉性昆虫による被食量について

古 野 東 洲

Primary Consumption by Leaf-eating Insects in Loblolly Pine Canopies

Tooshu FURUNO

目 次

要 旨.....	20	5-4. テードマツ林の食葉性昆虫の 脱糞量	
まえがき.....	21	6. テードマツ林の食葉性昆虫による 被食量の推定.....	31
1. 調査林分の概況.....	22	6-1. 食葉性昆虫の摂食行動により 切り落された針葉	
2. 調査方法.....	24	6-2. 落下虫糞の降雨による重量減少	
3. スジコガネの個体飼育.....	24	6-3. マツカレハ (クロスズメ) による被食量の推定	
4. マツカレハの摂食行動により切り 落される針葉.....	26	6-4. スジコガネによる被食量の推定	
4-1. 個体飼育の場合		6-5. 食葉性昆虫による被食量の推定	
4-2. 野外の場合		あとがき.....	35
5. テードマツ林における 食葉性昆虫の脱糞量.....	28	文 献.....	35
5-1. マツカレハとクロスズメの 脱糞量		Résumé	36
5-2. スジコガネの脱糞量			
5-3. その他の虫糞量			

要 旨

森林の動物による被食量は、森林の生産力調査の一環として重要と考えられながらも、調査された報告はすくない。森林では、食植動物の多くは林冠で生息し、とくに樹葉を食害する食葉性昆虫類が多く、林木の生長に影響するものとして、その食害量——被食量を推定することは重要である。

本報告は、京都大学農学部附属演習林白浜試験地に成立している立木本数が異なるテードマツ3林分(1961年3月植栽、1972年4月には ha あたり疎林分 2101 本、中林分 3321 本、密林分 5775 本)の食葉性昆虫類による4年間の被食量を、その脱糞量を調査することにより推定したものである。さらに被食量推定の基礎資料として、演習林研究室でスジコガネ成虫およびマツカレハ幼虫の個体飼育、演習林本部苗畑で、マツカレハの脱糞量と切り落とし量の調査をも行ない、それらの結果がまとめられている。

1) スジコガネ成虫は、白浜試験地では、1969 年および 1971 年に多数発生し、その時期は 6 月下旬～8 月上旬である。スジコガネ成虫の生存（飼育）日数の最大のものは 40 日、その摂食量はテーダマツ針葉で 1.85 g であった（表-3）。

2) スジコガネ成虫の摂食量と脱糞量の関係は

$$F=1.143D \quad F: \text{摂食量乾重 (mg)}$$

$$D: \text{脱糞量乾重 (mg)}$$

となり、脱糞量の 14.3% 増として摂食量が求められる（図-2）。

3) スジコガネ成虫の摂食行動により切り落される針葉量は、摂食量の約 2.3 倍と推定された（図-3）。

4) マツカレハの幼虫の摂食行動により切り落される針葉は、摂食量の 8～10% と推定され、5 mm までの長さのものが大部分であったが、針葉長の 7～8 割の長さで切られたものもみられた。

5) テーダマツ林のマツカレハ（クロスズメを含む）の脱糞量は、3 林分とも、1968～1970 年は 21～32 kg/ha、1971 年は 6～9 kg/ha であった。

6) スジコガネ成虫の脱糞量は、7 月および 8 月採取分にみられ、その発生年にはマツカレハ幼虫の年間糞量とほぼ同量（1969 年）、約 2 倍（1971 年）に達した。

7) マツカレハ、クロスズメ、スジコガネ以外の食葉性昆虫類の脱糞量は、3 林分とも大きな差はなく、毎年 5～10 kg/ha であった。

8) 食葉性昆虫類の年間脱糞量は 26～64 kg/ha であったが、そのうち夏期間（6 月 21 日～9 月 20 日）の 3 カ月に年間 50～90% をも占め、冬期間（12 月 21 日～3 月 20 日）には 1～5% と非常にすくなかった。

9) テーダマツ林の食葉性昆虫による被食量は、年間、54～204 kg/ha と推定され、年により、林分により差がみられるが、テーダマツ林分の葉量と比べてその 2% にも満たず、このような食葉性昆虫類の食害は完全に無視できる。

ま え が き

森林の被食量の推定は、必要と認められながらも、非常に困難で、現在までに調査推定された報告はすくない。緑色植物の一次生産物を摂食消費する食植動物は多く、大型の動物のシカから非常に小型の鱗翅目の幼虫まで数えきれないほど、いろいろな環境下で生息している。林木（森林）の場合、食植動物の多くは林冠内に生息し、とくに樹葉を食害する食葉性昆虫類が、その大部分を占めている。このことから、これら食葉性昆虫類の食害量を調査推定することは重要である。いままでは林業的な面から、林木の生長にあたえる食葉性昆虫類の影響が、現実の被害林分の生長を解析することによって調査され、被害発生時の食葉性昆虫の食害量が推定された。このように、林木の生長に直接影響するものとして、害虫である食葉性昆虫との関係は、相当に研究され、とくにアカマツの生育とマツカレハの食害との関係について、各種の試験、調査によりほとんど明らかにされている。さらに他のマツ属各種についても或る程度の見通しは得られようとしている。

被害林分とは別に、健全に生育している林分においても、経年の食害量だけでは、林木の生長に影響をあたえていないだけで、森林生態系の構成要因として、昆虫類は必ず生息している。

マツ属の食葉性昆虫としては、マツカレハが最も著名で、その食害量も多く、たびたび大発生し、生息林分に大きな被害をあたえている。著者は、いままでに、このマツカレハの各種のマツ

林にあたえる影響を調査、また、在来のアカマツ、クロマツの他、外来種も含めて各種のマツ属をマツカレハが食害することを明らかにし、さらに、マツカレハの摂食量、摂食量と脱糞量との関係についても明らかにした。

本報告は、食葉性昆虫類による被食量について、これまで外観的にはとくに被害をうけたと見られない京都大学農学部白浜試験地に成立しているテーダマツ林において、虫糞量を4年間調査し、その結果をとりまとめたものである。なお、本報告の一部は、すでに報告されているが、以後の新しい知見をも加えて、再計算検討し、本報告にまとめた。テーダマツ林に生息していたすべての食葉性昆虫の種類を確認していないので、被食量の推定には或る程度の危険も含まれていると思われるが、現段階では最善と考えられる。今後はそれらそれぞれについての基礎資料の積み重ねが必要であろう。

有益な御助言をいただいた赤井助教授ならびに資料採取に御協力いただいた白浜試験地の職員各位に深く感謝します。

1. 調査林分の概況

調査林分は、京都大学農学部附属演習林白浜試験地に、1961年3月に満1年生苗木を植栽密度を疎、中、密の3段階に分けて植えられたテーダマツ (*Pinus taeda*) 林分で、各林分とも、チッソ、リンサン、カリがそれぞれ15:8:8の配合肥料を、1本あたり100gずつ植付から3年間施肥されている。1967年10月上旬の林分地上部現存量、生産量、物質循環などについてはすでに報告し、さらに、一部落葉量の季節変化についても報告した。

調査期間中の林分概況を表-1に示す。

Table 1. Descriptions of Loblolly pine stands studied in Shirahama.

	Stand density	Tree number per hectare	Mean height (m)	Mean diameter at breast height (cm)	Basal area (m ²)
Oct. 1967	Low	2151	6.7	9.9	18.5
	Middle	3765	6.2	8.6	23.0
	High	6543	6.3	7.8	34.6
May 1970	Low	2101	8.2	11.9	24.5
	Middle	3321	8.0	10.8	31.1
	High	5934	8.5	9.3	44.8
Apr. 1972	Low	2101	9.1	13.6	32.4
	Middle	3321	9.0	12.1	39.3
	High	5775	9.3	10.4	53.2

1970年は、トラップに影響をあたえると思われる標準地 (120 m²~140 m²) を再測定したために、各林分とも1967年の測定値と立木本数に差がみられるが、調査林分ではその間枯損はみられなかった。1970年以後、密林分では枯損がみられる。このように密林分ではすでに自然間引がみられ、林分は完全にうつ閉し、さらに中林分でもすでにうつ閉していると考えられる。

対象となったテーダマツ林分は生産量調査を行なった1967年以後、とくに外観的には昆虫類の被害をうけた様子は全くなく、マツカレハなど食葉性昆虫類は注意しなければ見つけることはできず、健全な状態で生育を続けている。

調査期間に、トラップに集められた落葉、落枝、樹皮その他リターの乾燥重量を示すと表-2のようになる。

Table 2. Annual litter-fall in Loblolly pine stands in dry weight.

Stands		May '68 ~ Apr. '69	May '69 ~ Apr. '70	May '70 ~ Apr. '71	May '71 ~ Apr. '72
Pine needles ton/ha	Low	6.47	4.96	4.80	4.83
	Middle	7.13	6.52	5.74	5.84
	High	7.95	7.32	6.12	5.83
Broad leaves kg/ha	Low	8.1	34.0	226.7	89.7
	Middle	18.0	34.0	81.2	155.8
	High	75.5	107.4	240.2	502.2
Branches kg/ha	Low	79.5	156.7	159.3	103.7
	Middle	156.0	190.2	119.6	88.5
	High	81.7	118.9	128.5	68.8
Others kg/ha	Low	244.8	233.2	248.4	319.1
	Middle	351.4	382.0	436.9	475.9
	High	333.3	398.3	478.9	463.4

テダマツ以外の広葉樹葉は、林内植生としてみられるサルトリイバラ、ホソバオダモ、ヒサカキ、コナラ、タイミンタチバナ、ウバメガシ、ヤマウルシ、ネジキなどが主なもので、さらに、その他としたものの大部分は樹皮で、ほかに昆虫類の死体も含まれるが非常にすくない。なお、調査テダマツ林の落葉量の季節変化を示すと図-1のようになり、4年間を通じほとんど同じ変化を示し、落葉最盛期は11~12月であることがわかった。

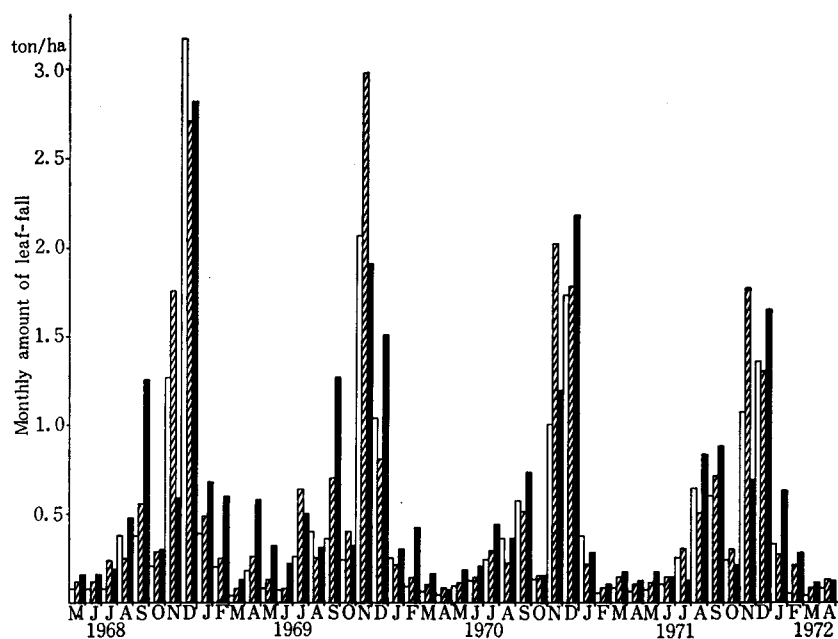


Fig. 1. Monthly variation of leaf-fall in Loblolly pine stands in dry weight.

- low density stand
- ▨ middle density stand
- high density stand

These marks apply in Fig. 5, 6, 7, 8 and 9.

2. 調査方法

食葉性昆虫による被食量を、その虫糞を集めることにより推定するために、トラップは極めてこまかい網目の、微細な虫糞もトラップからもれることのない化繊布地で作られた一辺1mの正方形の受け口面積1m²、深さ約50cmのものを、1林分(1標準地)4個あて設置した。虫糞調査用トラップとしてはこれより小形で十分と思われるが、落葉量調査と同時に資料を収集したために、受け面積1m²のトラップを用いた。

トラップは1968年4月21日に、疎、中、密の3林分に設置し、以後1972年4月20日までの4年間、毎月20日にトラップ内に落下した虫糞、落葉、落枝その他の資料を採取した。これらは研究室で、虫糞、落葉(テーダマツ、その他の樹葉)、落枝、樹皮を含むその他に分け、さらに虫糞はマツカレハ *Dendrolimus spectabilis* (クロスズメ *Hyloicus caligineus* を含める)、スジコガネ *Anomala testaceipes*、その他に分け、乾燥重量を求めた。また、1970年7月以後の採取資料からは、昆虫の摂食行動により切り落されたと思われる針葉を落葉中より選り分け、そのおのの長さ乾燥重量を測定した。

さらに、落下虫糞量より被食量推定の基礎資料として、つぎのような調査を行なった。すなわち、1971年6～7月には、調査林分を食害していたスジコガネの成虫を捕え、飼育ビンにてテーダマツ針葉を与えて個体飼育し、その摂食量、切り落し量、糞量を求めた。1971年および1972年には越冬後のマツカレハの幼虫を、テーダマツ、アカマツ、クロマツ針葉にて、個体飼育し、切り落し量、糞量を求めた。さらに京都大学農学部演習林本部苗畑に植えられているアカマツ、クロマツ(樹高約5m)樹下に、受け口50cm×50cmのトラップを設け、数日間隔で資料を集め、虫糞量と切り落された針葉量を、1971年6月上旬～8月中旬、1972年4月下旬～6月中旬に調査した。

3. スジコガネの個体飼育

スジコガネ(*Anomala testaceipes*)は、その成虫がスギ、ヒノキ、カラマツなど常緑針葉樹類の針葉を食害することは知られているが、マツ属の針葉を食害することは、わが国ではほとんど確認されていない。ただ、著者は以前に京都大学農学部上賀茂試験地に植えられている数種の外国産マツ属の針葉を食害しているのを観察したことがある。7月と8月に集められた資料に鱗翅目幼虫の糞と非常に形を異にした虫糞がみられ、調査の結果、スジコガネの成虫の糞であることがわかった。それで、1971年6月18日および7月10日に、調査テーダマツ林分の針葉を食害中のスジコガネの成虫を捕え、テーダマツ針葉で死亡まで個体飼育した。6月18日はスジコガネ成虫の発生初期で、7月10日はその最盛期であった。

個体飼育では、針葉長を与える前に測定し、それぞれ一部をサンプルし、針葉長と乾燥重量の関係を求め、与えた針葉を重量に換算する基礎とした。1～2日間隔で新鮮な針葉ととりかえ、残されている針葉を食い切られたものとそうでないものとに分けて乾燥重量を求め、同時に糞量を求めた。

個体飼育結果を表-3に示す。

スジコガネ成虫の生存(飼育)日数は、短いものは11日、最も長いものは40日で、8月2日にはすべての個体が死亡した。羽化してから捕えたときまでの成虫の生存日数が不明であるため、スジコガネ成虫の活動期間はこの結果だけでは、判断し難いが、40日間生存した個体がみられた

Table 3. Breeding of striated chafer.

	Survival days	Dry weight of faeces (mg)	Feeding in dry weight (mg)	Dry weight of cut-needles (mg)
6.18	40	1597	1846	2895
	23	1008	1166	1790
	23	1072	1238	2017
	19	637	710	1486
	18	837	962	1417
	11	433	475	814
7.10	23	532	615	1060
	20	433	495	784
	20	569	648	1027
	13	377	411	646

ことは、すくなくとも40日前後またはこれ以上生存し得るものと考えてよいのではないか。スジコガネ成虫の摂食量は、テーダーマツ針葉乾重で表-3のように0.41~1.85gと大きな差があらわれたが、これも全成虫期間の飼育でないため、これだけでは、成虫期の確かな摂食量はわからない。しかし最も長く生存した個体の摂食量(1.85g)あるいは平均日摂食量(30~50mg)は或る程度を目やすになるのではないと思われる。

スジコガネ成虫の摂食量と脱糞量との関係を求めると図-2のようになる。測定ごとに図上にプロットすると○印のようにややばらつきがみられるが、個体ごとにプロットすると×印のようにほとんどばらつきはなく、勾配1の直線関係が得られる。

この関係は

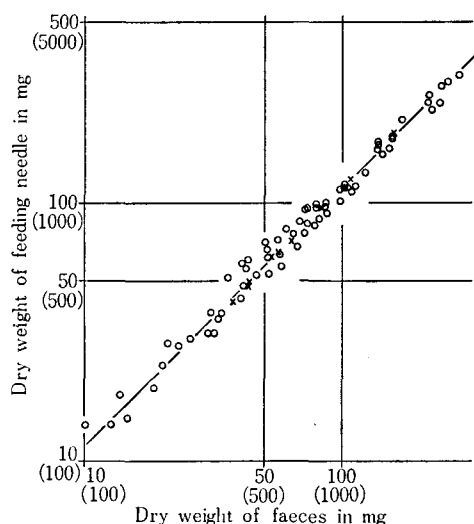


Fig. 2. Correlation between food consumption (F : feeding needle in dry weight) and dry weight of faeces (D) egested by adult of striated chafer.

$$F = 1.143D$$

○: value of each measurement

×: total value of individual

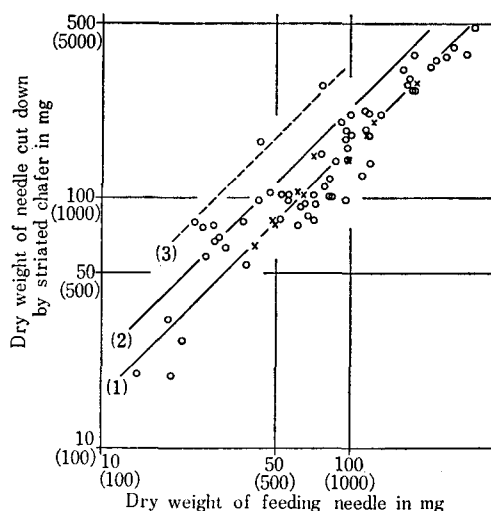


Fig. 3. Correlations between dry weight of needle (F_c) cut down by adult of striated chafer and its food consumption (F : feeding needle in dry weight)

(1) $F_c = 1.63F$

(2) $F_c = 2.30F$

(3) $F_c = 3.50F$

$$F=1.143D \quad F: \text{摂食針葉乾重量 (mg)}$$

$$D: \text{脱糞乾重量 (mg)}$$

となり、スジコガネ成虫の摂食量は脱糞量の 14.3% 増として求められることが判明した。

また、スジコガネの成虫は、その摂食行動に際し、針葉を先端から摂食せず、非常に不規則に摂食し、そのために被害部より先端が切り落される。個体飼育の結果、この切り落された針葉は摂食量の 150~200% となり、平均すると約 160% となった。スジコガネの摂食量と切り落し量の関係は図-3 のようになる。この場合、切り落された針葉は飼育ビンの底に残り、この一度切り落した針葉を再びスジコガネが摂食することが多く、この摂食が比較的すくなかった場合には、図-3 にみられるように、摂食量の 2 倍以上も切り落された針葉がみられ、本飼育結果より得られた平均値（切り落された針葉は摂食量の約 1.6 倍）では、過少と考えられる。脱糞量と切り落し量も同じような関係が得られ、平均すると脱糞量の 186% の針葉が切り落されたことになる。この平均値も同様に過少値と考えられる。

図-3 での $F_c=2.30F$ (F_c : 切り落される針葉) を用いて、切り落し量を推定する方が妥当かも知れない。

4. マツカレハの摂食行動により切り落される針葉

マツカレハの幼虫は、マツ属の針葉を摂食する際に、必ず、針葉の先端から摂食し始めるとは限らず、針葉の先端を一部残して途中から摂食し始めることが多い。この場合、その先端部分はマツカレハの幼虫には利用されずに切り落されてしまう。食葉性昆虫が林木に被害をあたえるのは、その摂食量に、この切り落される量を加えた被害量と考えるべきで、換言すれば、この被害量は林木側からでは、被食量とみなすべきであろう。このように、摂食量を知ることとともに、摂食活動により切り落される量を明らかにすることは重要なことである。

マツカレハの摂食量と脱糞量の関係についてはすでに明らかになっているのでここではとくに取り上げない。マツカレハの摂食活動により切り落される針葉についても一部は報告¹⁰⁾されているが、まだ十分と思われないのでさらに調査を重ねた。

4-1. 個体飼育の場合

Table 4. Breeding of pine caterpillar — cut needles by feeding behavior of these larvae.

	Pine species	No.	Sex	Cut needles		Dry-weight of faeces (g)	Dry weight of feeding (g)
				Total length (m)	Dry-weight (g)		
May ~ Jul. 1971	Loblolly pine	1	♀	16.2	1.97	11.63	15.1
		2	♂	6.7	0.88	7.81	10.2
		3	♀	7.6	0.89	15.61	20.3
	Japanese black pine	4	♀	6.0	1.61	22.29	27.9
		5	♀	1.9	0.48	20.49	25.6
		6	♀	9.7	3.03	23.09	28.9
	Japanese red pine	7	(※)	3.5	0.51	6.99	9.1
		8	♂	3.1	0.49	9.76	12.7
		9	♂	2.0	0.28	9.86	12.8
May ~ Jun. 1972	Loblolly pine	10	♂	6.4	0.68	5.66	7.4
		11	♂	2.5	0.32	4.67	5.3
	red pine	12	♂	2.3	0.30	9.53	12.4

(※) emergence of parasitic fly

1971 年, 1972 年に行なったマツカレハの越冬幼虫の個体飼育結果を表-4 に示す。

切り落された針葉量と摂食量を比較すると, 1970 年の調査も同様の結果がみられたが, 3 樹種ともマツカレハ幼虫の個体による差が相当にみられる。すなわち, 切り落された針葉量は, 多い場合には摂食量の約 13%, すくない場合には約 2% とその差は大きい。

切り落された針葉には, マツカレハが摂食し始めた針葉の部位によっていろいろな長さがみられ, その針葉長の分散を求めると図-4 のようになる。

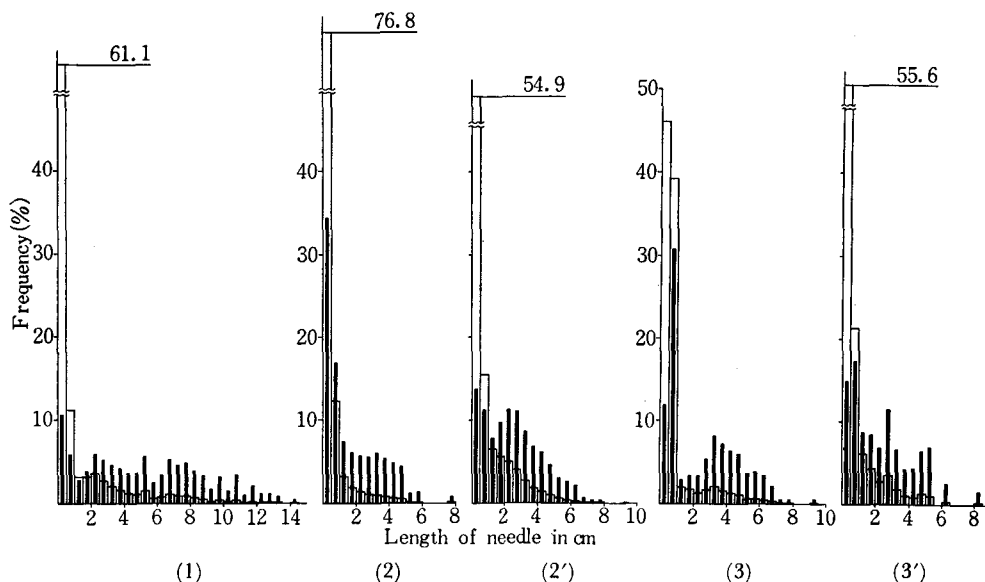


Fig. 4. Frequency distribution of needle cut down by feeding behavior of pine caterpillar in breeding (1, 2, 3) and field (2', 3').

(1) Loblolly pine, *pinus taeda*

(2) Japanese red pine, *P. densiflora*

(3) Japanese black pine, *P. thunbergii*

□: frequency of needle length

■: frequency of dry weight of needle

切り落された針葉の大多数が長さ 5 mm までで, 非常に短かく, ついで 5~10 mm の長さのものが多く, 3 樹種とも樹種による差はとくにみとめられない。このように 10 mm 以下の短い長さで切られた針葉が多いことは, マツカレハは多くの場合, 針葉の先端近くから摂食し始めると考えてよいであろう。マツカレハの摂食行動を観察していると針葉をたぐり寄せて摂食しているものをよくみかける。しかし図-4にみられるように, 切られる針葉すべてが, このように短いことはなく, 数はすくないが, 相当に長いものもみられる。その最長のものでは, 3 樹種とも針葉長の 7~8 割程度の長さで切られている。この結果は 1970 年の調査結果ともほぼ一致している。

4-2. 野外の場合

個体飼育の結果では, 切り落される針葉量に, マツカレハの個体差がみられたが, 野外ではトラップ上に特定の個体が生息しているとは限らず, 複数の個体の複合した結果としてあらわれる。演習林本部苗畑のアカマツ, クロマツ樹下に, トラップを設置して調査した結果, アカマツでは 1971 年には摂食量の 8.2%, 7.6%, 1972 年は 8.9%, 7.5%, クロマツでは 5.2% (1971 年), 9.9% (1972 年) となった。野外では, トラップ内に, 以前に切られたと思われる古い針葉

もみられる。これは樹上でクモの巣にひっかかったり、針葉間にはさまっていたものが、後から風や雨の影響で落下したためと思われる。クロマツでは枝をはたいてからトラップを設置したので、この古い針葉はみられなかったが、アカマツでは切り落された針葉量の 11.9%, 11.0% (1971年), 10.7%, 13.1% (1972年) が古い針葉であった。

以上のように、マツカレハの幼虫は針葉を摂食する場合、針葉の先端部を切り落す場合が多く、おおよそ摂食量の 10% 前後と考えられ、マツカレハの被害量としては、この量を見捨てることはできないと思われる。ただ、1本1本の針葉を摂食し始める時に必ず針葉の先端を切り落とすかどうか、とくに摂食行動を詳しく観察していないので、針葉を摂食し始める機会に対してどんな割合で針葉が切り落される機会が生じているかわからない。

5. テーダマツ林における食葉性昆虫の脱糞量

立木密度の異なるテーダマツ3林分に設置された、トラップに落下した食葉性昆虫の糞を選り分け、確認された種についてはそれぞれ区別し乾燥重量を求めた。

5-1. マツカレハとクロスズメの脱糞量

マツカレハ (*Dendrolimus spectabilis*) とクロスズメ (*Hyloicus caliginus*) は糞の形がくずれなければ、両者を選別することは可能と思われるが、トラップの採取間隔が1カ月であるため、早く排泄された糞は形がくずれて両種を見分けることは非常に困難で、さらに針葉間、クモの巣など樹上にひかかっていた糞が落葉とともに落下するなど排泄時より相当におくれてトラップに入ったものでは形がくずれているものが多く、実際には、この両種の糞を選り分けることは不可能であった。調査林分のクロスズメの生息数はマツカレハと比べて非常にすくなかった。

4年間の脱糞量の推移を示すと図-5のようになる。

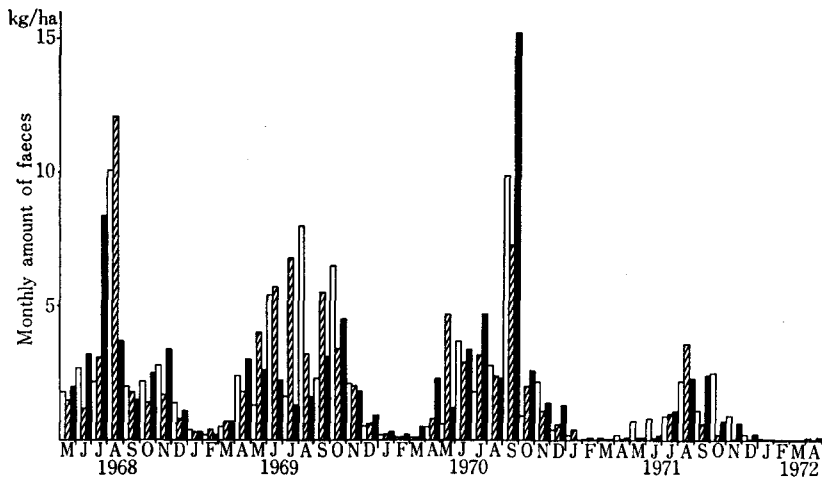


Fig. 5. Monthly variation of faeces egested by pine caterpillars and larvae of black hawk moth in dry weight.

マツカレハは年1回発生が普通であるが、日本南部や大平洋岸の比較的暖かいところでは年2回発生の個体もみられ、白浜でもこの年2回発生の個体が比較的多く、両者がまざって生息しているようである。さらに冬期間は、マツカレハは幼虫態で越冬し、越冬には被害樹の樹冠から降

りて幹の下部の厚い樹皮の割れ目や地上の落葉枝など地被物の下にもぐとされているが、京都でも樹上の針葉間などで越冬している幼虫をたびたび見かけ、白浜のような暖かいところでは、このような越冬行動を必ずするとは限らないようである。冬期間にトラップに落下した虫糞の大部分は、樹上にひっかかっていたものが落下したと思われる相当に古い虫糞であったが、一部比較的新しい虫糞もみられ、冬でも暖かい日にはいくらか活動しているのではないかと考えられる。白浜では冬でも最高温度が 20°C を越える日もみられ、マツカレハが活動しても不思議ではないが、実際には調査中には摂食しているマツカレハを確認する機会にはなかった。

年間の脱糞量の動きには、とくに年により大きな差はみられなかったが、年間総脱糞量では、はじめの3年とあと1年で相当な差がみられた。すなわち、3林分とも $21\sim 32\text{ kg/ha}$ の糞量がみられたが、最後の1年間には $6\sim 9\text{ kg/ha}$ と $1/3$ 以下に減少した。

5-2. スジコガネの脱糞量

スジコガネは6月下旬から8月に成虫が羽化活動する。調査結果を示すと図-6のようになり、7月および8月採取分にその虫糞が多くみられる。

1969年と1971年に多量の虫糞がみられ、1968年、1970年は非常にすくなく、調査林分ではスジコガネは隔年に発生していることがわかる。発生年の1969年には2カ月間にマツカレハの年間の糞量とほぼ同量の糞がみられ、1971年にはマツカレハの糞の2倍の糞がみられた。

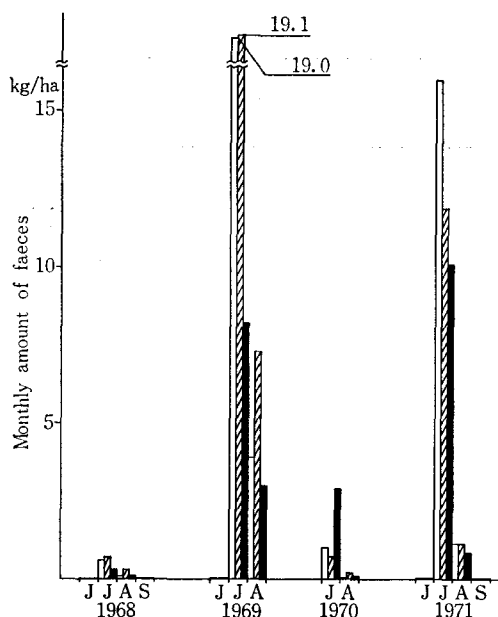


Fig. 6. Monthly variation of faeces egested by adults of striped chafer in dry weight.

5-3. その他の虫糞量

種が判明したものほかに、不明の虫糞が

5, 6種類みられ、そのうち、比較的大きな虫糞（マツカレハの終令位の大きさ）は夏～秋に採取された。調査中にハバチ類のマユがトラップに入っていたことからハバチ類の糞がまざっていることは確かである。しかしハバチ類は小型で、量として大きく影響しているとは考えられない。このような種不明の虫糞は年間を通じて集められたが、大形の虫糞がみられる夏～秋にとくに多かった。また冬期にも虫糞はみられた。

5-4. テーダマツ林の食葉性昆虫の脱糞量

4年間の食葉性昆虫の脱糞量とその季節変化を示すと表-5および図-7のようになる。

図-7より夏期に昆虫類が多く活動していたことがわかる。すなわち、7～9月の虫糞量は、すくないときでも年間の半分を占め、中林分では、1971年夏期に90%とほとんど年間の糞の大部分が集められている。マツカレハは、1968～1970年の3年間はとくに大きな差はないが、1971年の減少が目立っている。白浜試験地として、マツカレハの発生はとくに目立たず、生息数は非常にすくなく、ほとんど皆無と考えるてもよいほどである。1971年の発生が前年に比べて大きく減少した原因はとくに見当らず、マツカレハは調査テーダマツ林で、この程度の増減で経年的な

Table 5. Amount of dry-weighted faeces of leaf-eating insects in the Loblolly pines in kg per hectare.

		1968	1969	1970	1971
Stands		('68.5 ~'69.4)	('69.5 ~'70.4)	('70.5 ~'71.4)	('71.5 ~'72.4)
Pine caterpillar	Low	28.61	28.65	22.78	9.38
	Middle	26.89	32.30	24.51	5.72
	High	30.01	21.30	32.25	7.65
Striated chafer	Low	0.72	22.90	1.04	17.11
	Middle	1.00	26.48	0.90	13.02
	High	0.48	11.19	2.98	10.98
Others	Low	5.05	6.70	3.14	6.61
	Middle	5.76	5.62	12.69	6.81
	High	5.83	4.63	4.59	10.19
Total	Low	34.38	58.26	26.96	33.10
	Middle	33.64	64.40	38.09	25.56
	High	36.31	37.13	39.82	28.82

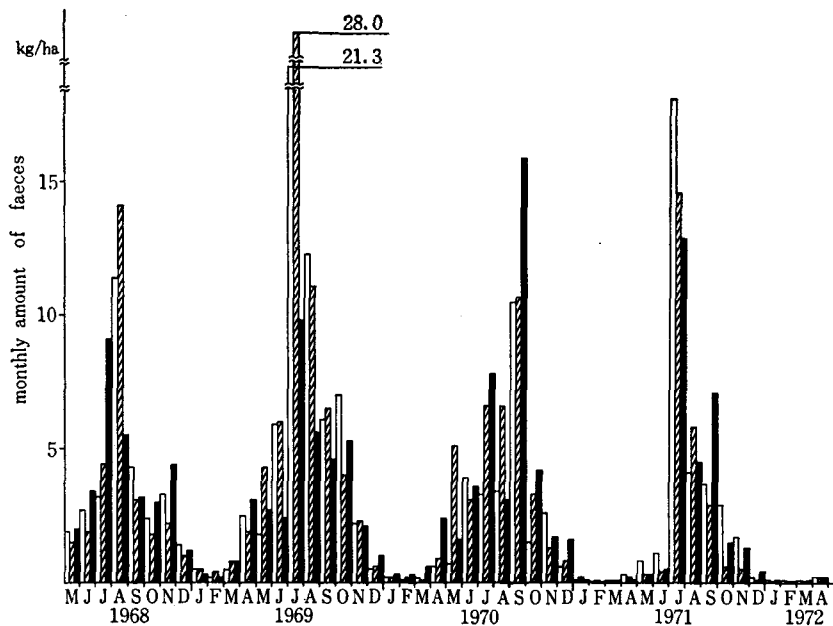


Fig. 7. Monthly variation of faeces egested by leaf-eating insects in Loblolly pine stands.

発生を続けているものと判断してよいのではないか。

テダマツ林での虫糞量は、最も多い場合でも1969年中林分で64.4 kg/haで、多くは30~40 kg/haとなった。これまでに調査された高知県下のモミ林¹³⁾やツガ林¹³⁾の約70 kg/ha(著者は過少値と述べている)、亜高山帯針葉樹林(志賀山)^{14,15)}の110~120 kg/ha(糞とごみの合計で、糞量はその1/2またはそれ以下と考えられる)¹⁶⁾と比べて大きな差はみられない。さらに、斉藤¹⁷⁾、佐藤¹⁷⁾もヒノキ林、アカマツ林で虫糞量を調査しているが、その値は小さく、トラップに用いた布の網目が大きかったようである。今後の調査には、本調査に用いたような微細な虫糞をも捕えることのできる布を用いる必要がある。健全な森林であっても、常時この程度の糞量が回収されるほどの昆虫類は生息しているものと理解すべきであろう。

6. テーダマツ林の食葉性昆虫による被食量の推定

6-1. 食葉性昆虫の摂食行動により切り落された針葉

1970年7月以後採取の資料から食葉性昆虫により切り落されたと思われる針葉を落葉より選

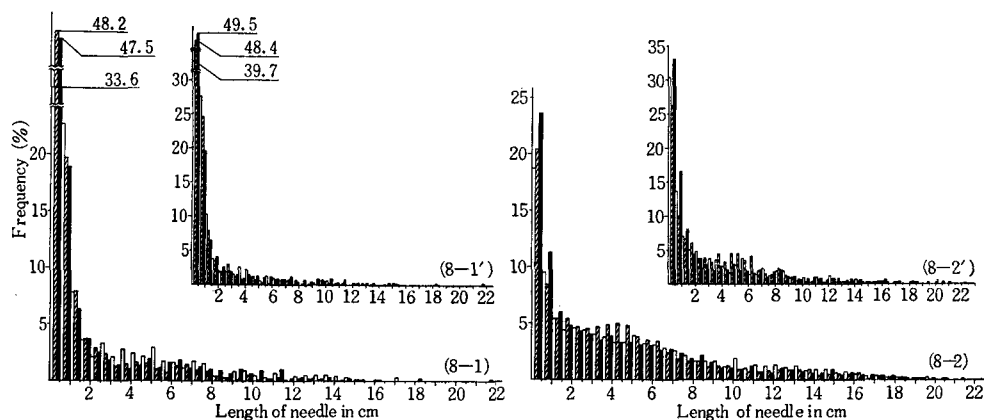


Fig. 8. Frequency distribution of needle cut down by feeding behavior of leaf-eating insects.

8-1 : from June 21, 1970 to April 20, 1971

8-1' : except from June 21 to August 20, 1970

8-2 : from April 21, 1971 to April 20, 1972

8-2' : except from June 21 to August 20, 1971

り分け、その長さによる分散を示すと図-8のようになる。この切り落された針葉は、スジコガネ成虫によるものとマツカレハを含む鱗翅目幼虫によるものとを区別することができなかった。ただ、比較的長く切られたものは、その食痕から判断して大部分がスジコガネによるものと思われる。20 cm を越える長さで切られたものは、テーダマツの針葉長から考え、葉鞘部近くを食害されたためと考えられる。

1970年と1971年とを比べて、後者の方が針葉が長い状態で多く切られていることがわかる。この原因として、1971年にはマツカレハなど鱗翅目幼虫の食害量に比べてスジコガネの食害量が多く、スジコガネによる切り落し量が多くを占めているためと考えられる。スジコガネが活動していた7月および8月採取の資料を除いて同様に分散を求めると、これを裏付ける傾向がみられる。1970年はスジコガネの発生がすくなくだったので、大き

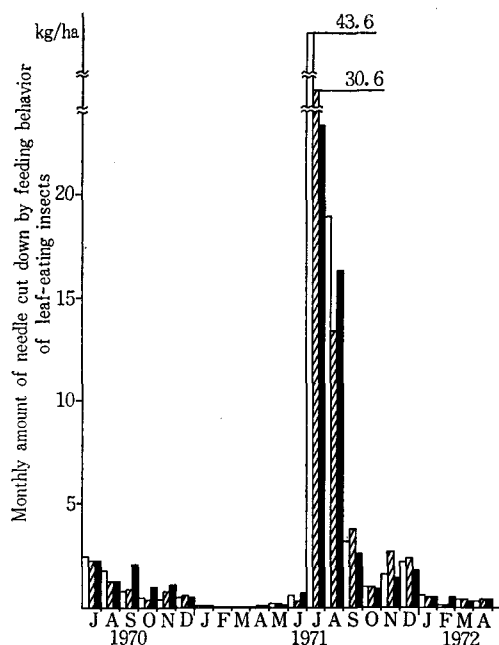


Fig. 9. Monthly variation of needle cut down by feeding behavior of leaf-eating insects in Lob-lolly pine stands in dry weight.

な差はみられないが、1971年は短く切られた針葉がより多くを占め、個体飼育でみられた分散(図-4)に近づく。しかし、9月以後の採取資料にも、樹上にひかかっていたと思われるスジコガネによって切られた針葉も一部含まれているので、これを除くことができれば、さらにその差はより明らかとなるだろう。

切り落された針葉量の季節変化を示すと図-9のように、1971年7月および8月に非常に多く、明らかにスジコガネの発生により多量に針葉が切り落されていることがわかる。このようにスジコガネの発生期に多くの針葉が切られているが、その一部は樹上にひっかかり、おくれて落下したものもある。9月以後にもスジコガネが活動し終ってから、明らかにスジコガネに被害されたと思われる針葉がトラップに落下していた。

6-2. 落下虫糞の降雨による重量減少

トラップに落下した虫糞は、資料採取間隔が1カ月であるため、降雨に洗われて重量が減少しているものと思われる。そのため、この減少量を補正しなければ、正確な脱糞量とは考えられず、脱糞量より摂食量に換算してもその推定値は過小となる。

そこで、実際の林分での調査が不可能であったので、演習林本部苗畑で、サランネット一枚で屋根(高さ約1.5m)をつくり、テードマツ林に用いたトラップと同じ化繊布でつくった小型のトラップを、地上約60cmの高さに設け、その中に約1gのテードマツを摂食したマツカレハの糞を入れ、日数経過による重量減少を調べた。さらに、同じ布で袋をつくりマツカレハの糞を入れ、水中に浸し、同様重量減少を調べた。1回目は1971年6月2日にテードマツ針葉を摂食している終令前および終令前半のマツカレハの糞を、2回目は終令後半の糞を用いて7月21日に設定し、以後の重量減少を求めた。その結果を表-6に示す。

Table 6. Loss of faeces-weight by precipitation — a case of faeces of pine caterpillar mature larvae.

Experiment I (6. 2~7. 2)

		6. 7	6. 12	6. 17	6. 22	6. 27	7. 2
Field	Relative weight (%)	<u>77. 1</u> 76. 4~77. 8	<u>75. 8</u> 75. 4~76. 8	<u>74. 7</u> 74. 2~75. 5	<u>74. 4</u> 73. 6~75. 0	<u>74. 6</u> 74. 4~74. 9	<u>73. 5</u> 72. 6~73. 9
	Precipitation (mm)	60. 2	27. 9	6. 9	10. 5	0	32. 5
In water	Relative weight (%)	<u>74. 8</u> 73. 7~75. 9	<u>7. 41</u> 73. 7~74. 3	<u>73. 9</u> 73. 3~74. 4	<u>73. 9</u> 72. 5~74. 9	<u>72. 3</u> 71. 9~72. 6	<u>71. 7</u> 70. 2~72. 7

Experiment II (7. 21~7. 28)

		7. 22	7. 23	7. 24	7. 25	7. 26	7. 28
Field	Relative weight (%)	<u>76. 7</u> 76. 4~77. 1	<u>74. 0</u> 73. 0~74. 7	<u>72. 9</u> 72. 2~73. 8	<u>71. 5</u> 70. 5~72. 5	<u>72. 1</u> 71. 2~72. 7	<u>70. 6</u> 69. 4~71. 5
	Precipitation (mm)	25. 9	51. 5	27. 3	20. 4	6. 3	26. 4
In water	Relative weight (%)	<u>71. 5</u> 70. 2~73. 5	<u>70. 0</u> 69. 8~70. 7	<u>71. 3</u> 70. 6~71. 6	<u>69. 6</u> 69. 5~69. 9	<u>69. 7</u> 68. 1~71. 3	—

1 回目と 2 回目の調査にやや重量減少に差がみられたが、用いた糞の質（幼虫の発育段階）の差かその他の原因か、ここでは明らかではない。ただ、同じように水中に浸したもので、5 日後に 5 % の差があらわれ、野外のものも 5 日後に同様の差があらわれたことは、糞の質が影響している可能性が強い。虫糞は降雨によって重量減少することが明らかになり、とくに、一度の降雨で減少量の大部分を減少させてしまうことがわかった。7 月 26 日に、さらにこれを確認するために、終令のマツカレハの糞を 24 時間降雨中に置いた結果、その間の降雨量 21.7 mm で、5 資料の平均で 77.3% に重量が減少し、2 回目の調査とほぼ一致した。マツカレハの糞では、降雨にさらされないものの重量の変化を知ることはできなかったが、マイマイガの糞を用いた調査では、降雨のない 48 時間後で重量減少はみられなかった¹⁸⁾ので、マツカレハの糞——他の鱗翅目幼虫の糞——も多分降雨にさらされなければ重量は減少しないものと考えられる。

6-3. マツカレハ（クロスズメ）による被食量の推定

テダマツ林のマツカレハによる被食量をつぎのような考えで推定する。

(1) 選り分けられた虫糞量より前述のように降雨による重量減少を補正し、排泄時の重量に換算する。トラップからの資料採取間隔が 1 カ月であるため、その間には必ず降雨があり虫糞は重量減少をおこしている。さらに早く排泄されたものとそうでないものがまざっているが、一度の降雨で約 77% に重量が減少すること、降雨が続いても 70% より減少しないと思われることなどから、本資料の虫糞は約 75% に減少しているものとする。しかし、樹上にひっかかっておくれで落下した虫糞はさらに大きな重量減少をおこしているかも知れないが、この点は不明である。

(2) 摂食量と脱糞量の関係を用いて摂食量を推定する。すなわち、マツカレハとクロスズメでは、アカマツを摂食した場合にその関係にすこし差がみられるので、テダマツを摂食した場合も同じことが考えられるが、本調査では、クロスズメの生息数がマツカレハに比べて非常にすくなかったため、ここではマツカレハ幼虫がテダマツを摂食して得られた摂食量と脱糞量の関係を用いる。

(3) 個体飼育で得られた平均値では、脱糞量の 10.33% に当る針葉が切り落されたので、マツカレハに切られる針葉量の推定にはこの値を用いる。

以上のような考えで、テダマツ林分のマツカレハによる被食量を推定すると 1968 年には 47~52 kg/ha, 1969 年は 37~56 kg/ha, 1970 年は 40~56 kg/ha, 1971 年は 10~16 kg/ha となった。マツカレハの生息数を糞を数えることによって推定した結果、ha 当り約 10,000 頭と推定されたのは、孵化後間もない若令幼虫だけで、4, 5~終令に発育した幼虫は 1,000~5,000 頭と推定され、とくに 1971 年には 500~2,000 頭と生息数は非常にすくなかった。

6-4. スジコガネによる被食量の推定

降雨によるスジコガネの糞の重量減少が不明であるが、ここではマツカレハでの値を用い、糞量から摂食量の推定は前述の飼育結果 ($F=1.143D$) を用いる。切り落される針葉量は飼育結果の平均値 (過小と思われる) および $F_c=2.30F$ を用いる。推定されたスジコガネによる被食量は 1968 年には 1.2~2.5 kg/ha, 1.7~3.5 kg/ha, 1969 年は 28~66 kg/ha, 39~93 kg/ha, 1970 年は 2.2~7.4 kg/ha, 3.2~10.4 kg/ha, 1971 年は 27~42 kg/ha, 39~60 kg/ha となった。

6-5. 食葉性昆虫による被食量の推定

マツカレハ（クロスズメ）、スジコガネ以外の食葉性昆虫については上記のような基礎資料が

ないため、ここではマツカレハの資料を用いてその被食量を推定する。

以上のような考え方で、4年間に集められた食葉性昆虫類の脱糞量より、調査テダマツ林の食葉性昆虫による被食量を推定すると表-7のようになる。

Table 7. Grazing by leaf-eating insects in Loblolly pine stands in kg per hectare in dry weight.

Insects	Stands	1968 (‘68. 5~’69. 4)		1969 (‘69. 5~’70. 4)		1970 (‘70. 5~’71. 4)		1971 (‘71. 5~’72. 4)	
		Feeding	Cut needles	Feeding	Cut needles	Feeding	Cut needles	Feeding	Cut needles
<i>Dendrolimus spectabilis</i> Pine caterpillar	Low	49. 6	3. 9	49. 7	4. 0	39. 5	3. 1	16. 3	1. 3
	Middle	46. 6	3. 7	56. 0	4. 5	42. 5	3. 4	9. 9	0. 8
	High	52. 2	4. 1	36. 9	2. 9	55. 9	4. 4	13. 3	1. 1
<i>Anomala testaceipes</i> Striated chafer	Low	1. 1	1. 8* 2. 5**	31. 7	56. 8 72. 8	1. 6	2. 6 3. 6	26. 1	42. 4 60. 0
	Middle	1. 5	2. 5* 3. 5**	40. 4	65. 7 92. 8	1. 4	2. 2 3. 2	19. 8	32. 3 45. 6
	High	0. 7	1. 2* 1. 7**	17. 1	27. 7 39. 2	4. 5	7. 4 10. 4	16. 7	27. 2 38. 5
Others	Low	8. 8	0. 7	11. 6	0. 9	5. 4	0. 4	11. 5	0. 9
	Middle	10. 0	0. 8	9. 7	0. 8	22. 0	1. 8	11. 8	0. 9
	High	10. 1	0. 8	8. 0	0. 6	8. 0	0. 6	17. 7	1. 4
Total	Low	59. 6	6. 4 7. 1	93. 0	61. 7 77. 7	46. 5	6. 1 7. 1	53. 9	44. 6 62. 2
	Middle	58. 1	7. 0 8. 0	106. 1	71. 0 98. 1	65. 9	7. 4 8. 4	41. 5	34. 0 47. 3
	High	63. 0	6. 1 6. 6	62. 0	31. 2 42. 7	68. 4	12. 4 15. 4	47. 7	29. 7 41. 0
Grazing	Low	66. 7		170. 7		53. 6		116. 1	
	Middle	66. 1		204. 2		74. 3		88. 8	
	High	69. 6		104. 7		83. 8		88. 7	

* estimated by $F_c=1.63F$ in Fig. 3

** estimated by $F_c=2.30F$ in Fig. 3

切り落される針葉の推定値と、実際に落葉中より選り分けた針葉量を比べると、スジコガネの切り落し量の推定方法のうち、飼育結果の平均値を用いた場合には、実際の切り落し量の約60%となり、やはり相当に過小に推定していることがわかる。また、摂食量の2.3倍として推定した場合には、実際の約90%となり、比較的近い値となった。この結果から推察すると、スジコガネ成虫の摂食行動による切り落し量は摂食量の約2.3倍またはそれ以上と考えられる。

このように推定されたテダマツ林の食葉性昆虫による被食量(=食害量)が、どの程度テダマツに影響をあたえたかを知るために、林分の葉量と比較すると、3林分とも被食量は同期間の落葉量の3%にも達しない。落葉量を新葉量と考えるならば、テダマツの針葉はほぼ2年間着葉しているから、針葉の被害量はさらに軽微で無視される量である。Bray²⁰⁾は落葉広葉樹林で

3年間の調査で、葉の食われる比率を6～12%と報告し、これと比べると調査テダマツ林の被食量は非常にすくなく、テダマツ林分は全く食葉性昆虫の被害をうけることなく生育を続けていることが明らかになった。

あ と が き

健全に生育が続いていると思われる白浜のテダマツ林の食葉性昆虫による被食量を調査推定したが、本推定段階では、まだ一部資料不足もみられ、この点については今後調査を続けなければならないであろう。ただ、これまであまり多く調査されていない被食量の推定について、一応一つの考え方を提示することができたと考えられ、これを機会にさらに多くの資料が積み重ねられていくことを期待したい。

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，京大演報，**35**，177-206，(1964)
- 2) ————：摘葉によるマツカレハ被害の模型試験，日林誌，**46**，52-59，(1964)
- 3) ————：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)
- 4) ————：マツカレハの被害をうけた壮令アカマツ林の生育，京大演報，**37**，9-24，(1965)
- 5) 近藤秀明・神永翔六・古野東洲：マツカレハの被害をうけた若令アカマツ林の生育，茨城林試報，**2**，1-17，(1968)
- 6) 古野東洲：クロマツの生育におよぼす摘葉の影響，京大演報，**40**，16-25，(1968)
- 7) ————：テダマツの生育におよぼす摘葉の影響，京大演報，**43**，61-72，(1972)
- 8) ————・岡本憲和：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，(1964)
- 9) ————：マツカレハ幼虫の摂食量について，日林誌，**45**，368-374，(1963)
- 10) ————・大村寿郎：マツ属食葉性昆虫，とくにマツカレハの摂食量と脱糞量の関係について，京大演報，**42**，27-36，(1971)
- 11) 赤井龍男・古野東洲：テダマツ幼令林の落葉量と被食量について，京大演報，**42**，83-95，(1971)
- 12) ————・———・上田晋之助・佐野宗一：テダマツ幼令林の物質生産機構，京大演報，**40**，26-49，(1968)
- 13) 安藤 貴・千葉喬三・牟田克美：モミ・ツガ林のリター量（1969年の値），森林生態系の一次生産力の比較研究班中間報告，9-14，(1971)
- 14) 佐藤大七郎ほか：志賀山特別研究地域亜高山帯針葉樹林の林分概況と落葉枝量の概算（予報），亜寒帯および温帯林生態系の生物生産力，昭和45年度研究報告（I），6-13，(1971)
- 15) 寺田美奈子・伊野良夫・大島康行：志賀山特別研究地域亜高山帯針葉樹林のリターによるN, P, K, Caの林床への還元量，森林生態系の一次生産力の比較研究班中間報告，82-84，(1972)
- 16) 齊藤秀樹：森林のリターフォール量の推定に関する研究，(1972)
- 17) 佐藤昭敏・加藤亮助：アカマツ幼令林における落葉落枝量の季節変化（予報），20回日林東北支構，54-57，(1968)
- 18) 古野東洲：未発表。
- 19) KIKUZAWA, K. & T. FURUNO: The Estimation of population Density of the Pine Caterpillar, *Dendrolimus spectabilis*, Bull. Kyoto Univ. For., **40**，7-15，(1968)
- 20) Bray, J. R.: Primary Consumption in Three Forest Canopies, Ecol., **45**，165-167，(1964)

Résumé

The investigation on the grazing of the animals in the forest was rarely reported in the past. In order to estimate the loss of forest canopies by the grazing of leaf-eating insects, it is necessary to investigate the food consumption of leaf-eating insects and their faeces.

During four years from April 21, 1968 to April 20, 1972, faeces of leaf-eating insects were monthly investigated in three Loblolly pine (*Pinus taeda*) stands (Table 1) planted in the Shirahama Experimental Station of Kyoto University Forest in March, 1961. Moreover, the individual breeding of the adult of the striated chafer (*Anomala testaceipes*) and the pine caterpillar (*Dendrolimus spectabilis*) was carried out in the laboratory of University Forest in Kyoto.

Four traps of the surface of one square meter (1 m × 1 m) were set up in each stand to collect the egested faecal pellets of leaf-eating insects. These traps were made of Teton-cloth of fine mesh and were made in the shape of inverse funnel (photo. 4). The faeces were collected monthly for four years and they were selected, oven-dried and weighed in the laboratory. The grazing by leaf-eating insects in three Loblolly pine stands was estimated from these faeces egested in traps.

The results obtained from the investigations were as follows:

1) The adult of the striated chafer emerged from June to August in Loblolly pine stands of Shirahama. Especially, they emerged mostly in 1969 and 1971.

2) The food consumption of the adults of the striated chafer was in proportion to these faeces, and the food consumption was 1.143 times of the faeces in the case of feeding of Loblolly pine needles (Fig. 2);

$$F=1.143 D$$

in which F =food consumption and D =faeces in dry weight.

3) The needles were cut down by the feeding behavior of the striated chafer and the pine caterpillar. In the case of the former, the amount of the needles was estimated to be about 2.3 times of the food consumption (Fig. 3). In the latter, the amount seemed to be about 10% of the feeding.

4) In three Loblolly pine stands, the faeces of the pine caterpillar (including the black hawk moth) weighed 21~32 kg/ha in 1968, 1969 and 1970, and 6~9 kg/ha in 1971 in dry weight. The dry weight of the faeces of the striated chafer was 0.5~1.0 kg/ha in 1968, 11.2~26.5 kg/ha in 1969, 0.9~3.0 kg/ha in 1970 and 11.0~17.1 kg/ha in 1971. The faeces of leaf-eating insects except the above three species weighed 5~10 kg/ha every year.

5) The amount of the faeces of leaf-eating insects in the summer (from June 21 to September 20) reached 50~90% of the egested for one year, while it was only 1~5% in winter (from December 21 to March 20).

6) The annual loss of canopies by grazing of leaf-eating insects in Loblolly pine stands was estimated at about 54~204 kg per hectare in dry weight (Table 7), and it seems that there were no damage in Loblolly pine stands.



Photo. 1



Photo. 4



Photo. 2

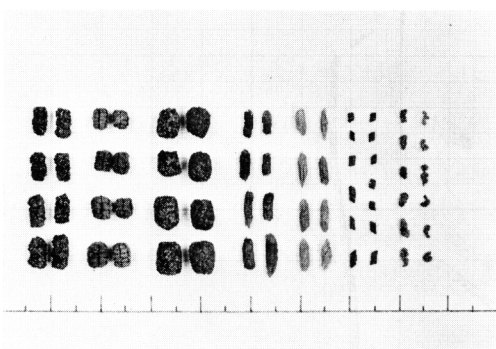


Photo. 5



Photo. 3

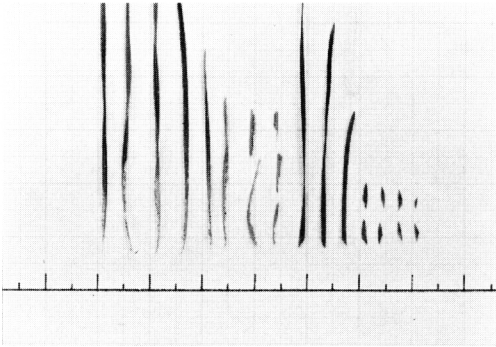


Photo. 6

Description of photographs.

Tree canopy of Loblolly pine stand. (1972, 4, 18)

Photo. 1. low density stand

2. middle density stand

3. high density stand

Photo. 4. Trap set up in high density stand of Loblolly pine stand. Surface area of trap is one meter square.

Photo. 5. Principal faecal pellets collected in the traps.

the left side: faeces of pine caterpillar

the right side: faeces of striated chafer

others: faeces of unconfirmed species

Photo. 6 and 7. Needles cut down by feeding behavior of pine caterpillar (right) and adult of striated chafer (left).

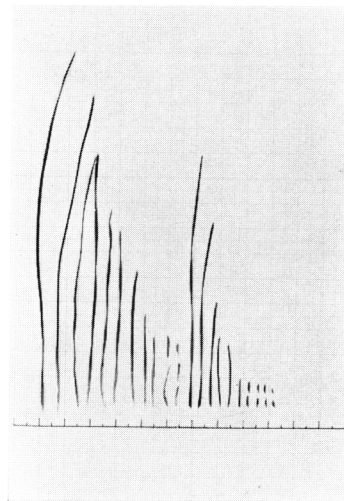


Photo. 7