

テダマツ幼-壮齡林のリターフォールについて

古野 東洲・上中 幸治・羽谷 啓造

Litter Fall and its Annual and Monthly Fluctuations in Young — Thrift Loblolly Pine, *Pinus taeda* L., Stands over Seventeen Years

Tooshu FURUNO, Kōzi UENAKA and Keizō HAYA

要 旨

京都大学農学部附属演習林白浜試験地で、植栽密度を3段階に変えて育てられているテダマツ林 (*P. taeda* L.) のリターフォールを、1968年5月から1981年4月 (林齢8年から20年) の13年間 (低密度 (A林分), 中密度 (B林分)) および1985年5月までの17年間 (高密度 (C林分)) にわたって調査した結果、以下のことが明らかになった。

テダマツ林の年落葉量は、3.00–6.47 ton/ha・yr (A林分), 3.23–7.13 ton/ha・yr (B林分), 3.76–7.95 ton/ha・yr (C林分) で、うっ閉初期と思われる調査初期の落葉量がとくに多かった。落葉量は次第に減少し、各林分とも、1977年に最小となり、以後、再び増加の傾向を示している。

落枝量は、217.1–1,239.0 kg/ha・yr (A林分), 292.3–1,838.0 kg/ha・yr (B林分), 367.5–1,404.0 kg/ha・yr (C林分) で、林分の生育とともに増加している。とくに、台風の通過で多量の落枝がみられた。

雄花、雌花、球果、種子の生殖器官は、1973年まではみられなく、以後、次第に増加しているが、多いC林分でも20 kg/ha・yr 前後で、調査したテダマツ林の結実は多くない。

食葉性昆虫類の虫糞は、27.0–69.0 kg/ha・yr (A林分), 22.7–64.4 kg/ha・yr (B林分), 24.2–59.5 kg/ha・yr (C林分) で、各林分とも似たような虫糞量を示し、大きな年変動はみられない。隔年に発生するスジコガネの糞が年間量の50%に達した年もあった。

昆虫類の死体は、3林分とも大きな違いはなく、0.4–2.6 kg/ha・yr で非常にすくなかった。

総リターフォールは、A林分は3.90–6.83 ton/ha・yr (5.28 ± 0.77 ton/ha・yr), B林分は4.44–7.69 ton/ha・yr (5.82 ± 1.00 ton/ha・yr), C林分は4.53–8.48 ton/ha・yr (6.44 ± 0.98 ton/ha・yr) 高密度林分ほど総リターフォールは多かった。

虫糞量から推定された食葉性昆虫類による被食量の49.9–239.7 kg/ha・yr は、落葉量の1–8%に相当し、調査例の多くは3%以下で、昆虫類の食害量は無視し得る量であった。

ま え が き

テダマツ (*P. taeda* L.) は北アメリカ大陸の北緯29°から37°のアメリカ東南部に天然分布している¹⁾。日本に導入された外国産マツ属樹種のなかでもスラッシュマツ (*P. elliotii* ENGELM.) とともに生育の良好な種で、本州中部以西の各地に造林され、多くの造林成績の報告とともに、その生産力が調査されている。

京都大学農学部附属演習林においても、上賀茂試験地と白浜試験地にテーダマツの実験林が育てられ、生育状況、生産力が調査されている^{2,3,4)}。白浜試験地では、1961年に植栽密度を3段階にかえて、満1年生のテーダマツを植栽し、施肥してその後の生育状況が調査されている⁵⁾。本林分の初期の成長、幼齢時の生産力⁴⁾、リターフォール⁶⁾はすでに報告されている。

本報告は、1968年5月以後1985年4月までのテーダマツ3林分のリターフォールの季節変化、年変動をまとめたものである。なお、調査初期の2カ年の落葉量⁶⁾、4カ年の食葉性昆虫による被食量⁷⁾についてはすでに報告されたが、これらの資料を加えて連続したデータとして再検討し本報告にまとめた。

本報告をまとめるに際し、有益な御助言をいただいた大畠助教授に深謝するとともに、現地で資料の採集等御協力いただいた白浜試験地の上中光子技官、故那須孝治技官に御礼申し上げる。

調査林分の概況

調査林分は、立木密度が疎、中、密の3段階に分けられた3林分で、各林分ともチツソ、リンサン、カリがそれぞれ15:8:8に配合された肥料を、テーダマツ1本あたり100gずつ植付け時(1961年3月)から3カ年続けて毎年4月に施された1区画約0.05haの小林分である。1967年10月現在の各林分の立木本数は疎林分(林分A)でhaあたり2151本、中林分(林分B)で3765本、密林分(林分C)で6543本で、林分BおよびCでは、すでに被陰による枯損木がみられた。林分の推移は表-1のように、各林分ともにつ閉による枯損木が多くあらわれ、1967年と比べて、とくに1985年のC林分では半数以上が枯れている。陽性の樹種であるテーダマツは一度林冠下に被圧されれば、上木の事故がない限り成長を続けて林冠木になることは困難で、林冠木、被圧木を記録した1977年3月以後、各林分の枯損木は林冠に被圧された小径木にみられた(図-1)。なお、1982年3月にB林分とC林分の優勢木(DBH 15.5cm, 17.0cm)が枯れ、マツノマダラカミキリの幼虫が棲息し、マツノザイセンチュウによると認められる枯損木があらわれた。テーダマツはマツノザイセンチュウに強い抵抗性を持っている^{8,9)}のでマツノザイセンチュウに起因する枯死は他にみられなかったが、調査地がマツ枯れ激害地の白浜試験地¹⁰⁾であり、マツノザイセンチュウ接種試験で、3倍接種区のテーダマツが枯れた例⁹⁾があり、本調査林分における優勢木の枯死も稀な例として納得することができる。

Table 1 Discription of three loblolly pine stands investigated

Stand	Investigate Stand age	(yrs)	1967. 10 7	1970. 3 9	1975. 2 14	1980. 3 19	1985. 2 24
	Stand density	(No./ha)	2151	2101	2101	1957	1513
A	Mean DBH	(cm)	9.9	11.9	14.5	15.7	16.9
	Mean height	(m)	6.7	8.2	10.4	—	11.8
	Basal area	(m ² /ha)	18.5	24.5	36.8	32.9	36.7
	Stand density	(No./ha)	3765	3321	3321	2544	2049
B	Mean DBH	(cm)	8.6	10.8	12.6	13.8	15.2
	Mean height	(m)	6.2	8.0	9.9	—	11.3
	Basal area	(m ² /ha)	23.0	31.1	43.4	39.1	38.3
	Stand density	(No./ha)	6543	5934	5142	3877	2848
C	Mean DBH	(cm)	7.8	9.3	11.5	13.0	14.6
	Mean height	(m)	6.3	8.5	10.7	—	12.9
	Basal area	(m ² /ha)	34.6	44.8	56.9	54.7	51.7
	Stand density	(No./ha)	—	—	—	—	—

調査林分は、3林分が隣接した連続林分のように成立して、各林分の標準地の間隔は40–50 mである。各林分の林床には、AおよびB林分では、コシダが全面に繁り、ツツジ類、ヒサカキ、ヒメズリハ、ハゼノキなどが見られる。C林分の林床は1968年の調査開始時にはテーダマツの落葉で覆われ、コシダ、ヒサカキが散生する非常に貧弱な植生であったが、テーダマツの生育とともに立木本数が少なくなり、次第にコシダが侵入し、1980年にはコシダが全面にみられるようになった。その後、A、B林分同様に、ハゼノキ、ツツジ類が順次侵入している。

調査林分の胸高断面積合計の推移は図-2のようで、その最大値は、A林分では1977年3月の37.3m²/ha、B林分では43.1m²/ha (1975年2月, 1976年3月)、C林分では59.1m²/ha (1977年3月)で、以後やや減少の傾向を示し、A林分では33–34m²/ha、B林分では37–38m²/ha、C林分では52–55m²/haとなっている。これらの値は下層木も含めた全立木の値であるため、林冠木だけの胸高断面積合計を求めると、1977年以後、A林分で約30m²/ha、B林分で約33m²/ha、C林分で約36m²/haを示し、3林分の値は比較的似ている。テーダマツ林では胸高断面積合計が30–

36m²/haで林冠はうつ閉するものと思われる。林冠木以外の下木は生育を続けても、次第に成長を減退させていき、今後はこの下層木から枯損木が現われるものと思われる。

本調査林分では、調査期間中とくに目立った昆虫類は認められず、鱗翅目の幼虫類などの食葉性昆虫類は林冠を見上げて虫体を見付けることはほとんどなかった。トラップに落下した虫糞や幼虫の脱皮殻、頭部カプセル、死体などで昆虫類の棲息を知るだけで、本調査林分は3林分とも無被害、健全林分であった。

調 査 方 法

調査は1968年4月21日にA、B、Cの3林分にリタートラップを設置し、以後毎月20日を資料の回収日として、A、B林分は1981年4月20日まで、C林分は1985年4月20日まで続けた。化繊布のゴースを用いた受け口面積1m²(1m×1m)、深さ約50cmのトラップを1968年に1林分に4個設置した。1975年4月には受け口が50cm×50cmのトラップに取り替え、さらに1個を追加した。回収された資料は、白浜試験地の研究室で風乾した後、京都の演習林本部の研究室でテーダマツ

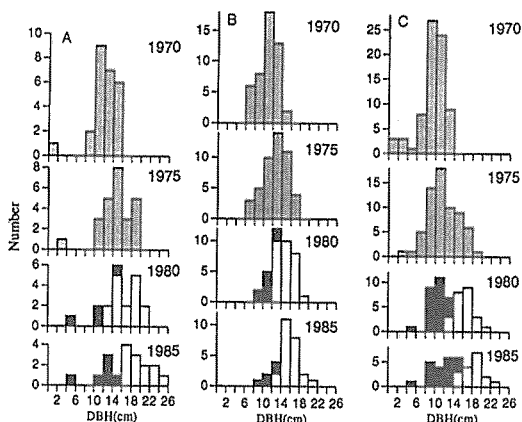


Fig. 1 Frequency distribution of DBH of Three Loblolly pine stands in 1970, 1975, 1980, and 1985

□: Predominant tree, ■: Inferior tree

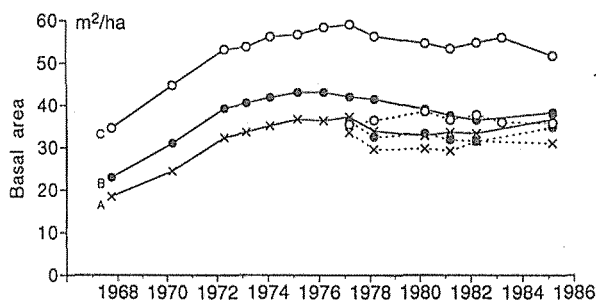


Fig. 2 Annual fluctuations of basal area from 1968 to 1985 at three Loblolly pine stands

×: A stand, ●: B stand, ○: C stand

Solid line: Total B. a.

Dotted line: B. a. of crown trees

の針葉、枝（樹皮を含む）、生殖器官、虫糞、昆虫の死体、その他の各要素に選別し、それぞれの絶乾重量を求めた。なお、一部の資料は、テーグマツの針葉の中からマツカレハ（クロスズメを含む）の幼虫、スジコガネの成虫の摂食時に切り落とされた針葉を選り分け、虫糞をマツカレハ（クロスズメ）、スジコガネ、その他に分けた。

結果および考察

1. テーグマツを摂食した昆虫類

前述のように、調査期間中、林床から見上げて昆虫類を目視することはほとんどなかった。トラップに捕捉された虫糞や虫体から確認されたものはつぎのようである。

マツカレハ (*Dendrolimus spectabilis* BUTLER), クロスズメ (*Hyloicus caliginus* BUTLER)

両種の虫糞は俵の形をし、後者がやや細長い程度で非常に類似しているため、トラップで回収されたものは、両者を分けることは不可能であった。トラップには両種の幼虫の脱皮殻、頭部カプセルが捕捉され、時として幼虫の死体が回収されたが稀であった。

マツノミドリハバチ (*Neodiprion japonica* MARLATT)

平行四辺形をした扁平な角張ったハバチ類の特長のある糞が回収され、トラップに落下したマユで確認された。

スジコガネ (*Anomala testaceipes* MOTSCHULSKY)

チューブで押し出したような不定形の小型の糞がスジコガネ成虫の糞であることを個体飼育で確認した。本種は、和歌山県下で2年1化の生活史をもち、奇数年に発生し、偶数年の発生が少なくないことは、その糞量から確認された。

以上のほか、種を判定できなかった形の異なる虫糞がいくらか回収されている。なおテーグマツの針葉を摂食しない鞘翅目の成虫の分解した虫体、ハムシ類の成虫のさや翅がトラップに落下していた。白浜試験地には数多く棲息しているマツノマダラカミキリ成虫の死体が無傷で、1例だけA林分で回収されている。

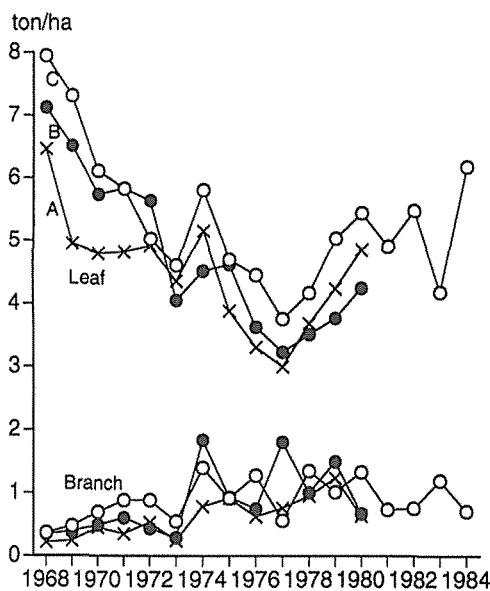


Fig. 3 Annual fluctuations of leaf and branch litter at three Loblolly pine stands

—x—: A stand, —●—: B stand, —○—: C stand

2. リターフォールの季節変化および年変動

選り分けられたリターフォールの各要素の年間量を付表に示した。林齢とともに増加の傾向にあるのは、樹皮を含む落枝量と雄花、球果、種子の生殖器官で、落葉量は幼齢時に比べて減少している（図-3、付表）。総リターフォール量に占める落葉の割合が、林齢7年の調査開始年には90%を越えていたが、次第に80%近くに減少している。さらに落枝量の増加とともに落葉は80%以下になり、とくに落枝量が多かった年には70%以下の値となっている。

2-1. テーダマツの落葉量

年落葉量の最大値は3林分ともに1968年度（1968年5月から1969年4月まで）の林齢7年時のもので、A林分の6.5 ton/ha、B林分の7.1 ton/ha、C林分の8.0 ton/haのように、マツ属林分における年落葉量としてこれまでに調査された値と比べて最大値が得られた。C林分では前述のように、林床がテーダマツの落葉で覆われて、林床植生がほとんどないほど閉じていた。この値について多い年落葉量は8年生テーダマツ林の5.09–6.86 ton/haで、6.86 ton/haが得られた林分も5,200本/haの高密度林分であった¹⁾。本調査の最小値は3林分ともに1977年度で、それぞれ3.0 ton/ha、3.2 ton/ha、3.8 ton/haで、最大値の1/2以下の落葉量であった。図-3にみられるように、1968年度から以後次第に年落葉量は減少の傾向を示し、1974年度の落葉量が前年度より増加している変動をも含めて、3林分がともに似た年変動を示していることがわかる。1977年度を最小にして年落葉量は3林分とも増加の傾向を示し、1980年度には、それぞれ4.9 ton/ha、4.3 ton/ha、5.4 ton/haで、最小値より5割近くも増加している。1981年度以後はC林分しか調査していないが、今後は5 ton/ha前後が平均値と考えられるような年変動を示すのではないかと推定される。以上のように、年落葉量は3.00–6.47 ton/ha（A林分）、3.23

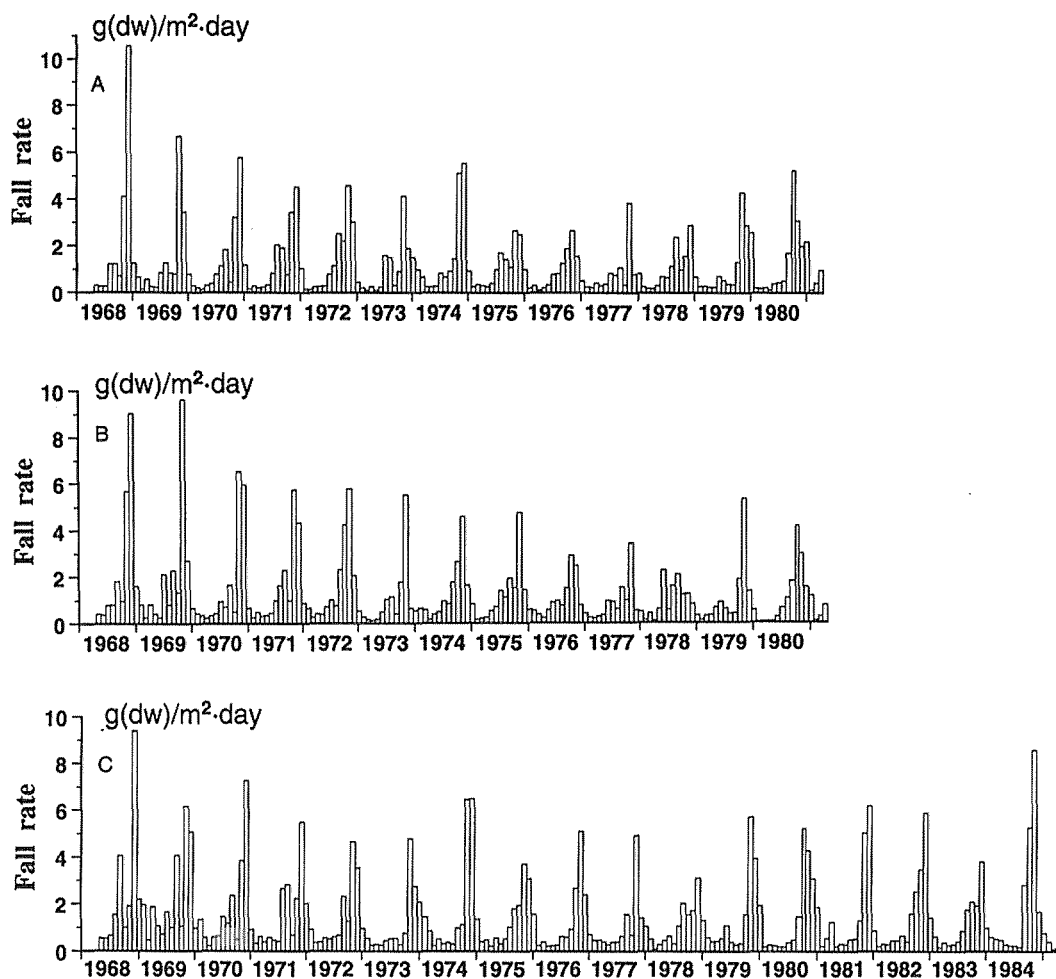


Fig. 4 Seasonal fluctuations in the fall rate of leaf litter at three Loblolly pine stands

−7.13 ton/ha (B林分), 3.76−7.95 ton/ha (C林分) で, 各林分ごとに平均値を求めると, それぞれ 4.50 ± 0.87 ton/ha, 4.81 ± 1.19 ton/ha, 5.36 ± 1.08 ton/haで, 調査期間の年落葉量の最大値は最小値の2.11−2.21倍となる。これまでのリターフォールの調査でこの値が2倍を越えたのは, 滋賀県下で斎藤¹²⁾が調査したヒノキ林の2.6倍で, 本調査テーダマツ林がこれに次ぐ年変動の大きい例となった。なお, 林分のうっ閉初期の葉量は一時的に過大値を示し, 以後次第に安定した葉量へ減少する一般的な傾向から, 本調査開始時がこのうっ閉初期と考えて, 始めの2カ年分を除いて, 1970年の落葉量と最小落葉量を比較すると最大値は最小値の1.60−1.78倍で, モミ・ツガ混交林¹³⁾の1.93倍より小さくなる。ちなみに落葉広葉樹のコナラ¹⁴⁾やモミジバフウ¹⁵⁾では年落葉量の最大値は最小値の1.13−1.17倍と求められ, 葉の寿命の長いヒノキやモミ, ツガで年変動が大きく, 短い落葉広葉樹で小さい傾向がみられる。葉の寿命が2年のストロブマツやテーダマツ¹⁶⁾で両者の中間の値を示している。

テーダマツ林の落葉の季節変化を示すと図−4のようになる。テーダマツの主な落葉時期は, 11月から12月で, 11月20日または12月20日回収の落葉の落下速度が最大を示している。例外的にB林分で1976年10月22日と1978年6月20日の, 1980年10月20日の3林分の落葉の落下速度が当該年度の最大値を示した。1980年は10月14日の台風19号の強風で落葉が強制された結果と思われるが, 他の2例は思い当たる記録は残されていない。11月および12月の落葉量を年間量と比較するとA林分で年間量の37−69%が, B林分で38−66%が, C林分で35−68%が両月に落葉している。平均すると, 各林分は47−50%で, この時期の落葉量が多いといっても年間量の約半分で, ストロブマツ林の50−70%¹⁷⁾, ヒノキ林の70%以上^{12,18)}, モミ・ツガ混交林の70−80%¹³⁾, モミジバフウ林の90%以上¹⁵⁾の秋季の最盛期の落葉量と比べて, テーダマツ林は少なく, 秋季以外にもある程度の落葉がみられることが明らかになった。針葉を着ける新梢がテーダマツでは, 生育期を通じて複数枝階を形成して伸長するために秋季落葉の典型的なパターンがあらわれない季節変化を示したものと考えられる。

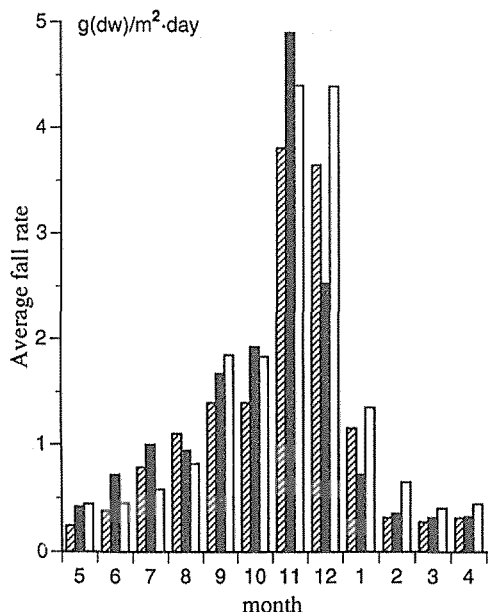


Fig. 5 Seasonal fluctuations in average fall rate of Loblolly pine leaf litter over thirteen (A and B atand) and seventeen (C stand) years

▨ : A stand, ■ : B stand, □ : C stand

化を示したものと考えられる。

本調査期間の13年間 (A, B林分) および17年間 (C林分) の落葉の平均的な季節変化を求めると, 図−5のようになる。落葉の落下速度が最大値を示したのは, A林分では11月が7回, 12月が5回, B林分では11月が9回, 12月が1回, C林分では11月が9回, 12月が7回であったので, 白浜試験地のテーダマツ林の落葉の最盛期は, 回収日が各月の20日であることを考慮すると11月であろう。

2-2. テーダマツの落枝 (樹皮を含む) 量

剥脱した樹皮を含めて落枝量の年変動は図−3のように, 林齢とともに増加の傾向がうかがえる。1973年までのゆるやかな年変動に比べて1974年以後の変動の幅が大きい。樹体の成長にもなう林冠のうっ閉により, 下枝が枯

れより順次落下したものであろう。

年落枝量は調査初期では500kg/ha以下で、総リターフォールの5%以下であったが、1974年以後は10%を越え、落枝量がとくに多かった1974年のB林分で28%に、1977年はB林分で35%に達している。1974年以後では、各林分とも1ton/haを越える落枝量がみられる年が多くなっている。

落枝量の季節変化を示すと図-6のようになる。落葉量の季節変化にみられたような規則制はなく、各月バラバラに落下しているようである。落枝量の多少を支配する大きな要因の一つに台風の影響、通過がある。図-6の★印は、白浜試験地の気象観測記録に台風が記載されていたもので、台風により落枝量が多くなっていることがうかがえる。しかし、1975年8月、10月や1982年11月、1984年のように、台風が記録されていても落枝量に反映していない場合もある。また、1974年5月、1983年8、10月のC林分や1974年のB林分のように、多量の落枝をもたらした原因が明らかでない例もある。調査地における地形にともなう局所的な強風などが影響することも考えられる。

2-3. テーダマツの生殖器官の落下量

テーダマツの生殖器官は1968年から1972年までは回収されなかった。1973年にはじめて雄花が少量AおよびB林分で回収されている。はじめて球果が回収されたのが1977年のC林分で、B林

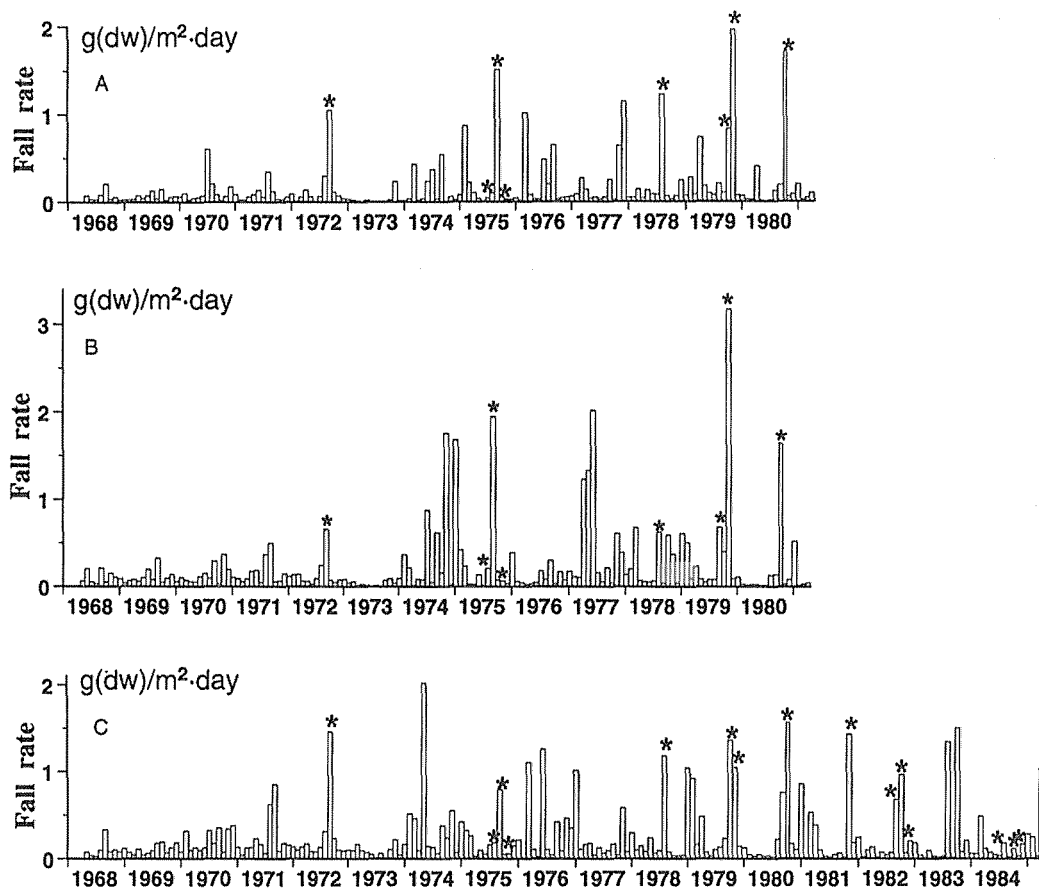


Fig. 6 Seasonal fluctuations in fall rate of branch litter at three Loblolly pine atands

★ : Visit of typhoon

分では1979年, 1980年にはA林分にも球果が落下している。各林分とも次第に結実がみられるようになったが, 本テーダマツ林の結実量は多くなく, C林分で, 1980年以後, 年間20kg/ha前後の生殖器官の落下量である。

2-4. 食葉性昆虫類の虫糞の落下量

本調査林分で集められた虫糞で特長的なのは, 食葉性昆虫類の鱗翅目の幼虫の糞に混ざってスジコガネ成虫の糞がみられたことである。スジコガネ成虫が6-8月に活動していることが明らかになった。スジコガネが2年1化の生活史をもつことから, 隔年に糞が多少を繰り返す, 奇数年に多く, 偶数年に少なかった。鱗翅目の幼虫の糞はマツ属林分では, 何時でも見られるマツカレハおよびクロスズメの俵の形をした糞が回収され, さらに膜翅目のマツノミドリハバチの糞も確認されたが多くはなかった。

虫糞の落下の季節変化を示すと図-7のようになる。虫糞の落下はこれまでに調査されたストローマツ林¹⁷⁾, ヒノキ林¹⁸⁾, モミ・ツガ混交林¹³⁾, コナラ林¹⁴⁾など, 虫害が認められなかった健全に生育している諸林分で見られたような夏季集中型を示している。すなわち, 7月または8月に落下速度が最大の場合が大部分で, その他の例は, B林分の1970年, C林分の1970年, 1982年, 1983年の9月と1972年10月だけである。京都大学演習林上賀茂試験地に育てられているテーダマツ林¹⁹⁾においても7月と8月で, 隣接したスラッシュマツ林¹⁹⁾の虫糞の落下速度も8月が最

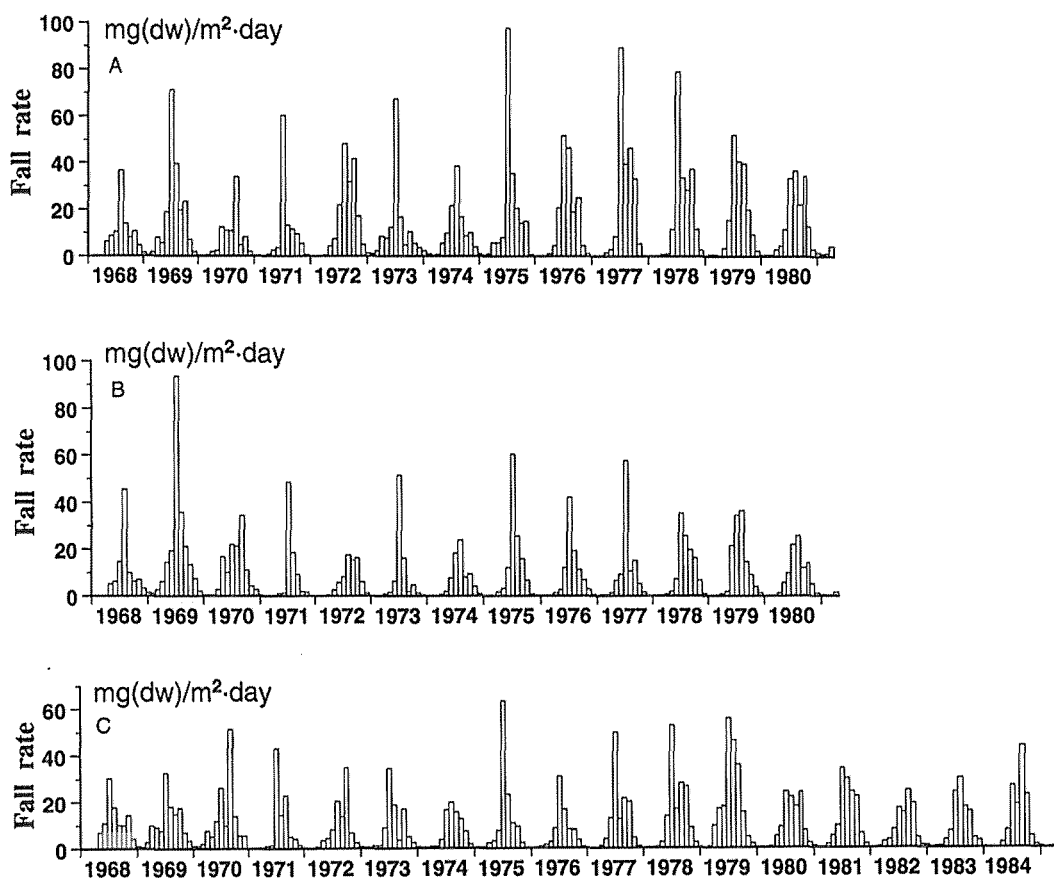


Fig. 7 Seasonal fluctuations in fall rate of feces litter egested by herbivorous insects at three Loblolly pine stands

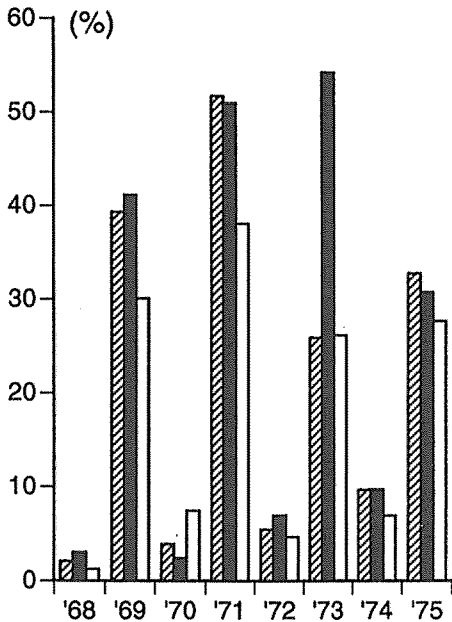


Fig. 8 Percentage of feces egested by striated chafer adult to annual amount of feces at three Loblolly pine stands

▨ : A stand, ■ : B stand, □ : C stand

大で、ついで7月である。

前述のようにスジコガネ成虫の発生が隔年であるため、その虫糞量に、奇数年と偶数年に明らかな違いがみられる。スジコガネ成虫の虫糞は6-8月にみられ、その80-90%が7月に回収されている。1975年まではスジコガネの糞を選り分けたので、その全糞量に占める割合を示すと、図-8のようになる。偶数年では、全糞量に占めるスジコガネ成虫の糞は10%に満たないが、奇数年では多い年で50%を越えている。ちなみに平均すると、偶数年は5.3%、奇数年は37.4%となる。1976年以後は選別しなかったが、1975年までとほとんど変わらない内容であったので、偶数年では全糞量の約5%、奇数年では約40%がスジコガネ成虫の糞と考えられる。

調査期間の平均的な季節変化を、スジコガネの発生年(奇数年)とそうでない年(偶数年)に分けて求めると、図-9のようになる。奇数年の7月の平均落下速度が大きいのは、スジコガネ成虫の糞が多かったためである。スジコガネ以外の糞はストロームツ林¹⁷⁾にみられたほど7月、8月に集中していない。

年間虫糞量の最も少なかったのは、1972年のB林分の22.7kg/haで、最も多かったのは、1977年のA林分の69.0kg/haで、年変動はこの値の間を上下している(図-10)。本テーダマツ林の虫糞量は、これまで求められた健全林分の虫糞量と比べてやや少ない量であった。すなわち、上

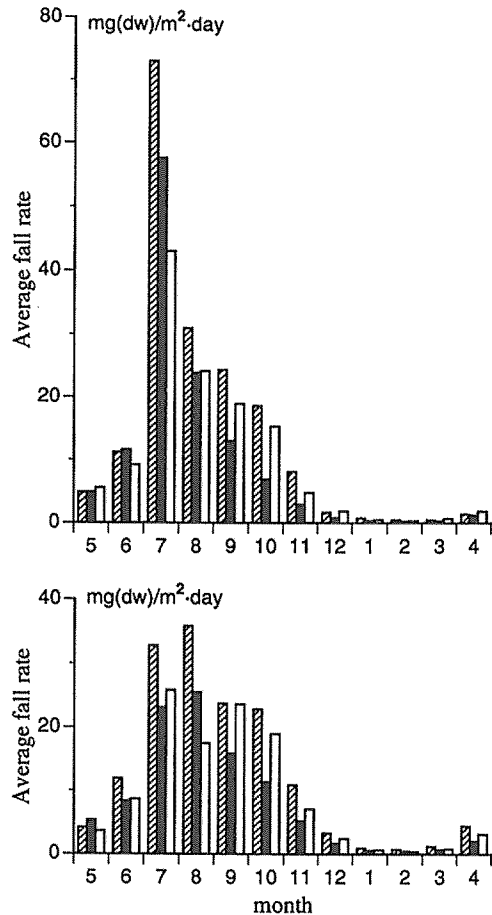


Fig. 9 Seasonal fluctuations in average fall rate of feces litter egested by herbivorous insects

Upper : Average fall rate in year of severe occurrence of striated chafer adult

Lower : Average fall rate in year of light occurrence of striated chafer adult

▨ : A stand, ■ : B stand, □ : C stand

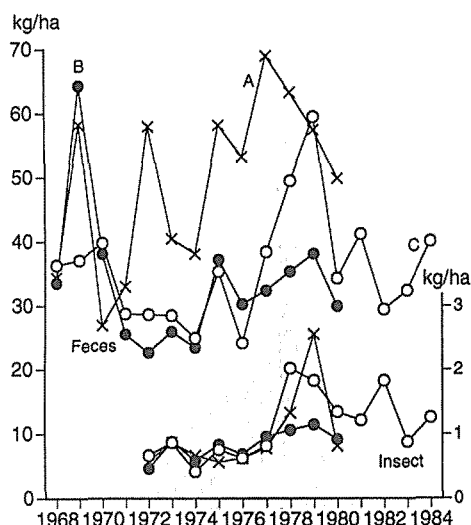


Fig. 10 Annual fluctuations of feces by herbivorous insects and insect residues at three Loblolly pine stands

—×—: A stand, —●—: B stand, —○—: C stand

賀茂試験地のストロブマツ林で70.5–272.8kg/ha・yr¹⁷⁾, スラッシュマツ林で54.2–104.4kg/ha・yr¹⁹⁾の虫糞が集められて、本調査に比べて多い。また、このスラッシュマツ林に隣接しているテーダマツ林では、33.5–68.2kg/ha・yr¹⁹⁾の値が得られ、この値は本調査の変動の巾の中にある。テーダマツ林で少なく、ストロブマツ林、スラッシュマツ林で多い原因は不明である。テーダマツ林の食葉性昆虫類の虫糞がこのような少ないことは興味があり、さらに調査を続ける必要がある。本調査林分においても、1963年にマツカレハが発生し、食害が目立ってきたので、殺虫剤（当時使用が認められていたBHC燐煙剤）を用いて駆除した記録がある。それ以後、1985年4月の

調査終了までは、昆虫類は最低密度で潜在的な棲息を続けるだけでマツカレハは大発生していない。

2-5. 昆虫類の落下量

昆虫類の死体の落下の季節変化を示すと図-11のようになる。なお、虫体の選り分けは1972年5月からで、それまでは選り分けずその他に含まれている。昆虫類は、はっきりとした季節変化を示していないが、調査期間を通じて昆虫類の活動が活発な夏季を中心にその前後の落下量が多い傾向が見られる。リターフォールの回収間隔が1カ月であるため、トラップに落下した昆虫の死体も、回収までにアリに運ばれたり、雨によって軟化、分解、消失したりして、相当量が無くなっている可能性がある。年落下量として求められた値よりもさらに多くの虫体が落下しているものと思われる。本調査では、1979年7月にA林分で、マツノマダラカミキリの成虫が1頭ほぼ無傷で回収され、この時期の落下速度がこれによってとくに大きくなっている。このカミキリを除くと落下速度は1.02mg/m²・dayで他の落下速度と似た値になる。年落下量は非常に少なく、A林分で0.6–2.6（マツノマダラカミキリを除くと1.3）kg/ha・yr, B林分で0.5–1.2kg/ha・yr, C林分で0.4–2.0kg/ha・yrで、総リターフォールの0.05%以下であった。この値はモミ・ツガ混交林¹³⁾の0.3–1.3kg/ha・yrに類似し、ヒノキ林¹⁸⁾の1.0–9.0kg/ha・yr, コナラ林¹⁴⁾の4.4–11.8kg/ha・yrより少なかった。マツカレハ、クロスズメ、マツノミドリハバチなど虫糞を排出した昆虫類の幼虫の死体はほとんどなく、幼虫の脱皮殻、頭部カプセル、マツノミドリハバチのマユがわずかに見られる程度で、ほかに、テーダマツ針葉を摂食しないハムシ類などの鞘翅目の昆虫類のさや翅や脚などトラップ内で分解、消費され難い部位が回収されていた。

2-6. その他のリターフォール量

その他に含まれる大部分は、テーダマツ以外の植物体で、広葉樹の葉である。林床の広葉樹の葉もいくらかトラップに入っていたが、調査林分の斜面上部の尾根に育っているコナラの葉が多く回収されている。その他として、A林分で102.2±40.0kg/ha・yr, B林分で108.1±45.5kg/ha・yr, C林分で152.2±61.5kg/ha・yrが集められている。

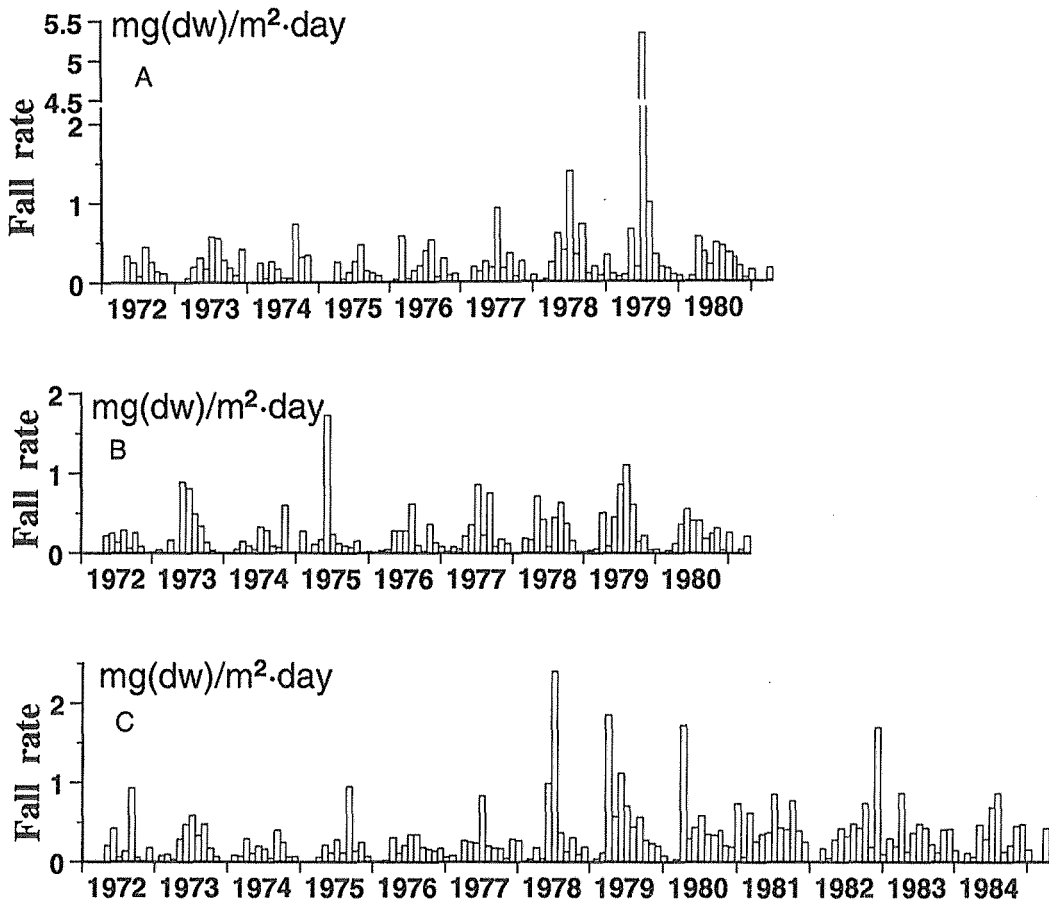


Fig. 11 Seasonal fluctuations in fall rate of insects bodies and residues

2-7. 総リターフォール量

AおよびB林分の13年間、C林分の17年間の年リターフォール量は付表に示されている。総リターフォールのなかで、テーダマツの落葉が大部分を占めていることはすでに述べたが、総リターフォールの季節変化を特徴づけているのも、このテーダマツの落葉である。一時期台風などの強風で、多くの落枝がみられて、落葉のパターンより、落枝量が目立ったモミ・ツガ混交林¹³⁾と比べて、本調査テーダマツ林分では落枝量が少なく、落葉のパターンを乱すほどではない。モミ・ツガ混交林では胸高直径が50cmを越える大径木もみられる天然林で、落枝も太くて大きかったのに比べて、テーダマツ林はまだ小径で枝も細かったためであろう。調査期間に回収されたりターフォール総量は、A林分で $3,901.0-6,834.4\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($5,275.4\pm 767.6\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$), B林分で $4,442.0-7,688.2\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($5,820.4\pm 998.8\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$), C林分で $4,531.8-8,477.4\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($6,443.5\pm 982.3\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$) で、高密度林分ほどリターフォール量が多い傾向が見られる。

3. 食葉性昆虫類による被食量の推定

集められた虫糞量を基礎に、これまで調査された諸林分^{14,15,17)}と同様に、テーダマツ林の食葉性昆虫類による摂食量、被食量(食害量)を推定する。テーダマツ林の場合、前述のようにスジコガネ成虫が針葉を摂食し、その糞量が年間量の50%にも達している年があり、これまでのよう

に鱗翅目の幼虫の棲息として摂食量、被食量を求めることは無理で、両者を分けて考える必要がある。スジコガネ成虫の虫糞を選り分けた1975年まではその値を用い、1976年以後の選り分けていないスジコガネの虫糞量を、1975年までの全糞量に占める割合を年ごとに求め、その平均値によって発生年とそうでない年にわけてそれぞれ推定した。

虫糞から摂食量、被食量は、これまでの常法に従って推定した。本調査にもマツノミドリハバチの糞がみられるが、糞量と摂食量の関係が求められていないので、マツカレハに準じて推定する。すなわち、①糞のトラップ内での雨による重量減少を補正する。②補正された糞量より、糞量と摂食量の関係により、摂食量を推定する。③摂食行動時にみられる切り落とされる針葉量を加えて、被食量を推定する。スジコガネ成虫の被食量の推定も、この手順に変わりはないが、③についてスジコガネ成虫の摂食行動の特異性を考慮しなければならない。すなわち、スジコガネの成虫の摂食には、マツカレハやクロスズメのように、針葉の先端を切り落としてから摂食するのではなく、針葉の中間から食べ始め、針葉の食痕がノコギリ状になり、摂食時に切り落とされるもののほかに、針葉の断面の一部が完全に切られずに残される場合がある。この残された針葉は被害部で垂れ下がり、摂食時より遅れて後からちぎれて落下している。1972年5月から1974年4月までの2カ年に回収した落葉のなかから、スジコガネの成虫によって被害、切り落とされたと思われる被害部がノコギリ状になっている針葉をより分けたところ、スジコガネ成虫の糞がみられた6-8月以外にもトラップに切られた針葉が落下していた。1972年には、糞量から推定されたスジコガネ成虫の摂食量の3.0-3.4倍の、1973年には2.4-3.1倍の切られた針葉が回収されていた。なお、糞が回収された6-8月の切られた針葉は、その年間量の52-75% (1972年)、82-86% (1973年) で、その量は摂食量の1.7-2.3倍 (1972年)、2.0-2.6倍 (1973年) で、平均値は2.2倍で、個体飼育で求められた2.3倍^{5,20)}とほぼ同じような結果が得られている。摂食活動時に切り落とされた針葉のほかに、摂食時は完全に切られなくて、ノコギリ状に摂食された針葉が一部周辺部でつながっていたものが、後から風などにゆられたために、ちぎれて落下する針葉があることが明らかになった。スジコガネ成虫の摂食活動によって切り落とされる針葉は、両年の調査により、その平均値である摂食量の3.0倍に達するものと思われる。

以上の結果、マツカレハとクロスズメの糞はより分けていないので、マツカレハの資料で摂食量、被食量を推定する。さらに、マツノミドリハバチその他の糞もそれぞれの資料がないので、マツカレハで代表させる。一方、スジコガネについては、より分けなかった資料は、スジコガネ発生年とそうでない年に分けて、図-8により、それぞれの平均値で各年のスジコガネの糞量を推定して、その摂食量、被食量を推定する。すなわち、

1. $F = (100/75) \cdot F'$ F : 排糞時の糞乾重量,
 F' : 回収時の糞乾重量
2. $\Delta G_1 = 1.30 \cdot F$ (マツカレハ) ΔG : 摂食葉乾重量
 $\Delta G_2 = 1.143 \cdot F$ (スジコガネ)
3. $\Delta G_1' = 1.1 \cdot \Delta G_1$ (マツカレハ) $\Delta G'$: 被害葉乾重量 (被食量)
 $\Delta G_2' = 4.0 \cdot \Delta G_2$ (スジコガネ)

によって、テーダマツ林の食葉性昆虫類の摂食量、被食量を推定し、各林分ごとに最大値、最小値を示すと表-2のようになる。被害量が最も多かった1977年のA林分でも、落葉量の8.0%に相当する針葉が被害を受けたにすぎない。B林分では3.6% (1969年)、C林分では4.1% (1979年) で、反対に最小値は各林分とも落葉量の1%前後である。本調査では、被害量が落葉量の4%より多かったのは延5回で、77%が3%以下であった。テーダマツの針葉の寿命は2年で、

Table 2 Feeding amount and grazing loss of leaves by herbivorous insects at three Loblolly pine stands in Sirahama Experiment Station

(kg(dw)/ha•yr)								
Stand	Year	Feces(F')		Feeding(ΔG)		Grazing(ΔG')		
		Pine moth and others	Striated chafer	Pine moth and others	Striated chafer	Pine moth and others	Striated chafer	Total ※ (%)
A	Max.(1977)	43.2	25.8	74.9	39.3	82.4	157.3	239.7(8.0)
	Min. (1970)	25.9	1.0	44.9	1.6	49.4	6.4	55.8(1.2)
B	Max.(1969)	37.9	26.5	65.7	40.4	72.3	161.4	233.7(3.6)
	Min. (1972)	21.1	1.6	36.6	2.4	40.3	9.6	49.9(0.9)
C	Max.(1979)	37.3	22.3	64.6	33.9	71.0	135.7	206.7(4.1)
	Min. (1976)	22.9	1.3	39.7	2.0	43.7	7.9	51.6(1.2)

※: Percentage of total grazing to annual leaf litter

2 生育期着葉して落葉することを考慮すると、本調査期間中テーグマツは無被害状況で生育を続け、求められたテーグマツ林の被食量 被害葉量は取るに足らない量であることは明らかである。

あ と が き

白浜試験地に植栽されたテーグマツ林が幼齢から壮齢までの10数年間、健全に生育し、虫糞調査からも食葉性昆虫類の棲息が著しく少ないことを明らかにすることができた。一時的に落葉量が3 ton/ha・yr 近くまで減少したが、再び増加の傾向を示し、今後は、平均値が5 ton/ha・yr 前後の落葉量を示すと思われるような経過を示したことは、ストロブマツ林の例も含めて、今後の落葉量に興味が残された。さらに調査されることを期待したい。

引 用 文 献

- CRITCHFIELD, W. B. and LITTLE, E. L. Jr. (1966) Geographic distribution of Pines of the world. U. S. Dept. Agr. For. Serv.
- 上賀茂試験地マツ属研究グループ (1992) 上賀茂試験地に育てられている外国産マツの生育. 京大演集報 23. 90-104
- (1990) テーグマツ林の成長と現存量. 京大演集報 20. 88-99
- 赤井龍男・古野東洲・上田晋之助・佐野宗一 (1968) テーグマツ幼齢林の物質生産機構. 京大演報 40. 26-49
- 柴田信男・上中幸治・大橋照夫 (1962) 林木施肥に関する研究(10) テーグマツ及びスラッシュマツにおける植栽密度と肥効との関係. 日林関西支講 12. 59
- 赤井龍男・古野東洲 (1971) テーグマツ幼齢林の落葉量と被食量について. 京大演報 42. 83-95
- 古野東洲 (1972) テーグマツ林の食葉性昆虫による被食量について. 京大演報 44. 20-37
- 二井一禎・古野東洲 (1979) マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性. 京大演報 51. 23-36
- 古野東洲・中井 勇・上中幸治・羽谷啓造 (1993) 上賀茂および白浜試験地における外国産マツのマツ枯れ被害—マツ属のマツノザイセンチュウに対する抵抗性—. 京大演集報 25. 20-34
- ・大島誠一・上中幸治 (1984) マツ枯れ被害地—白浜試験地における天然性アカマツ、クロマツの枯損と生存木について. 京大演報 56. 32-47
- 只木良也・香川照雄 (1968) 森林の生産構造に関する研究(13) コジイほか2, 3の常緑樹林における落葉枝量の季節変化. 日林誌 50. 7-13

- 12) 斎藤秀樹 (1980) 綿向山山麓にあるヒノキ林のリターフォールの季節変化. 日生態会誌 30. 377-384
- 13) 古野東洲 (1986) 和歌山演習林におけるモミ, ツガ林の生産力調査 第8報 13年間のリターフォールについて. 京大演報 58. 35-50
- 14) ———・斎藤秀樹 (1981) コナラ林におけるリターフォール量の季節変化および食葉性昆虫による被食量. 京大演報 53. 52-64
- 15) ——— (1992) クスサンが発生したモミジバフウ林のリターフォールについて. 京大演報 64. 1-14
- 16) ——— (1972) マツ属針葉の着葉年について. 日林関西支講 23. 60-61
- 17) ——— (1993) ストローブマツ林の12年間のリターフォールについて. 京大演報 65. 1-13
- 18) ———・斎藤秀樹 (1982) 尾鷲および上北山にあるヒノキ林におけるリターフォールの季節変化および食葉性昆虫による被食量. 日林誌 64. 177-186
- 19) ——— (1994) マツ林における食葉性昆虫類の虫糞について. 105回日林論 (印刷中)
- 20) ———・上中幸治 (1976) 外国産マツ属の虫害に関する研究 第3報 スジコガネ成虫の摂食について. 京大演報 48. 9-21

Résumé

The annual and seasonal fluctuations of litter fall and the grazing loss of leaves by the herbivorous insects were investigated in three Loblolly pine, *Pinus taeda* L., stands at Sirahama Experiment Station of Kyoto University Forest, Wakayama prefecture.

The study sites were three experimental stands of Loblolly pine which planted at 2,500 (A stand), 5,000 (B stand) and 10,000 (C stand) trees per hectare in March, 1961. Mixed fertilizer which contains nitrogen (15), phosphorus (8) and potassium (8) had been manured 100 grams per a tree in each stand for three years after planting annually.

Four traps (from April in 1968 to April in 1975), each having surface of one square meter (1.0 m×1.0 m) and five traps (from April in 1975 to April in 1985), each having surface of one fourth square meter (50 cm×50 cm), were set up in each pine stand. Fallen litters in each trap were collected twelve times for a year of one month interval from April 21 in 1968 to April 20 in 1985.

Collected litters were divided into the components by hand sorting, i.e. leaves, branches including bark and sexual organs of Loblolly pine, feces of herbivorous insects, dead bodies or residues of insects and others.

Annual leaf litter were collected from 3.00 ton/ha・yr to 6.47 ton/ha・yr (A stand), 3.23-7.13 ton/ha・yr (B stand) and 3.76-7.95 ton/ha・yr (C stand), and in the early years of investigation, there were a great deal of leaf litter particularly. The amount of leaf litter was on the decrease yearly, and the minimum leaf litter was weighed in 1977 each stand.

Annual branch litter were collected 217.1-1,239.0 kg/ha・yr (A stand), 92.3-1,838.0kg/ha・yr (B stand) and 367.5-1,404.0 kg/ha・yr (C stand), branch fall tend to increase with the growth of Loblolly pine in each stand. Sexual organs collected were a little in each stand.

The feces of the herbivorous insects were collected 27.0-69.0 kg/ha・yr (A stand), 22.7-64.4 kg/ha・yr (B stand) and 24.2-59.5 kg/ha・yr (C stand), the range of these annual fluctuations were narrow in each stand.

The feces of the striated chafer occurred in every other year were sometimes equivalent to 50% of annual feces.

Total litter falls were collected 3.90-6.83 ton/ha・yr (A stand, 5.28 ± 0.77 ton/ha・yr in average), 4.44-7.69 ton/ha・yr (B stand, 5.82 ± 1.00 ton/ha・yr) and 4.53-8.48 ton/ha・yr (C stand, 6.44 ± 0.98 ton/ha・yr), total litter in C stand consisted of high density were large compared with A and B stand.

The annual loss of canopies by grazing of the herbivorous insects were estimated 49.9-239.7 kg/ha・yr. These grazing losses were equivalent to 1-8% of annual leaf falls and were negligible to the growth of Loblolly pine stands.

Appendix Annual litter fall in three loblolly pine stands

(kg(dw)/ha·yr)

Year	Stand	Leaves	Branches	Sexual organs	Feces	Insect bodies	Ohters	Total
1968	A	6,467.6	217.1	0	34.4	—	115.3	6,834.4
	B	7,129.2	346.2	0	33.6	—	179.2	7,688.2
	C	7,950.6	367.5	0	36.3	—	123.0	8,477.4
1969	A	4,957.0	243.9	0	58.3	—	180.0	5,439.2
	B	6,519.2	395.2	0	64.4	—	213.0	7,190.8
	C	7,315.0	479.9	0	37.1	—	144.7	7,976.7
1970	A	4,803.1	451.9	0	27.0	—	182.5	5,464.5
	B	5,743.4	493.6	0	38.1	—	145.0	6,420.1
	C	6,115.6	696.1	0	39.8	—	153.3	7,004.8
1971	A	4,825.4	353.4	0	33.1	—	129.1	5,341.0
	B	5,838.7	605.9	0	25.6	—	114.3	6,585.5
	C	5,832.1	886.8	0	28.8	—	147.6	6,895.3
1972	A	4,920.2	537.1	0	58.0	0.6	111.7	5,627.6
	B	5,647.6	440.4	0	22.7	0.5	88.1	6,199.3
	C	5,034.6	885.4	0	28.7	0.7	126.9	6,076.3
1973	A	4,363.3	248.2	1.5	40.5	0.9	74.9	4,729.2
	B	4,058.6	292.3	0	26.0	0.9	64.3	4,442.0
	C	4,612.0	548.0	0.9	28.5	0.9	78.5	5,258.8
1974	A	5,160.6	788.3	0	38.1	0.7	78.5	6,066.2
	B	4,524.6	1,838.0	0.5	23.5	0.6	98.2	6,485.4
	C	5,816.0	1,404.0	3.7	25.0	0.4	118.2	7,367.2
1975	A	3,892.3	919.3	0	58.2	0.6	49.6	4,920.0
	B	4,627.5	935.5	4.0	37.2	0.8	85.4	5,690.4
	C	4,704.0	919.8	7.2	35.4	0.8	62.1	5,729.3
1976	A	3,308.0	623.2	1.8	53.3	0.6	60.4	4,047.3
	B	3,633.5	751.1	2.2	30.3	0.7	87.8	4,505.6
	C	4,458.4	1,278.7	3.2	24.2	0.6	105.7	5,870.8
1977	A	2,999.7	762.2	0.4	69.0	0.8	68.9	3,901.0
	B	3,230.5	1,809.3	2.2	32.4	1.0	73.2	5,148.6
	C	3,764.0	559.6	56.7	38.4	0.8	112.3	4,531.8
1978	A	3,690.8	957.2	4.7	63.3	1.3	87.8	4,805.1
	B	3,515.9	1,006.4	3.6	35.4	1.1	83.1	4,645.5
	C	4,175.8	1,351.9	1.2	49.5	2.0	97.9	5,678.2
1979	A	4,247.3	1,239.0	6.4	57.5	2.6	99.2	5,652.0
	B	3,775.5	1,495.5	217.1	38.1	1.2	45.4	5,572.7
	C	5,041.9	1,015.2	3.5	59.5	1.8	127.3	6,249.2
1980	A	4,855.4	641.9	114.1	49.9	0.8	90.4	5,752.5
	B	4,252.5	672.9	6.6	30.0	0.9	127.9	5,090.8
	C	5,448.2	1,330.5	27.6	34.3	1.4	272.2	7,114.2
1981	C	4,909.9	734.2	9.2	41.2	1.2	211.2	5,906.9
1982	C	5,484.8	758.7	18.6	29.5	1.8	201.1	6,494.4
1983	C	4,188.0	1,193.1	21.0	32.4	0.9	247.6	5,683.0
1984	C	6,190.3	707.1	17.5	40.1	1.3	258.5	7,214.8