

上賀茂試験地に育てられているマツ属林分のリターフォールの季節変化および食葉性昆虫類の虫糞量

古野 東洲

ま え が き

京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地には世界に分布するマツ属の約8割が収集され、生産力、生育状況、害虫の発生と被害状況などマツ属の生態学に関する分野について、さまざまな角度から研究されている。現在までの成果として、外国から上賀茂試験地に導入された外国産マツ属で、優良なものは数えるほどしかなく、日本在来のアカマツ (*Pinus densiflora* S.& Z.), クロマツ (*P. thunbergii* PARL.) よりも生育が良い種はテーダマツ (*P. taeda* L.), スラッシュマツ (*P. elliotii* ENGELM.) ストローブマツ (*P. strobus* L.) の3種に過ぎないことが明らかになっている¹⁾。台湾アカマツ (*P. massoniana* LAMB.) のマツモグリカイガラムシ (*Matsucoccus matsumurae* (KUWANA)) の寄生による樹体の湾曲²⁾、フランスカイガンショウ (*P. pinaster* AIT.), ラジアータマツ (*P. radiata* D.DON) のマツノシンマダラメイガ (*Dioryctria splendidell* H.-S.) による新梢の被害、樹幹の折損³⁾ などの原因で、外国産マツの成長が、アカマツやクロマツよりも良くても虫害を受けやすいために、多くの種が生育不良と判断されている。また、マツ属の原産地により日本へ導入したマツの生育状況の良否を判定し得る基礎資料も得られ、アメリカ大陸東部地域原産種の生育が良く、アメリカ大陸西部地域やヨーロッパ地域原産種の生育が悪いことが明らかになり、原産地による地域差によっても、わが国における導入マツ属の生育状況の良否が明らかにされている¹⁾。

さらに、マツ枯れを引き起こす元凶であるマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus* STEINER and BUHRER) に対するマツ属各種の抵抗性も明らかにされ^{4,5)}、クロマツとの交雑の可能性が検討されるとともに、F₁ 雑種のマツノザイセンチュウに対する抵抗性も解明されている⁶⁾。創成されたF₁ 雑種の実験林も造成され、害虫の発生状況⁷⁾、F₁ 雑種の生育状況⁸⁾ が調査されている。

林冠に生息している昆虫類は、生息密度が高くなれば被害として認識され、加害虫も注目されるが、平常の健全と考えられている林分の林冠に食葉性昆虫類がどれ程生息し、樹葉を食害しているかについては興味をもたれながらも詳しい報告は現在までのところあまり多くはなく、マツ属林分に関する報告はとくに少ない。マツ林では、テーダマツ林⁹⁾、ストローブマツ林¹⁰⁾ のリターフォール、虫糞量が報告され、リターフォールの特徴的な季節変化が明らかになっている。また、昆虫類の恒常発生と認識された虫糞量がストローブマツ林¹⁰⁾ で年間100kg/haを越えた量が求め

Tooshu FURUNO

Litter-fall and its annual and monthly fluctuations and the feces egested by herbivorous insects in several pine stands at Kamigamo Experiment Station

られたが、テーダマツ林⁹⁾では100kg/ha以下であった。マツ属以外の林分でも、ヒノキ (*Chamaecyparis obtusa* ENDL.) 林^{11~15)}、モミ (*Abies firma* SIEB. et ZUCC.)・ツガ (*Tsuga sieboldii* CARR.) 混交林¹⁶⁾、モミ林¹⁷⁾、ツガ林¹⁷⁾、ナギ (*Podocarpus nagi* ZOLLINGER et MORITZI) 林¹⁸⁾、モミジバフウ (*Liquidambar styraciflua* LINN.) 林¹⁹⁾、コナラ (*Quercus serrata* THUNB.) 林²⁰⁾、ミズメ (*Betula grossa* S. et Z.) 林²¹⁾、モリシマアカシア (*Acacia mollissima* WILLD) 林²²⁾などでリターフォールは調査され、その虫糞量は、モミジバフウ林のクスサン (*Caligula japonica* MOORE) 発生時を除いて多くが100kg/ha以下であった。

上賀茂試験地に育成されている外国産マツ属の林分では、食葉性昆虫類の生息状況の調査のためにトラップを設置し、リターフォールをもとめるとともに、落下した虫体の判別、捕捉された虫糞によって昆虫類の食害量—林分の被食量を推定し、マツ属実験林における食葉性昆虫類の恒常発生状況の把握に努めている。

本報告は、テーダマツ林、スラッシュマツ林、容易に交雑が可能で、或る時期にはマツノザイセンチュウ抵抗性として期待されたクロマツ×タイワンアカマツF₁雑種とその両親の各実験林、さらに苗畑に高密度で育成されたアカマツ、クロマツ、テーダマツの各幼齢小林分のリターフォールの季節変化、食葉性昆虫の虫糞についてとりまとめたものである。

報告をまとめるに際し、有益な御助言をいただいた大畠誠一助教授、クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種の創成につとめられた中井勇技官、長年に亘りマツ属実験林の造成に努力された上賀茂試験地在職の教職員各位に厚く御礼申し上げる。

I. テーダマツ林およびスラッシュマツ林のリターフォールの季節変化

テーダマツ林のリターフォール、食葉性昆虫類の虫糞は、白浜試験地で育てられている密度の異なる3林分で調査されているが⁹⁾、スラッシュマツ林での調査報告はない。

調査地および調査方法

調査地は上賀茂試験地13林班に1966年3月に植栽され、実験林として育成されているテーダマツ林とスラッシュマツ林で、両林分は隣接している。トラップを設置した標準地は約35m離れている(図-1)。林床には0.5~1.0mの高さにアラカシ (*Cyclobalanopsis glauca* OERST.)、コナラ、クリ (*Castanea crenata* S. et Z.)、ヤマウルシ (*Rhus trichocarpa* MIQ.)、リョウブ (*Clethra barbinervis* S. et Z.) などの広葉樹類にササが混ざって育ち、ほぼ林床をおおっている。テーダマツ林は1976年には立木本数6,670本/ha、スラッシュマツ林は7,400本/haの高密度林分で、すでに両林分とも被圧木の枯損が生じる程うっ閉していた。以後うっ閉による枯損が発生し、1986年には、テーダマツ林3,500本/ha、スラッシュマツ林で4,810本/haに本数は減少している(表-1)。

両林分ともに、調査期間中とくに目立った昆虫類は認められず、トラップに落下した虫糞や幼虫の脱皮殻、頭部カプセル、死体などで生息を確認できたが、それらの昆虫類が生息中の林冠では虫体を見つけることはなかった。両林分ともに無被害、健全林分であった。

調査は、両林分とも1975年から行い、1977年までは虫糞と虫体のみを選別し、1978年以後はリターフォールのすべての要素(針葉、枝、樹皮、生殖器官、虫糞、虫体、その他)を選別し、各要素ごとに乾燥重量を求めた。テーダマツ林では1982年まで、スラッシュマツ林では1985年まで調査を続けた。対象林分に50×50cmの受け口をもつ化繊布地で作られたトラップを、受け

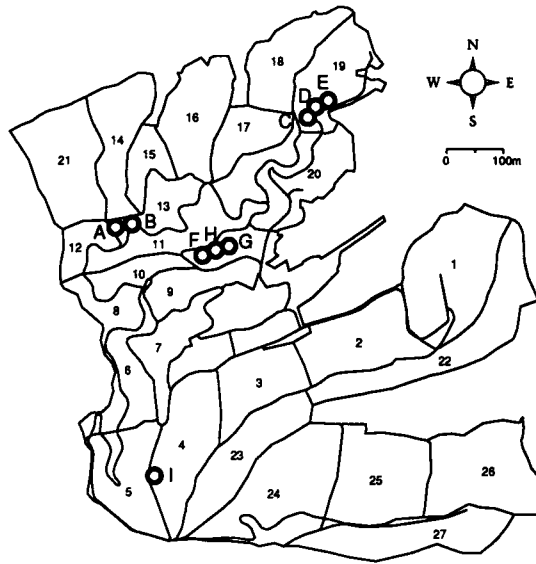


図-1 上賀茂試験地略図

——リターフォール調査マツ属林分の位置——

- A : テーダマツ林, B : スラッシュマツ林, C : クロマツ林,
- D : クロマツ×タイワンアカマツ F: 雑種林,
- E : タイワンアカマツ林, F : 苗畑クロマツ林,
- G : 苗畑アカマツ林, H : 苗畑テーダマツ林,
- I : ストローブマツ林¹⁰⁾

表-1 テーダマツ林, スラッシュマツ林の概況

林 分		林 齢 (年)	1976.10 11	1978. 3 12	1983. 3 17	1986. 4 20
テーダマツ	立木本数	(NO./ha)	6,670	5,500	4,170	3,500
	平均胸高直径	(cm)	8.0	8.9	11.5	13.4
	平均樹高	(m)	6.9	7.8	—	12.1
スラッシュマツ	立木本数	(NO./ha)	7,400	6,230	5,710	4,810
	平均胸高直径	(cm)	9.0	9.9	11.9	13.1
	平均樹高	(m)	7.8	8.8	—	13.1

口の高さを約90cmになるよう両林分に5個ずつ設置し、約1カ月間隔で落下したリターフォールを回収した。

結果および考察

テーダマツ林, スラッシュマツ林ともに、調査期間を通じて、昆虫類の目立った食害はみられず、林床から見上げて林冠の昆虫類を目視することはなかった。

1. テーダマツの葉, スラッシュマツの葉を摂食したと思われる昆虫類

林冠に生息している昆虫類を目視し, 種を確認することはできなかったが, トラップに捕捉された虫体や虫糞から確認された昆虫類はマツカレハ (*Dendrolimus spectabilis* BUTLER) とクロスズメ (*Hyloicus calizineus* BUTLER) が主なもので, 他の昆虫類はわずかであった。

マツカレハおよびクロスズメと確認される虫糞は多く見られ, 両種はマツ林には常に生息しているものである。トラップには, 幼虫の死体, 脱皮殻, 頭部カプセルが捕捉されており, 両種の確認は容易であった。両種の糞はともに俵の形をし, クロスズメのものがマツカレハのものに比べてやや細長く, 排泄後直ぐの場合であればともかく, トラップから回収した糞のすべてを選り分けることは不可能であった。しかし形のしっかりしたものは, 両林分ともに, マツカレハの糞が多かった。

集められた虫糞のなかに偏平な角張った平行四辺形をしたハバチ類の特徴ある糞がみられ, 落下したマユと成虫の死体からマツノミドリハバチ (*Neodiprion japonica* MARLATT) の生息を確認することができた。本種の糞は少なかったが, スラッシュマツ林よりもテーダマツ林でやや目立っていた。さらに少量であったが, 白浜試験地のテーダマツ林で確認したスジコガネ (*Anomala testaceaipes* MOTSULAKY)²³ の糞によく似た不定形の糞が認められた。虫体を確認できなかったが, スジコガネも生息しているものと思われる。

以上のほかに, いろいろな形をした虫糞が回収されたが, それを排泄した昆虫を確認することはできなかった。これらの種の不明の糞は少量で, テーダマツ林およびスラッシュマツ林の主な食葉性昆虫はマツカレハとクロスズメであった。

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-1 に示した。林齢とともに増加しているのは落枝量で, とくにテーダマツ林で著しく増加している。落葉量はテーダマツ林で, 1978年には5.60ton/haで, 1982年は8.50ton/haも落葉し, 増加しているようにみえるが, 後述するように1982年には台風の接近が3回もみられ, この台風が強く落葉に影響したためである。

2-1. 落葉量

テーダマツ, スラッシュマツともに葉鞘がついたまま落葉するので, 本報告の落葉量は葉鞘付きの重量である。葉鞘はサンプル調査で, テーダマツでは葉鞘付き重量の4.5~7.3% (平均5.7%), スラッシュマツで6.5~8.8% (平均7.3%) であった。

年落葉量は, テーダマツ林で5.60~8.50ton/ha・yr, スラッシュマツ林で6.15~10.68ton/ha・yrと求められた。テーダマツ林の1982年の8.50ton/ha・yrは, これまでに求められたテーダマツ林の最大値である白浜試験地の林齢7年でha当たり6,000本を越える高密度林分で得られた8.0ton/ha・yr⁹よりさらに多い値となった。1982年には8月に台風10号が, 9月に台風18号と19号が相次いで四国から東海地方に上陸し, 直撃はまぬがれたが, その強風によっておおくの緑色の針葉が強制的に落とされていた。1982年の値を台風のための異常値と考えれば, 上賀茂試験地のテーダマツ林の年落葉量は5.60~6.57ton/ha・yrとなる。上賀茂試験地では, 林齢32年, 立木密度3,434本/haのテーダマツ林の新葉量が4.0ton/ha・yrと求められている²⁴。うっ閉林分では, 平均して新しく展開した新葉に相当する量が落葉するものと考えれば, 本調査の落葉量は相当に多い。生産力調査の林分と比べて林齢が若く, 立木密度が大きい本調査林分が, 若齢時のうっ閉林分の常として落葉量が多くなることを考慮すると, 白浜試験地のテーダマツ林⁹のように次第に落葉量を低下させていく可能性も考えられる。

スラッシュマツ林の年落葉量が10ton/ha・yrを越える値が2年もみられた。最大値の10.68

ton/ha·yr は、これまで調査された年落葉量の最大となった。1982年のこの値は前述のように台風のためと考えても、1981年には台風の記録がなく、10.19ton/ha·yrの年落葉量を示したことに特別に影響したと思われる要因が見あたらない。1983年には、本来であれば葉の寿命では次年度に落葉すべきものが前年に台風で強制的に落とされたためと思われるが、本調査では最小値である4.50ton/haを示している。この1981~1983年の3年間を除くと年落葉量は6.15~7.23ton/ha·yrで、白浜試験地のテーダマツ林の落葉量に近い値となる。林齢26年のスラッシュマツ林の新葉量が4.8~6.8ton/ha·yr²⁰⁾と求められている。10ton/ha·yrを越えた年落葉量を除くと、この生産力調査で求められた新葉量とはほぼ同量の値を本調査の落葉量で得られている。

年落葉量の平均値を求めるとテーダマツ林で6.63±0.99ton/ha·yr、スラッシュマツ林で7.38±1.94ton/ha·yrで、スラッシュマツ林の年落葉量がテーダマツ林よりも約10%多い。また、年落葉量の最大値は最小値の1.52倍(テーダマツ林)、2.36倍(スラッシュマツ林)で、テーダマツ林の値は、白浜試験地のテーダマツ林と似た値が得られている。スラッシュマツ林の値はヒノキ林で求められた2.6倍¹⁰⁾に次ぐ大きな値となり、これまでの落葉量調査では、このスラッシュマツ林の落葉量の年変動がヒノキ林に次いで大きい例となった。

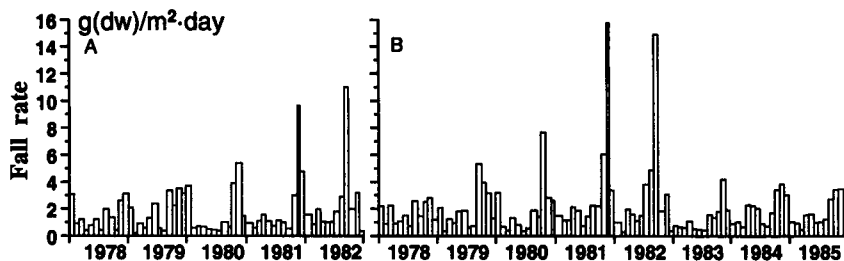


図-2 テーダマツ林 (A), スラッシュマツ林 (B) の落葉の季節変化

テーダマツ林およびスラッシュマツ林の落葉の季節変化を示すと図-2のようになる。

テーダマツ林の落葉の落下速度が最大を示しているのが、1979年~1981年は11月である。1978年は1月の、1982年は9月の落下速度が大きい。1982年は9月に台風18号が東海地方へ、19号が四国へ上陸し、とくに後者による強風が強く影響した結果である。1978年1月については強風は記録されてなく、前年の12月末から1月10日にかけて13cm、12cmの積雪がみられ、上賀茂試験地では10年に一度の降雪量が記録されているので、この積雪が影響した可能性があるが確かなことはわからない。1978年、1982年ともに11月の落下速度が年間の2位であった。これらのことから上賀茂試験地のテーダマツ林の落葉のピークは11月で、台風などの影響がみられなかった1981年の季節変動が代表的なリズムと考えられる。秋季の落葉量を年間量と比べると、1981年の10~12月の落葉量は年間量の55%に相当し、白浜試験地のテーダマツ林でも似たような値が得られている。秋季に年間落葉量の大部分が落葉する落葉広葉樹類に比べて、テーダマツ林では秋季以外にも或る程度は少量ずつコンスタントに落葉していることが明らかになった。

スラッシュマツ林の落葉も11月にそのピークがみられる。1978~1985年の8年間で、11月に落下速度が最大でなかったのは3年で、いずれも9月以前に台風が記録されている。9月以前に台風が記録された年を除いて秋季の落葉量は年間量の42~54%で、秋季以外の時期にみられる落葉が年間量の約1/2もみられ、スラッシュマツ林の落葉もテーダマツ林の落葉の季節変化に似

リズムを示すことが明らかになった。

2-2. 落枝（樹皮を含む）量

剥脱した樹皮を含んだ落枝量の季節変化は図-3のようになり、林齢とともに増加の傾向がうかがえ、さらに落下時期が台風に大きく影響されていることは明らかである。

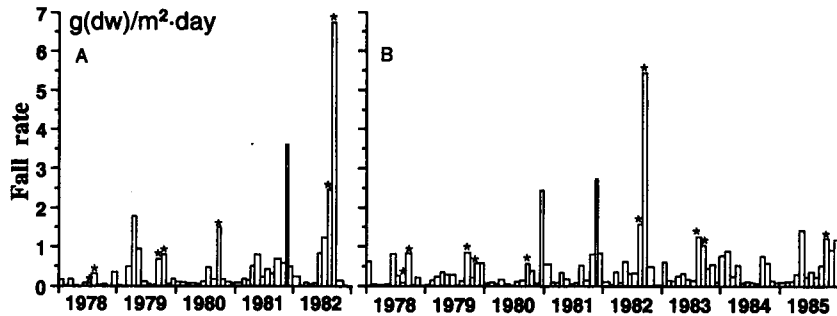


図-3 テーダマツ林 (A), スラッシュマツ林 (B) の落枝の季節変化
* 台風の接近, 強風

テーダマツ林の年落枝量は1978年には432kg/ha・yrで、総リターフォールの6.3%であったものが年とともに急激に落下量は増加し、台風に強く影響されたとはいえ、1982年には3,431kg/ha・yr、26.6%に達している。図-3から明らかなように、落枝に関しては季節変化の一定のリズムはみられず、台風による強風が落枝に強く働いていることは明らかである。しかし、1979年4月のように気象観測記録にその原因を求めることが不可能な落下もみられる。白浜試験地のテーダマツ林⁹⁾の落枝量も、台風による明らかな原因のほか、原因不明等本調査と同じような落枝の変化が求められている。これまでも記したが、落枝には気象観測に記録されない調査地の地形にともなう局所的な強風などが影響している可能性が大きい。

スラッシュマツ林の落枝量も1978年の年間967kg/ha・yr (11.8%) から1985年の2,028kg/ha・yr (21.3%) に増加し、テーダマツ林同様に、台風による強風が落枝をうながしている。その他テーダマツ林の落枝同様に、スラッシュマツ林の落枝にも一定の季節変化はみられない。

2-3. 食葉昆虫類の虫糞の落下量

トラップに回収された虫糞は鱗翅目（蛾類）の幼虫の糞が大部分を占めていた。白浜試験地のテーダマツ林⁹⁾にはスジコガネ成虫の糞が、上賀茂試験地のストローブマツ林¹⁰⁾にはマツノミドリハバチの糞がやや目立っていたが、本調査の両林分ともに、それらは非常にすくなかった。

虫糞落下の季節変化を示すと図-4のようになる。

落下速度のピークは両林分ともに7月の年と8月の年がある。これまでに調査された諸林分（テーダマツ林⁹⁾、ストローブマツ林¹⁰⁾、モミ・ツガ混交林¹⁶⁾、ヒノキ林¹⁵⁾、コナラ林²⁰⁾など）にみられたように、虫害は認められず、昆虫類が恒常発生している健全林分の夏季集中型である。虫糞落下速度のピークは、テーダマツ林では、7月と8月に4年ずつ半分に分かれているが、スラッシュマツ林では7月のピークは1977年と1978年の2年だけで、残りの9年は8月の落下速度がピークである。また、5月に比べて6月の落下速度が小さい年が多く、テーダマツ林では8年のうち6年に、スラッシュマツ林では11年のうち8年にみられる。虫糞量の多くを占められると思われるマツカレハの終齢幼虫の生息期が5月から6月で、早く終齢期を終わったものが多かったため、マツカレハの摂食終了によって虫糞量が減少したものと考えられる。

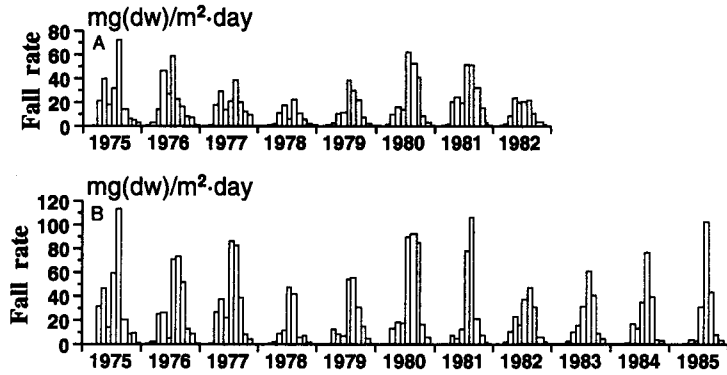


図-4 テーダマツ林 (A), スラッシュマツ林 (B) の虫糞落下の季節変化

年間虫糞量はテーダマツ林で 25.1~68.2kg/ha·yr (50.8±15.8kg/ha/yr), スラッシュマツ林で 39.2~104.4kg/ha·yr (70.6kg/ha·yr) で, 最も少なかった年は両林分ともに 1978 年である。虫糞量が多かった年はテーダマツ林の 1981 年とスラッシュマツ林の 1980 年に分かれたが, 次位が逆に, テーダマツ林は 1980 年, スラッシュマツ林が 1981 年である。両林分が隣接して育てられ, トラップの設置も遠くは離れていないため, 虫糞を排泄した食葉性昆虫も似たような生息変動を示したものと思われる。隣接した場所で調査されたにもかかわらず, 両林分の虫糞量に差があらわれた原因は不明である。マツカレハやクロスズメのような大形の幼虫の場合には, 本調査のような低密度ではわずかの個体数の差がその虫糞量に反映したものと考えられる。

スラッシュマツ林で回収された虫糞量の最大値が 1980 年の 104.4kg/ha·yr で, テーダマツ林では, 上賀茂試験地, 白浜試験地ともに 100kg/ha·yr 以下であったことは, テーダマツ林やスラッシュマツ林の健全林分では, 林冠に生息する虫体を見つけられなくとも, 年間 100kg/ha·yr 以下の虫糞を排泄する程度の食葉性昆虫類は常に生息していることになる。

2-4. 昆虫類の落下量

回収された昆虫類の死体の落下の季節変化を示すと図-5 のようになる。昆虫類の死体は明らかな季節変化を示していない。テーダマツ林, スラッシュマツ林ともに, 調査期間を通じて昆虫類の活動が活発な夏季を中心に, 冬を除く春から秋への植物の生育期間に落下量が多い傾向があ

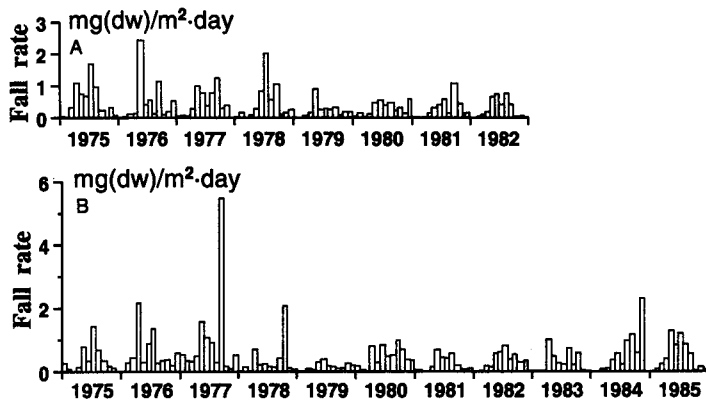


図-5 テーダマツ林 (A), スラッシュマツ林 (B) の虫体落下の季節変化

る。針葉を摂食したマツカレハやクロスズメの幼虫の死体が回収されるのは稀で幼虫の脱皮時に離れた頭部カプセルが目につく程度であった。本調査では5~6月にマツキボシゾウムシ (*Pissodes mitidus* ROELOFS) の成虫の死体がやや多く回収され、その他にマツノシラホシゾウムシ (*Shirahoshizo* spp.) などの小型のゾウムシ類、ハムシ類のさや翅、バッタ類の脚部など分解消費され難い虫体部位が回収されている。

回収された虫体量はテーダマツ林では0.8~1.9kg/ha・yr (1.4 ± 0.4 kg/ha・yr)、スラッシュマツ林では0.6~3.5kg/ha/yr (1.7 ± 0.7 kg/ha・yr) で、リターフォール総量からみれば取るに足らない量である。

2-5 生殖器官およびその他の落下量

テーダマツ林、スラッシュマツ林ともに生殖器官の着生はほとんどなく、テーダマツ林では1981年に、スラッシュマツ林では1984年にはじめてわずかの量の雄花がトラップで回収されたに過ぎない。

その他として回収された量はテーダマツ林では626~933kg/ha・yr (770 ± 99 kg/ha・yr)、スラッシュマツ林では1,022~1,598kg/ha・yr ($1,237 \pm 194$ kg/ha・yr) で、その大部分は調査林分に隣接している天然林からのヒノキ葉と広葉樹葉(コナラ、リョウブなど)で前記林床植生の樹葉も少量みられた。

2-6 総リターフォール量

リターフォール総量はテーダマツ林では6.86~12.90ton/ha・yr (9.17 ± 2.04 ton/ha・yr) で、落葉が65.9~81.7%を、次いで落枝が6.3~26.6%を占め、スラッシュマツ林では7.11~14.81ton/ha・yr (10.23 ± 2.41 ton/ha・yr) で落葉は63.6~76.3%、落枝は10.5~21.3%を占めていた。両林分ともに落葉・落枝がリターフォールの大部分であった。

II. クロマツ林、タイワンアカマツ林および両種の F₁ 雑種林の リターフォールの季節変化

クロマツを雌性親、タイワンアカマツを雄性親として交雑すると容易に F₁ 雑種が得られ、このクロマツ×タイワンアカマツ F₁ 雑種の生育状況⁸⁾、虫害状況⁷⁾、マツノサイセンチュウに対する抵抗性¹⁵⁾が調査され、実験林が造成されている。

調査地および調査方法

調査地は上賀茂試験地19林班に1968年2月にクロマツ、クロマツ×タイワンアカマツ F₁ 雑種、タイワンアカマツが、F₁ 雑種を真ん中にして小林分に植栽されたマツ属種間雑種検定林である(図-1)。

林床にはササが多く、ヤマウルシ、ツツジ類が混在し、前記テーダマツ林やスラッシュマツ林に比べると林床は貧弱である。3林分は1977年12月には表-2のように約5,000本/haで成立し、1982年4月の調査終了までに枯損はなかった。調査期間中の目立った虫害はなく健全林分であった。

調査は3林分ともに、1976年5月から1982年4月までで、化繊布で作られた50cm×50cmの受け口をもつ常用のトラップを用い、1林分当たり5個設置し、約1カ月間隔でリターフォールを回収し、研究室で各要素を選り分け絶乾重量を求めた。

表-2 クロマツ林, タイワンアカマツ林, F₁ 雑種林の概況

林 分	立木本数* (No./ha)	1976.10		1978.10		1981.11	
		平均 胸高直径 (cm)	平均 樹 高 (m)	平均 胸高直径 (cm)	平均 樹 高 (m)	平均 胸高直径 (cm)	平均 樹 高 (m)
クロマツ	5,388	6.0	5.4	7.3	6.7	9.4	8.5
タイワンアカマツ	5,490	6.9	5.6	9.0	7.3	11.7	9.9
F ₁ 雑種**	4,744	5.8	5.0	7.4	6.7	9.8	9.1

* 1976年から1981年まで枯損なし

** クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種

結果および考察

この3林分もいわゆる健全林分で、針葉を食害中の昆虫類を見つけることは出来なかったが、マツバノタマバエが生息し、冬季の越冬のため虫えいを脱出した幼虫がトラップに捕捉された。

1. 針葉を摂食（加害）した昆虫類

林冠で生息している食葉性蛾類を目視して種を確認することはできなかったが、マツカレハ、クロスズメ、マツノミドリハバチはテーダマツ林、スラッシュマツ林の場合と同様にトラップに落下した虫糞や虫体で確認した。

マツバノタマバエが食害可能なマツ属は、*Sylvestres* 亜節²⁶⁾に分類されるマツ各種で、クロマツもタイワンアカマツもマツバノタマバエの被害をうける^{27,28)}。さらに両種のF₁雑種は、両親よりも激しい被害をうけることも明らかになっている²⁹⁾ので、本調査3林分には、マツバノタマバエの生息している証拠がリターフォールに認められた。本害虫は針葉の基部で生息し、被害部に形成される虫えいの中の幼虫は、成長し、成熟すると虫えいを脱出して土壌表面浅くもぐって越冬し、蛹化する習性をもっているから、この虫えいを脱出した幼虫がトラップに捕捉されている。この期間は11月から2月末までで、平常は昆虫類が活動しない冬季にあたっている。そのために、他林分にはみられない冬期間に常より多くの虫体が回収された。

2. リターフォールの季節変化および年変動

選り分けたリターフォールの年間量を付表-2に示した。林齢の増加とともに増加しているのは落枝量と生殖器官の落下で、落葉量の年変動は大きくはなかった。

2-1. 落葉量

本調査3林分ともに、針葉は葉鞘が付いたまま落葉して回収されている。葉鞘はクロマツで3.8~6.1% (平均4.7%)、タイワンアカマツで4.2~7.1% (平均5.3%)、クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種で4.0~6.9% (平均5.2%)であった。

年落葉量は、クロマツ林では3.10~4.30ton/ha・yr (平均3.51±0.43ton/ha・yr)、タイワンアカマツ林では4.19~5.27ton/ha・yr (4.58±0.35ton/ha・yr)、F₁雑種林では3.64~5.44ton/ha・yr (4.38±0.65ton/ha・yr)であった。年落葉量の最大値は最小値の1.39倍(クロマツ林)、1.26倍(タイワンアカマツ林)、1.50倍(F₁雑種林)で、テーダマツ林やスラッシュマツ林と比べて年変動は小さく、年落葉量も相当に少ない。

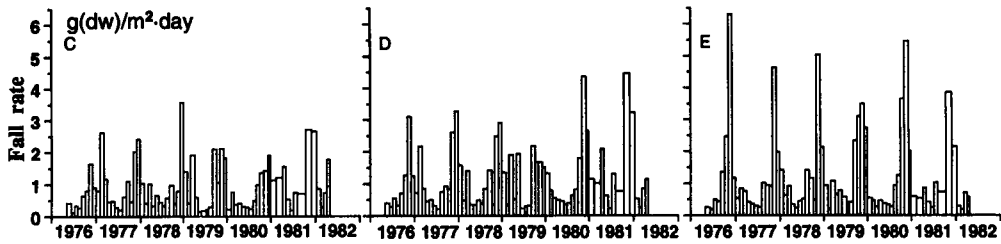


図-6 クロマツ林 (C), F₁雑種マツ林 (D), タイワンアカマツ林 (E) の落葉の季節変化

3林分の落葉の季節変化を示すと図-6のようになる。

落葉の落下速度が最大であった月は、クロマツ林では11月が2回、12月が3回みられるので、落葉最盛期は11月から12月と思われる。なお、1977年2月にピークがみられ、2月5日～15日に計37.5cmの降雪があり、積雪が影響したものと考えられ、雪以外の原因は不明である。この落葉最盛期に10月を加えた3カ月の落葉量を年間量と比べると32～57%に相当し、年により開きがみられる。台風の影響がなかった1981年度(1981年5月～1982年4月)は57%であったので、台風による強風で早い時期に強制的に落葉させられた結果、低い比率となったものと思われる。

タイワンアカマツ林では、11月の落下速度が調査期間を通じて各年ともピークを示し、クロマツ林に比べて落葉はやや早い傾向がみられる。10～12月の落葉量は年間量の52～67%で、クロマツ林より平均して秋に集中して落葉するようである。

F₁雑種林では、落葉速度のピークは11月と12月にみられ、10～12月の落葉量は年間量の34～65%であった。9月までに台風がみられた年の秋季の落葉比率は小さく、8月、9月に台風10号、16号が襲来した1979年は34%であったが、台風がみられなかった1981年は65%である。

このように、クロマツ林、タイワンアカマツ林、そのF₁雑種林の落葉の傾向は秋までに落葉が強制されることがなければ年落葉量のほぼ2/3が10～12月に集中するものと思われる。

2-2 落枝(樹皮を含む)量

落枝量は3林分ともに林齢とともに急激に増加している。クロマツ林では1976年度の落枝量は21.4kg/ha・yrであったものが1981年度には20倍の435.7kg/ha・yrに、タイワンアカマツ林は同様に37.0kg/ha・yrから860.3kg/ha・yrに、F₁雑種林では31.5kg/ha・yrから801.8kg/ha・yrに、ともに20倍を越えている。なお、落枝量の季節変化の図は省略するが、テーダマツ林、スラッシュマツ林やこれまでの各調査林分にみられたように、台風による強風で落枝がうながされ、落下速度はその都度大きくなり、他林分と同様に、3林分ともに一定の季節変化は認められない。

2-3. 生殖器官の落下量

生殖器官は調査開始時から3林分とも雄花はトラップで回収された。球果がみられたのはクロマツ林では1977年3月、タイワンアカマツ林では1976年5月、F₁雑種林では1977年4月で、以後次第に球果の落下量は増加している。クロマツ林では当初101.2kg/ha・yrであったが、1981年には711.9kg/ha・yrに、落枝量ほどではないが、7倍に増加している。タイワンアカマツ林では球果の着生が少なかったのか、生殖器官の落下量も少なく、調査初期の2倍に増加したにすぎない。F₁雑種林では初期の89.1kg/ha・yrから886.2kg/ha・yrへ10倍に増加し、両親よりもF₁雑種の方が多く結実するようである。球果の落下時期は、3林分とも4月～5月で、結実、成熟した球果は裂開して種子を散布した後、冬を越してから落下するのが普通のようなものである。

2-4. 食葉性昆虫類の虫糞の落下量

回収された虫糞はマツカレハまたはクロスズメのものが大部分で、その他の食葉性昆虫の糞は少なかった。

年間の虫糞量はクロマツ林で22.2~70.1kg/ha・yr (平均40.0±17.2kg/ha・yr)、台湾アカマツ林で46.6~97.8kg/ha・yr (70.6±15.8kg/ha・yr)、F₁雑種林で40.5~66.8kg/ha・yr (53.7±10.3kg/ha・yr)で、虫糞量の最も少なかった年は3林分ともに1976年5月から1977年4月までの1976年度である。最も多かったのはクロマツ林では1980年度、他の2林分では1979年度であった。1979年度はクロマツ林の虫糞量は次位で、隣接した連続林分のように成林している調査林分であるために、生息昆虫類も似たような経過をたどったものと思われる。この3林分においても年間虫糞量は100kg/ha・yrを越えていない。

虫糞落下の季節変化を求めると図-7のようになる。

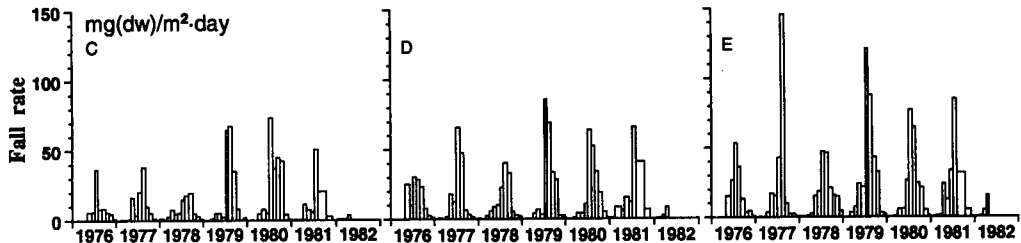


図-7 クロマツ林 (C)、F₁雑種マツ林 (D)、台湾アカマツ林 (E) の虫糞落下の季節変化

虫糞落下のピークはテーダマツ林、スラッシュマツ林同様に7月と8月である。クロマツ林では7月が3回、8月が2回で1978年には9月の落下速度が最も大きい。台湾アカマツ林では1977年を除いて7月で、またF₁雑種林は1978年の8月以外は7月である。虫糞落下の季節変化の夏季集中型は変わらず、この3林分では8月よりも7月の虫糞量が多かった。

2-5. 昆虫類の落下量

回収された昆虫類落下の季節変化を求めると図-8のようになる。

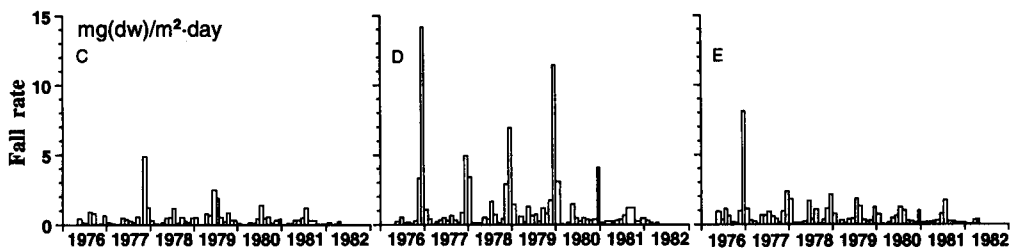


図-8 クロマツ林 (C)、F₁雑種マツ林 (D)、台湾アカマツ林 (E) の虫体落下の季節変化

本調査では、これまでに調査された昆虫類の落下と異なり、特徴的なのはマツバノタマバエの生活習性にもとづく幼虫落下の冬季のピークである。マツバノタマバエはクロマツよりも台湾アカマツを好み、さらに両親のF₁雑種を台湾アカマツ以上に好むことが明らかになっている²⁸⁾。マツバノタマバエに感受性であるF₁雑種林では、虫体の落下速度は1980年度までは12月に年間のピークがみられる。台湾アカマツ林では1978年度までは年間のピークは12月であったが、1979年以後は夏に落下のピークがあらわれている。調査林分において、マツバノタ

マバエは次第に生息密度を減少させていることが明らかである。マツバノタマバエが最も多く虫えいから脱出する12月の落下速度が $2.0\text{mg}/\text{m}^2\cdot\text{day}$ 以下であれば、夏季の昆虫類の活動最盛期の落下速度の方が大きくなり、マツバノタマバエ幼虫の落下の特徴ある季節変化は明瞭にあらわれていない。クロマツ林の場合、マツバノタマバエの生息密度が低かったために12月の虫体落下速度にはその特徴はみられない。1977年11月のクロマツ林の落下速度が大きく目立っているが、11月にウバタマムシ (*Chalcophora japonica* MOORE) 成虫の死体が一匹無傷で回収されたため、白浜試験地のテーダマツ林⁹⁾で、唯一度マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* HOPE) の成虫が回収された場合と同様に、特例と考える方が妥当であろう。

年間の虫体量はクロマツ林で $0.9\sim 2.6\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ (平均 $1.6\pm 0.6\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)、タイワンアカマツ林で $1.2\sim 3.9\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($2.3\pm 0.9\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)、F₁雑種林で $1.7\sim 6.0\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($3.9\pm 1.6\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)で非常に少なかった。リターフォール全量に対し虫体量も多い場合でも0.12%に過ぎない。

2-6. その他の落下量

その他に含まれる大部分はマツ以外の植物体で、主として林床に生育している広葉樹類の葉である。平均してクロマツ林で $89.9\pm 34.2\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、タイワンアカマツ林で $90.6\pm 24.0\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ 、F₁雑種林で $105.5\pm 32.7\text{kg}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ がその他として回収されている。テーダマツ林やスラッシュマツ林に比べて少ないのは、本調査林分の周囲には天然林が存在せず、これらの樹葉の飛散落下がなかったからである。

2-7. 総リターフォール量

各林分のリターフォール総量は、クロマツ林では $3.27\sim 5.60\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ (平均 $4.09\pm 0.78\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)、タイワンアカマツ林では $4.66\sim 6.71\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($5.48\pm 0.68\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)、F₁雑種林では $3.86\sim 7.33\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$ ($5.19\pm 1.19\text{ton}/\text{ha}\cdot\text{yr}$)であった。

総量の76.7~94.3% (クロマツ林)、75.3~93.8% (タイワンアカマツ林)、74.2~94.3% (F₁雑種林)を落葉が占め、落枝量を加えると各林分とも総量の大部分に相当する。

Ⅲ. 苗畑に高密度に植栽されたクロマツ、アカマツ、テーダマツの 小林分のリターフォールの季節変化

苗畑の一隅にクロマツ、アカマツ、テーダマツの3種の高密度小林分を造成し、その幼齡林分のリターフォールを調査した。

調査地および調査方法

苗畑に植栽間隔80cmを基準にして、クロマツ、アカマツ、テーダマツの3種の苗高30~50cmの苗木を1970年3月に植栽した小林分に前記の化繊布で作られた受け口50cm×50cmのトラップをクロマツ林とテーダマツ林には林分当たり5個ずつ受け口の高さ約50cmに設置してリターフォールを調査した(図-1)。1973~1977年は虫糞と虫体のみ選別し、1978年以後はリターフォールの各要素を選別し、その重量を求めた。クロマツ林では1981年にマツノザイセンチュウによるマツ枯れ被害が発生したので1981年12月に調査を終了したが、テーダマツ林は1982年まで調査を続行した。さらにアカマツ林では1979年から1982年までの4年間リターフォールを同様に調査した。

調査林分の概況は表-3の通りで、3林分ともha当たり10,000本を越える高密度林分で被圧木は年々枯損している。またクロマツ林では、1981年後半から1982年前半にかけてマツノザイ

表-3 苗畑に育ったクロマツ、アカマツ、テーダマツの高密度林分の概況

林分			1979.10	1979.11	1981.11	1982.11
クロマツ	立木本数	(NO./ha)	16,670	15,200	10,130	—
	平均胸高直径	(cm)	3.4	4.4	6.2	—
	平均樹高	(m)	3.4	5.8	7.4	—
アカマツ	立木本数	(NO./ha)	—	12,570	—	9,980
	平均胸高直径	(cm)	—	4.5	—	6.9
	平均樹高	(m)	—	5.7	—	7.8
テーダマツ	立木本数	(NO./ha)	14,970	10,710	—	9,760
	平均胸高直径	(cm)	4.4	5.8	—	7.0
	平均樹高	(m)	4.7	6.5	—	8.7

センチウのために多数の枯損が発生し、リターフォール調査には不向きな状況になったので1981年12月で調査を終了した。

結果および考察

クロマツ林でマツノザイセンチュウによるマツ枯れが発生するまでは3林分ともに健全林分であった。調査初期には樹高が低いので、時々マツカレハの幼虫を林冠でみかけた。また、クロマツ、アカマツにはマツバノタマバエが加害したので、両林分のトラップには虫えいから脱出した幼虫が捕捉された。

1. リターフォールの季節変化および年変動

リターフォールの各要素の年間量は付表-3に示した。本調査林分においてもこれまでの調査と同様に落枝量の年々の増加がみられ、とくにテーダマツ林で著しい。生殖器官はクロマツやアカマツでは樹齢10年未満で回収されて、年とともに増加しているが、テーダマツ林では回収されていない。落葉の年変動は3林分とも大きくはなかった。

1-1. 落葉量

クロマツ林で5.82~7.25ton/ha・yr (平均6.58±0.58ton/ha・yr)の落葉量が得られ、山地植栽のクロマツ実験林の2倍近い値となった。本調査林分が高密度の若齢林分で、次々と枯損木がみられるほどに林冠がうっ閉していたためと思われる。なお、1981年にはマツノザイセンチュウによって初秋から枯れた個体があったが、このマツ枯れ木の枯死針葉はまだ落葉量に影響をおよぼしている気配はなかった。アカマツ林では4.02~4.44ton/ha・yr (4.26±0.18ton/ha・yr)の落葉で、今回の調査林分のなかでは最も変動が小さかった。テーダマツ林では5.70~6.88ton/ha・yr (6.39±0.42ton/ha・yr)で、テーダマツ実験林の落葉量と非常に似た値となった。

クロマツ林では山地植栽の実験林と苗畑植栽の高密度林分では落葉量に相当な差がみられたが、テーダマツ林では立木密度がクロマツのように異なるにもかかわらず年落葉量には差がみられない。両樹種の新梢の伸長成長経過の差が何らかに影響しているのかも知れないが、本調査でみられたクロマツ林とテーダマツ林のそれぞれの立地状況による落葉の違いの原因は不明である。なお、このテーダマツ林の年変動もアカマツ林に次いで小さかった。

落葉の季節変化を示すと図-9のようになる。

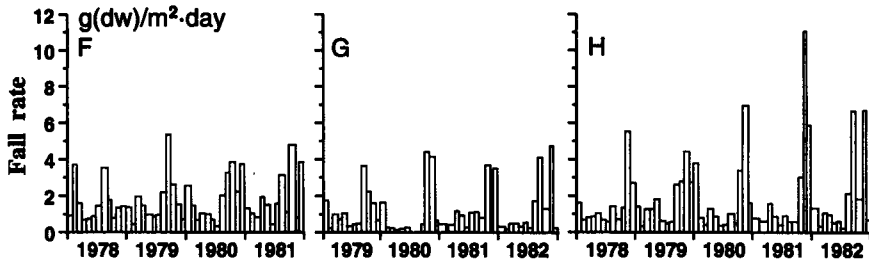


図-9 苗畑のクロマツ林 (F), アカマツ林 (G), テーダマツ林 (H) の落葉の季節変化

クロマツ林ではこれまでの調査で得られたような秋季以後に落葉が多くなる傾向があまりみられない。高密度で成立し個々の樹体の枝条が錯綜しているために以前に枝から脱落した針葉が途中の枝条に引っかかっているため、この針葉のトラップへの落下がみられて、本調査のように落葉パターンが乱れた可能性がある。現実にリターフォールの回収時に樹体に触れたために落葉がみられたこともあり、樹体の枝条に引っかかっていた針葉が不定期に風などにより落下して、クロマツの落葉の季節変化に影響をあたえていたものであろう。

アカマツの落葉の季節変化は台風の影響を除けば10~11月にピークがみられ、年によってわかれているが、上賀茂試験地のアカマツの落葉は10月から11月の時期であることがわかる。テーダマツ林では1982年の9月の台風のために起こった多量の落葉を除けば11月の落下速度が最大を示し、とくに台風が襲来しなかった1981年にはとくに11月に集中して落葉している。このような落葉の傾向は山地植栽のテーダマツ実験林にもみられ、上賀茂試験地ではテーダマツの落葉は11月に集中すると考えても良いであろう。

これまでの調査林分と同じように10~12月の落葉量を年間量と比べるとクロマツ林では18~44%、アカマツ林では29~55%、テーダマツ林では37~68%となる。前述のようにクロマツ林での落葉の集中は少なく、台風がみられなかった1981年でも44%で、落葉が他の月へ分散していることがわかる。この年にはアカマツ林は55%テーダマツ林では68%で、テーダマツの落葉が最も秋季に集中するようである。

1-2. 落枝 (樹皮を含む) 量

生育途中の林分に見られる林齢にともなう落枝量の増加は本調査林分にもみられる。クロマツ林は植栽後10年にしてすでに400kg/ha・yrを越え、同林齢の山地実験林で得られた落枝量の10倍に達している。高密度で仕立てられたために、下枝の枯れ上がりが早かったためであろう。アカマツ林では1981年には落枝量は500kg/ha・yrを越え、さらにテーダマツ林では1,000kg/ha・yrを越えている。テーダマツの新梢が年間に複数枝階を形成して伸長する性質から、クロマツやアカマツに比べてより多くの小枝を伸長させ、それらの枯死落下が早くからみられたためであろう。落枝の季節変化は他林分と同様に強風に左右されて落枝が多くなるなど、季節的な変化は認められない。

1-3. 生殖器官の落下量

クロマツ林では1974年には雄花が開花し、1978年に球果がトラップに落下している。1979年以後の生殖器官落下量の増加は次第に多くなってきた球果の落下に由来している。アカマツ林ではまだ生殖器官の落下は少なく、1955年に球果がはじめて落下しているが、以後もクロマツのように増加していない。テーダマツでは1980年にわずかに雄花が認められる。山地植栽のテー

ダマツでは開花結実はアカマツ、クロマツに比べて5年または10年以上遅れるようである。

1-4. 食葉性昆虫類の虫糞の落下量

年間の虫糞量としてクロマツ林では37.3~86.5kg/ha・yr (平均63.5±17.4kg/ha・yr), アカマツ林では67.3~103.0kg/ha・yr (85.2±15.3kg/ha・yr), テーダマツ林では44.9~148.1kg/ha・yr (92.9±28.7kg/ha・yr) が回収された。クロマツ林では年間100kg/ha・yrを越えていないが、アカマツ林で1例、テーダマツ林で4例が100kg/ha・yrを越えている。調査林分が苗畑に成立し、樹高も低かったために、リターフォールの回収時に、時々マツカレハの幼虫を見かけることはあった。テーダマツ林で148kg/ha・yrも排泄された翌年には虫糞量は100kg/ha・yr近くに減少し、1978年以後は100kg/ha・yrまたは以下の虫糞を排泄する安定した恒常発生を続けている。

虫糞量の季節変化を示すと図-10のようである。

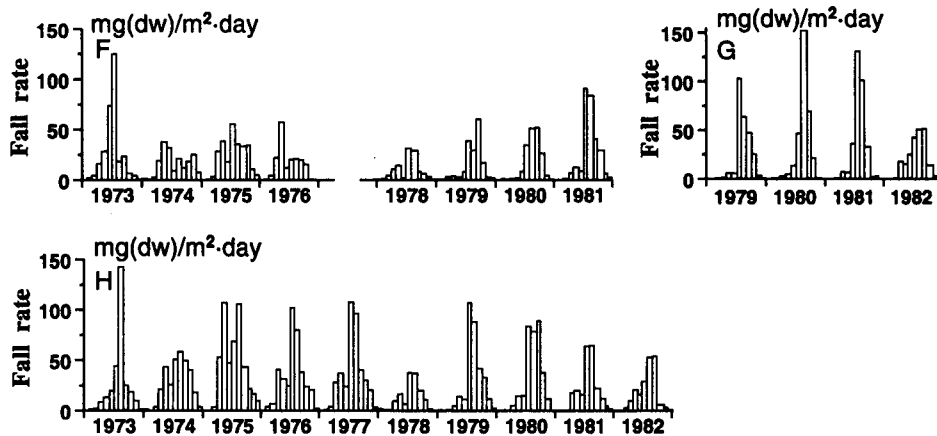


図-10 苗畑のクロマツ林 (F), アカマツ林 (G), テーダマツ林 (H) の虫糞落下の季節変化

虫糞落下の季節変化は夏季集中型である。クロマツ林では落下速度が最大の月が5月や9月になっている年がみられるが、アカマツ林では7月か8月に、テーダマツ林でも1975年を除いて7月または8月の虫糞落下速度が年間の最大になっている。調査期間を平均すると、虫糞が最も多く排泄された月はクロマツ林では7月となったが、アカマツ林およびテーダマツ林では8月となった。

1-5. 昆虫類の落下量

マツバナタマバエが生息するクロマツ林とアカマツ林では、その幼虫が虫えいから脱出する11~2月にトラップに脱出幼虫が回収された。昆虫類落下の季節変化を示すと図-11のようになり、アカマツ林ではマツバナタマバエの幼虫に由来する落下速度のピークが12月にみられるが、クロマツ林では目立たずそのピークは夏季である。「II」で述べたがクロマツ林の12月の落下速度が2.0mg/m²·dayに達しなかったため昆虫類が活発に活動している夏季の昆虫落下速度が大きかったのである。なお、クロマツ林の1976年2月の落下速度が著しく大きいのは、これはカマキリの卵塊が回収されたため、白浜試験地のテーダマツ林⁹⁾のマツノマダラカミキリ成虫、本調査の山地のクロマツ実験林のウバタマムシ成虫の回収のように特例である。

年間の虫体落下量はクロマツ林では1.9~7.1kg/ha・yr (平均3.0±1.7kg/ha・yr), アカマツ林では2.4~4.5kg/ha・yr (3.2±0.8kg/ha・yr), テーダマツ林では2.1~3.7kg/ha・yr (2.7±0.5kg/ha・yr) となった。

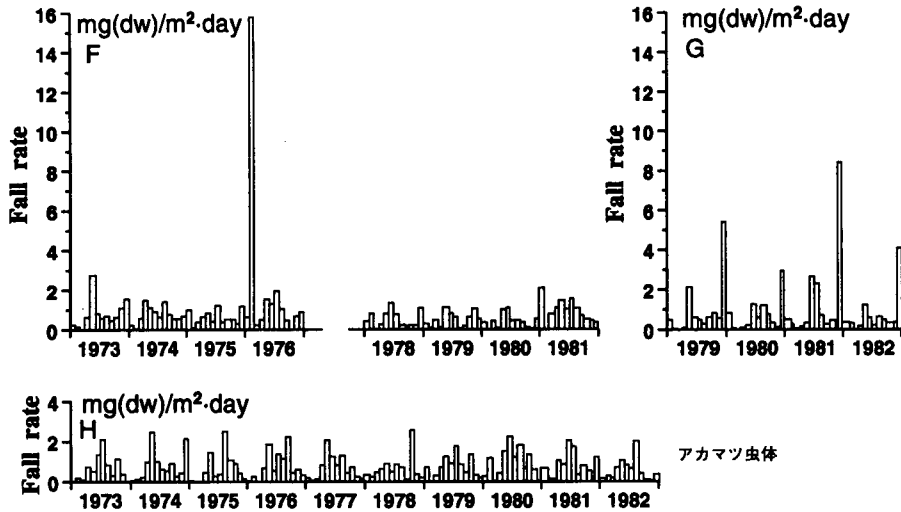


図-11 苗畑のクロマツ林 (F), アカマツ林 (G), テーダマツ林 (H) の虫体落下の季節変化

1-6. その他の落下量

本調査林分は苗畑に成立しているから、林床植生はなく、回収されたその他の広葉樹葉は、すべて林外から飛散してきたものである。両側が傾斜している凹地形に苗畑が作られているので斜面に植えられている見本樹などの広葉が主として回収されている。平均してクロマツ林は $225.6 \pm 82.7 \text{ kg/ha}\cdot\text{yr}$ 、アカマツ林では $176.5 \pm 27.7 \text{ kg/ha}\cdot\text{yr}$ 、テーダマツ林では $231.7 \pm 82.7 \text{ kg/ha}\cdot\text{yr}$ がその他として回収された。

1-7. 総リターフォール量

3林分の総リターフォール量はクロマツ林では $6.13 \sim 8.82 \text{ ton/ha}\cdot\text{yr}$ (平均 $7.56 \pm 1.07 \text{ ton/ha}\cdot\text{yr}$)、アカマツ林では $4.45 \sim 5.25 \text{ ton/ha}\cdot\text{yr}$ ($4.89 \pm 0.30 \text{ ton/ha}\cdot\text{yr}$)、テーダマツ林では $6.19 \sim 8.67 \text{ ton/ha}\cdot\text{yr}$ ($7.49 \pm 0.92 \text{ ton/ha}\cdot\text{yr}$) で、落葉と落枝量で多い年では90%または以上を占めている。生殖器官の落下量が多かったクロマツ林の1981年でも87.6%であったが逆に生殖器官の落下がなかったテーダマツ林では、落葉、落枝量が総リターフォールの95%を占めている。

IV. 総括

上賀茂試験地の山地に実験林として育成されているテーダマツ、スラッシュマツ、クロマツ、クロマツ×タイワンアカマツ F_1 雑種、タイワンアカマツの各若齢林分および苗畑に高密度に仕立てられたクロマツ、アカマツ、テーダマツの小林分についてリターフォールを調査した結果をすでに調査されたストロブマツ林¹⁰⁾の資料を加えてまとめるとつぎのようになる。

1. 落葉量

各林分の調査期間の平均的な落葉の季節変化を求めると図-12のようになる。一般に考えられる秋季の落葉のパターンを示していない林分がみられ、とくにクロマツ林では山地、苗畑の両林分ともに秋季の落葉が少ないのに興味がある。この原因は不明である。他の調査林分ではおおむね11月に落葉が多い。

うつ閉林分の落葉量は多くの林分における調査で、平均して年間 3 ton/ha と考えられ、それ

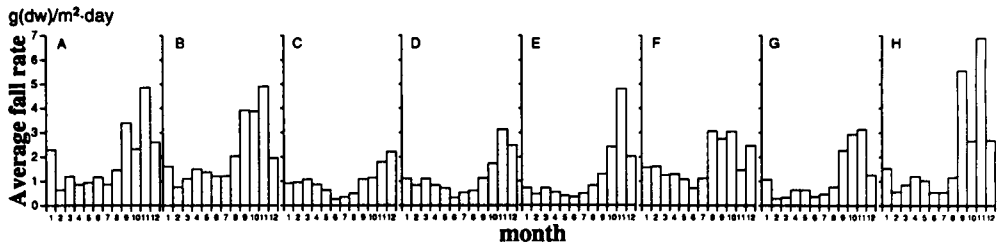


図-12 8林分の調査期間の平均の落葉の季節変化

を裏付ける多くの報告がある。例えば、モミ・ツガ混交林の13年間の平均落葉量はが3.0ton/ha・yr¹⁶⁾で、ヒノキ林でいろいろな林分の平均値も3.1ton/ha・yr¹⁵⁾、さらにコナラ林で3ton/ha・yr前後²⁰⁾の値が求められている。また一方、モミジバフウ林では4.3~5.0ton/ha・yr(平均4.7ton/ha・yr)¹⁹⁾、ストロブマツ林では3.8~5.9ton/ha・yr(平均4.9ton/ha・yr)¹⁰⁾のように多い落葉量が求められている例もある。上賀茂試験地で調査されたマツ属諸林分の落葉量に白浜試験地のテーダマツ林⁹⁾の落葉量を一括してまとめると表-4のようになる。

今回調査された諸林分では、多くの場合、これまで調査された落葉量より多く、とくにスラッシュマツ林では10ton/ha・yrを越える値が得られ、異常に多い。この10tonを越える値を除くと、スラッシュマツ林の落葉の範囲は4.52~7.23ton/ha・yrでテーダマツ林と似た値になる。

表-4のように年落葉量が多く求められた明らかな原因は見あたらない。強いて考えれば、一つは台風による強風のために次年度以後に落葉するはずであった緑色葉が強制的に落とされている。この緑色葉を分けていないので何ともいえないがスラッシュマツ林の10ton/ha・yrを越える値は何とも異常である。今後はトラップ内の緑色葉を選り分けることが必要となった。一方、各調査林分の林齢が若いことが原因している可能性も考えられる。高樹齢林分における調査も必要となる。さらに、アカマツやクロマツのように新梢の伸長型が単節型(アカマツ・クロマツ型)の樹種に比べて、テーダマツやスラッシュマツの新梢が年間の生育期間を通じて順次枝階を作りながら成長する複節型のテーダ・スラッシュマツ型^{29,30)}であることが落葉量を多くしている可能性がある。針葉の伸長、展開から落葉までの葉の寿命など詳しい調査に期待したい。本報告では表-4および付表のように、多量の年間落葉量を記録した事実を報告するにとどめる。

2. 食葉性昆虫類の虫糞量

食葉性昆虫類の虫糞は各調査林分ごとに述べた。ここでは各林分の調査期間の平均の季節変化を求めると図-13のようになる。いずれの林分も7月か8月の虫糞落下速度がピークになる夏季集中型を示している。すなわち、7月に落下速度の最大値を示した林分は、クロマツ林、タイ

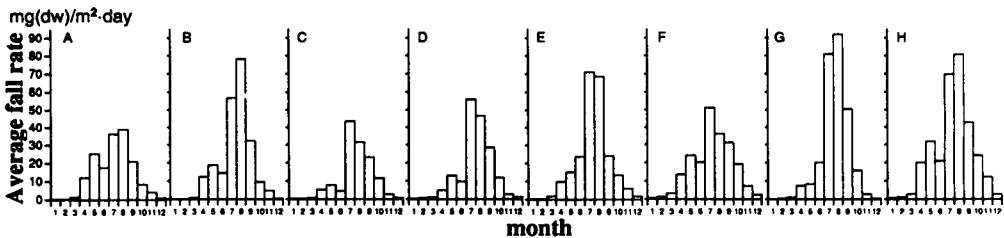


図-13 8林分の調査期間の平均の虫糞落下の季節変化

表-4 マツ 属林分の落葉量 (ton/ha・yr)

樹種	林齢	範囲	平均	備考
テーダマツ	12~16	5.60~ 8.50	(6.63±0.99)	山地植栽実験林(上賀茂試験地)
"	9~13	5.70~ 6.88	(6.39±0.42)	苗畑:高密度林分(上賀茂試験地)
"	7~19	3.00~ 6.47	(4.50±0.87)	密度試験林(白浜試験地)
"	7~19	3.27~ 7.13	(4.81±1.19)	"
"	7~23	3.76~ 7.95	(5.36±1.08)	"
スラッシュマツ	12~19	4.52~10.68	(73.8±1.94)	山地植栽実験林(上賀茂試験地)
クロマツ	8~13	3.08~ 4.30	(3.51±0.43)	"
"	9~12	5.82~ 7.25	(6.58±0.58)	苗畑:高密度林分(上賀茂試験地)
アカマツ	10~13	4.02~ 4.44	(4.26±0.18)	"
タイワンアカマツ	8~13	4.19~ 5.27	(4.58±0.35)	山地植栽実験林(上賀茂試験地)
F ₁ 雑種*	8~13	3.64~ 5.44	(4.38±0.65)	"
ストローブマツ	16~27	□ 3.78~ 5.87	(4.92±0.59) ** □	"
		□ 4.05~ 6.12	(5.19±0.59) *** □	"

* クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種

** 葉鞘が脱落している

*** 葉鞘を加える

ワンアカマツ林, F₁ 雑種林のグループと苗畑のクロマツ林である。8月に最大値を示したのはテーダマツ林とスラッシュマツ林, さらに苗畑のアカマツ林とテーダマツ林で, 連続して成林しているにもかかわらず, 苗畑の高密度林分だけが, クロマツ林と他の2林分に差がみられる。山地植栽の実験林では一方のグループは7月に他方は8月に分かれている。生息昆虫の種や数の影響があらわれたのであろうが, 上賀茂試験地ではストローブマツ林¹⁰⁾の虫糞落下速度も8月が最大であった。各林分をすべてまとめて虫糞落下の平均的な季節変化を求めると図-14のようになり, 上賀茂試験地においては恒常発生する食葉性昆虫類の虫糞は7~8月に多く排泄されていることが明らかになった。また, 6月の虫糞落下速度が5月より小さい値を示した林分が8林分のうち6林分あり, 上賀茂試験地に発生している食葉性昆虫類が低密度の恒常発生であっても比較的似た種組成をもっている可能性がある。前述したが, マツカレハの終齢の老熟時期が5月下旬から6月上旬にあたるので, その摂食終了がこの虫糞量に反映しているのかも知れない。

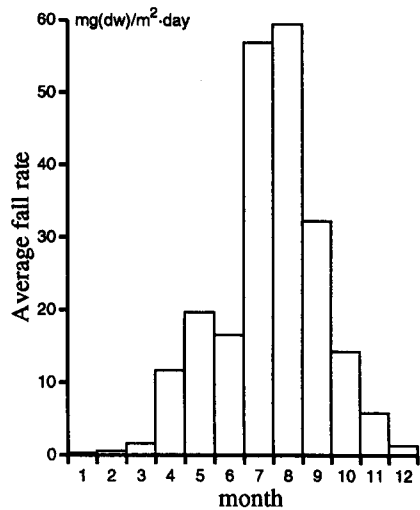


図-14 上賀茂試験地における食葉性昆虫類の虫糞落下の季節変化

本調査で求められた年間虫糞量の延べ59例のうち100kg/ha·yrを越えたのは, スラッシュマツ林で1例(1980), 苗畑のアカマツ林で1例(1980)および苗畑のテーダマツ林の4例(1975~1977年, 1980年)の計6例だけである。22例が50~70kg/ha·yrの範囲にあり, 15例がそれ以下, 16例が70~100kg/ha·yrに虫糞量は分布している。59測定値を平均すると66.9kg/ha·yrとなる。このような虫糞量が集められた調査期間に, 各林分の林冠の昆虫類は目につかなかった。しかし, 林冠には目視されなくとも恒常的に或る程度食葉性昆虫類が生息していることを虫糞が証明している。上賀茂試験地のマツ属実験林には年間に100kg/ha·yr程度の虫糞を排泄する食葉性昆虫類が常に生息していることが明らかになった。このことはマツ属林分だけでな

表-5 本調査以外の各種林分における食葉性昆虫類の年間虫糞量 (kg/ha·yr)

林 分	糞 量	文 献
ストローブマツ林	70.5~272.8	(10)
モミ・ツガ混交林	61.3~107.3	(16)
モミ林	63	(17)
ツガ林	67	(17)
ヒノキ林	10.3~ 47.2	(11, 12, 13, 11, 14, 15)
ナギ林	68.7~106.4	(18)
モミジバフウ林*	23.0~152.4	(19)
コナラ林	49.9~197.4	(20)
ミズメ林	32.6	(21)
モリシマアカシア林	78.2~170.6	(22)

* クスサンの発生が目立たなかった年

く、他樹種林分の調査でも明らかにされており（表-5）、特定の食葉性昆虫が発生した場合を除いては、森林生態系には恒常的に100kg/ha・yr前後の虫糞を排泄する食葉性昆虫類が生息している方が林分の健全性を証明し、森林には必ず昆虫類は生息しているものであると考えるのが常識であろう。

回収された虫糞量から摂食量さらに食害量（被食量）を推定する手順についてはこれまで幾度となく報告してきた^{9,10,15,19)}ので、ここでは詳しくは述べない。手順は、①回収した虫糞量を排泄時の乾燥重量に換算し、②その糞量より当該昆虫の摂食効率より摂食量を推定する。③摂食量に摂食行動時に切り落とされる葉量を加えて食害量（被食量）を推定する。この手順をふめば、マツカレハの生息で代表されるマツ林の場合には食害量はトラップで回収した虫糞量の1.91倍に相当することになる。概算値として虫糞量の約2倍の葉量が被害をうけたと考えても良い。本調査で得られた虫糞量では食葉性昆虫類による被食量は落葉量の0.1%にも達せず微々たるものである。ちなみに落葉広葉樹林の場合では、虫糞量の2.16倍が食害量に相当する。

3. 虫体量

トラップで回収される虫体量はリターフォール総量からみると非常に少量であるが、本調査ではマツバノタマバエの発生により、これまでの調査ではみられなかった季節変化がみられた。調査各林分別に平均的な虫体落下量の季節変化を求めると図-15のようになり、タイワンアカマツ林、F₁雑種林、アカマツ林で12月の落下速度が最大に著しく目立ち、さらにF₁雑種林では前後の11月と1月の落下速度も大きくなっている。マツバノタマバエに感受性であり、特に好まれるF₁雑種²⁰⁾にその生息数が多かったため、この時期に生息している針葉基部に形成された虫えいから幼虫が脱出するためにこの特異な季節変化が生じている。マツバノタマバエの生息可能なクロマツ林で、それほど目立たないのは、その生息数が少なかったからである。虫体落下の季節変化は通常では昆虫類の活動が激しい夏季が多く、これまでの調査例も含めて、その間の落下速度が大きく、これが一般的な虫体落下の季節変化である。また特別な虫体（本調査のクロマツ林で回収したウバタマムシ成虫、苗畑のクロマツ林にみられたカマキリの卵塊や白浜試験地のテーダマツ林で回収したマツノダガラカミキリ成虫⁹⁾）が回収されれば季節変化が乱れることも常である。

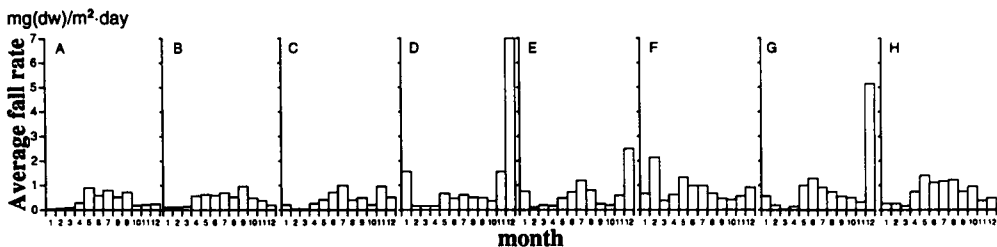


図-15 8林分の調査期間の平均の虫体落下の季節変化

あ と が き

本調査ではマツ属のいろいろな林分でリターフォールを調査し、その季節変化、年変動を求め、マツバノタマバエの生息による特異な虫体落下量の季節変化を明らかにした。さらに、健全林分にみられる恒常的な食葉性昆虫類の虫糞量、多量の落葉がみられる事例をも明らかにした。上賀

茂試験地のテーダマツ林やスラッシュマツ林は今後も順調に生育を続けるであろうが、クロマツ林では調査を終えた数年後からマツ枯れ被害が、タイワンアカマツ林およびF₁雑種林ではマツモグリカイガラムシの加害とマツノザイセンチュウにより次第に衰弱し、枯損もみられ林分の形態を保っていない。虫害が少なくマツノザイセンチュウに抵抗性をもつテーダマツ林、スラッシュマツ林、ストロブマツ林では、高樹齢に成林した後本報告で課題として提起された落葉量の種本来の年変動が調査され解決されることを期待したい。

引用文献

- 1) 上賀茂試験地マツ属研究グループ(代表 古野東洲)(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
- 2) 古野東洲・中井 勇(1988) 外国産マツ属の虫害に関する研究 第9報 マツモグリカイガラムシの寄生による樹体湾曲. 京大演報 60. 18~32.
- 3) ———・岡本憲和・四手井綱英(1963) 同上 第1報 マツノシンマグラメイガについて. 京大演報 34. 107~125.
- 4) 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.
- 5) 古野東洲・中井 勇・上中幸治(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.
- 6) ———・二井一禎・中井 勇(クロマツとタイワンアカマツの雑種F₂, マンシュウクロマツ, カーシャマツと雑種F₁および P. Yunnanensis のマツノザイセンチュウに対する抵抗性. 日林関西支講 35. 154~157.
- 7) ———・中井 勇(1991) マツ属9F₁雑種にみられる虫害について. 102回日林論. 245~246.
- 8) 中井 勇・古野東洲(1987) クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種の生育について. 日林関西支講 38. 89~92.
- 9) 古野東洲・上中幸治・羽谷啓造(1994) テーダマツ幼~壮齢林のリターフォールについて. 京大演報 66. 1~14.
- 10) ———(1993) ストロブマツ林の12年間のリターフォールについて. 京大演報 65. 1~13.
- 11) 上田晋之助・堤 利夫(1977) ヒノキ人工林とタブ天然生林のリターフォールについて. 京大演報 49. 30~40.
- 12) HAGIHARA, A., SUZUKI, M. and HOZUMI, K. (1978) Seasonal fluctuations of litter fall in a *Chamaecyparis obtusa* plantation. J. Jpn. For. Soc. 60. 397~404.
- 13) 斎藤秀樹・松下 洋・竹岡政治(1979) 京都市北部の貧弱な天然性ヒノキの純生産速度. 京都府大学術報告 農 31. 59~69.
- 14) ———(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.
- 15) 古野東洲・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.
- 16) ———(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.
- 17) ANDO, T., CHIBA, K., NISHIMURA, T. and TANIMOTO T. (1977) Temperate fir and hemlock forest in shikoku. In primary productivity of japanese forest -productivity of terrestrial communities(SHIDEI, T. and KIRA t., eds.) 213~245, 283~285, Univ. of

Tokyou Press, Tokyo

- 18) 渡辺弘之 (1978) ナギ林のリターフォール量. 京大演報 50. 24~31.
- 19) 古野東洲 (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.
- 20) ———・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. 52~62.
- 21) ———・上西幸雄 (1977) 和歌山演習林におけるモミ, ツガ林の生産力調査 第4報 伐採跡地に更新したミズメ若齢樹について. 京大演報 49. 41~52.
- 22) 渡辺弘之・羽谷啓造・上中光子 (1980) モリシマアカシア林のリターフォール量と被食量. 京大演報 52. 44~52.
- 23) 古野東洲・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.
- 24) 上賀茂試験地マツ属研究グループ (代表 古野東洲) (1990) テーダマツ林の成長と現存量. 京大演集報 20. 88~99.
- 25) ————— (1989) スラッシュマツ林の成長と現存量. 京大演集報 19. 36~48.
- 26) Critchfield, W. B. and Little, E. L. Jr. (1966) Geographic distribution of Pine of the world. U. S. Dept. Agr. For. Serv.
- 27) 古野東洲・曾根晃一 (1978) 外国産マツ属の虫害に関する研究 第5報 マツバナタマバエの加害について. 京大演報 50. 12~23.
- 28) ——— (1987) 同上 第8報 マツバナタマバエの加害について—統一—. 京大演報 59. 16~30.
- 29) ——— (1975) ストローブマツの生育におよぼす摘葉の影響. 京大演報 47. 1~14.
- 30) 田中弘之・大島誠一・赤井龍男 (1976) 外国産マツ属の新梢の伸長と形態. 京大演集報 11. 38~49.

付表1 テーダマツ林およびスラッシュマツ林リターフォール (kg (dw)/ha・yr)

林 分	年 (1~12月)	葉*	枝**	生殖器官	虫 糞	虫 体	その他	計
テーダマツ林	1975	—	—	—	65.5	1.91	—	—
	1976	—	—	—	62.6	1.90	—	—
	1977	—	—	—	49.8	1.65	—	—
	1978	5,600.3	431.6	0	25.1	1.71	799.7	6,858.4
	1979	6,342.9	1,521.6	0	37.0	0.83	625.6	8,527.9
	1980	6,156.2	1,156.3	0	64.9	1.05	748.2	8,126.7
	1981	6,577.4	2,037.4	0.16	68.2	1.12	745.7	9,430.0
	1982	8,497.1	3,431.1	0.21	33.5	0.98	932.9	12,895.8
	スラッシュマツ林	1975	—	—	—	94.7	1.35	—
1976		—	—	—	88.3	2.02	—	—
1977		—	—	—	93.8	3.54	—	—
1978		6,153.1	966.6	0	39.2	1.21	1,019.4	8,179.5
1979		7,233.5	1,139.2	0	55.8	0.57	1,094.4	9,523.5
1980		7,191.6	990.5	0	104.4	1.68	1,173.7	9,461.9
1981		10,193.8	1,651.0	0	72.3	1.97	1,432.9	13,352.0
1982		10,684.5	2,725.4	0	53.1	1.20	1,349.5	14,813.7
1983		4,522.0	1,507.6	0	54.2	1.10	1,022.1	7,107.0
1984		6,826.1	1,370.0	1.89	58.3	1.90	1,598.3	9,856.5
1985		6,236.9	2,028.3	0	62.5	1.77	1,205.6	9,535.1

* 葉鞘を含む, ** 樹皮を含む

付表2 クロマツ林, クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種林およびタイワンアカマツ林のリターフォール (kg(dw)/ha・yr)

林分	年 (5~4月)	葉*	枝**	生殖器官	虫糞	虫体	その他	計
クロマツ林	1976	3,080.0	21.4	101.2	22.2	0.97	39.4	3,265.2
	1977	3,098.2	15.8	129.6	32.8	2.58	61.8	3,340.8
	1978	3,753.8	24.9	297.2	23.9	1.44	70.3	4,171.5
	1979	3,280.7	42.3	331.1	55.0	2.22	129.2	3,840.5
	1980	3,555.7	65.2	486.0	70.1	1.21	115.9	4,294.1
	1981	4,296.0	435.7	711.9	35.9	0.90	122.7	5,603.1
	クロマツ × タイワンアカマツ林	1976	3,640.9	31.5	89.1	40.5	5.51	53.8
1977		3,957.6	22.4	205.5	51.3	3.48	94.2	4,334.5
1978		4,185.5	58.6	269.2	41.0	4.71	86.3	4,645.3
1979		3,953.8	147.0	455.3	66.8	5.96	151.8	4,780.7
1980		5,076.6	550.6	372.6	60.6	2.15	108.6	6,171.2
1981		5,435.5	801.8	886.2	62.3	1.65	138.4	7,325.9
タイワンアカマツ林		1976	4,641.7	37.0	162.9	46.6	3.87	59.2
	1977	4,189.6	65.8	243.8	75.9	2.63	84.7	4,662.4
	1978	4,467.4	151.3	303.8	59.2	2.44	69.7	5,053.8
	1979	4,634.4	216.0	778.1	97.8	1.93	98.5	5,826.7
	1980	5,269.3	946.0	315.7	75.5	1.55	97.7	6,705.8
	1981	4,258.1	890.3	334.3	68.6	1.23	134.0	5,656.5

* 葉鞘を含む, ** 樹皮を含む

付表3 クロマツ、アカマツおよびテーダマツの高密度林分のリターフォール (kg(dw)/ha・yr)

林分	年 (1~12月)	葉*	枝**	生殖器官	虫糞	虫体	その他	計
クロマツ林	1973	—	—	—	86.0	3.10	—	—
	1974	—	—	—	56.7	2.69	—	—
	1975	—	—	—	81.4	2.32	—	—
	1976	—	—	—	53.4	7.10	—	—
	1978	5,824.8	94.9	70.0	37.3	1.90	103.3	6,132.2
	1979	6,222.8	346.0	159.4	49.3	1.92	174.8	6,954.2
	1980	7,025.3	424.0	523.0	57.7	1.49	240.4	8,271.9
	1981	7,250.6	473.8	624.3	86.5	3.59	383.7	8,822.5
アカマツ林	1979	4,435.3	108.6	1.9	73.0	3.26	181.8	4,803.9
	1980	4,019.3	155.2	30.0	103.0	2.35	141.5	4,451.4
	1981	4,440.4	525.6	16.9	97.4	4.48	164.9	5,249.7
	1982	4,153.6	582.9	24.6	67.3	2.76	217.6	5,048.8
テーダマツ林	1973	—	—	—	88.4	2.24	—	—
	1974	—	—	—	96.5	2.84	—	—
	1975	—	—	—	148.1	2.35	—	—
	1976	—	—	—	110.8	2.92	—	—
	1977	—	—	—	119.4	2.51	—	—
	1978	5,719.9	281.4	0	44.9	2.29	143.6	6,192.1
	1979	6,104.4	360.5	0	91.2	2.60	129.5	6,688.2
	1980	6,879.6	501.9	0.02	101.7	3.70	268.2	7,755.1
	1981	6,571.6	1,135.9	0	68.4	3.09	346.4	8,125.4
	1982	6,665.3	1,675.7	0	59.3	2.10	270.6	8,673.0

* 葉鞘を含む, ** 樹皮を含む