

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

古 野 東 洲

Investigation on the Productivity of Japanese Fir (*Abies firma* Sieb. et Zucc.) and Hemlock (*Tsuga sieboldii* Carr.) Stands in Kyoto University Forest in Wakayama

(VIII) Litter-fall and its Fluctuations in the Mixed Fir and Hemlock Stand over Thirteen years

Tooshu FURUNO

要 旨

本報告は、和歌山演習林のモミ、ツガ天然林の生産力調査の一環として行われ、13年間のリターフォールについて記述されたものである。一部はすでに報告されているが、本報告には、全調査期間の資料が総括的にまとめられている。集められた虫糞量より、食葉性昆虫類による被食量を推定し、さらに、各リター要素を分析して、リターフォールとして林地へ還元された養分量を測定した。

調査は、4林班に保存されているモミ、ツガ天然林（標高約700m）において、1968年6月から1980年12月まで行われた。受け口が1㎡（1m×1m）の化繊布製のトラップによって、各月末採集でリターフォールを調査し、さらに、4㎡（2m×2m）の落枝用トラップを地面に設け、1970年8月から落枝を集め、上記1㎡トラップによるデータと比較した。

回収したリターフォールはモミ、ツガの葉、枝と樹皮、球果と種子、寄生植物（マツグミ）、昆虫の死体、虫糞、広葉樹葉、その他に選り分け、それぞれ絶乾重量を求めた。

モミ、ツガの落葉は、10月および11月に集中し、年間落葉量（2.26～4.84t/ha・y、平均3.00±0.53t/ha・y）の64～80%を占め、明らかな季節変化がみられた（図—3）。

モミ、ツガの落枝（樹皮を含む）には、とくに台風が影響し、年変動が大きく、季節変化はみられなかった（図—4）。1㎡トラップと4㎡トラップによる推定落枝量は、前者が後者に比し、平均して80%であった（表—3）。

モミ、ツガの球果、種子には、大きな年変動がみられ、結実の豊凶が強く影響した（18.0～543.5kg/ha・y、平均161.6±142.7kg/ha・y）。

モミ、ツガの寄生植物であるマツグミの落下量は、調査初期には100kg/ha・y未満であったが、次第に増加し、1979年には228kg/ha・yが落下し、調査林分のマツグミの寄生は増加する傾向にある。

昆虫類の死体は、鞘翅目のさや翅、半翅目のセミ類、直翅目が目立ち、虫糞は死体の場合と異

なり食葉性昆虫類のもので、両者には関連性はすくない。昆虫類の死体は $0.3 \sim 1.3 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ で非常にすくなかった（図—7）。虫糞は、 $61.3 \sim 107.3 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ で、夏に多く、毎年同様な季節変化を示した（図—8）。

総リターフォール量は $3.48 \sim 7.26 \text{ t/ha} \cdot \text{y}$ 、最大と最小に2倍以上の差があらわれた。平均値は $4.63 \pm 0.93 \text{ t/ha} \cdot \text{y}$ 、のうちモミ、ツガの落葉が約65%、落枝が約23%、両者がリターフォール量の大部分を占めていた。

食葉性昆虫類によるモミ、ツガ葉被食量（食害量）は、 $108 \sim 189 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ で、落葉量の3.3～7.1%に相当し、林分葉量の1%かそれ以下で、葉量、生長にあたえる影響はないと認められた。

リターフォールによって、N $32.9 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、P $6.1 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、K $10.7 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、Ca $35.3 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ 、Mg $3.6 \text{ kg/ha} \cdot \text{y}$ が、年々林地へ供給され、その60%以上の量が落葉によって供給された。

ま え が き

リターフォールの調査は、古くからいろいろな樹種、林分で行われ、大政ら¹⁾の調査以後、現在まで数多く報告されている。モミ (*Abies* spp.)、ツガ (*Tsuga* spp.) を対象としたものでも、大政ら¹⁾、安藤ら^{2,3)}、小村ら⁴⁾、Kimura⁵⁾、山本ら⁶⁾、佐々⁷⁾、Hirabuki⁸⁾などの報告がみられるが、調査期間は2～8年で短い。長期間にわたるリターフォールの調査は、滋賀県日野町のヒノキ林における斎藤⁹⁻¹¹⁾の詳細な報告があるのみである。近年、リターフォール調査に用いるトラップ材料に化学繊維の強度な材料（布地）の使用が可能となり、リターフォールに含まれる要素は最近では高精度に細分される傾向がある。とくに虫糞を選別した報告も数多くみられるようになった。しかし、それらの報告には、用いられたトラップに使われた受布の質によっては、小さい虫糞はトラップからもれてしまっている場合がある。捕捉されたリターフォールから十分に虫糞を選別し得なかったと記している報告もあり、落葉、落枝など選別し易い要素に比べて測定者によっては、その精度に相当な差がみられるものと考えられる。本報告では、リターフォールの各要素の選り分けに注意し、とくに虫糞を可能な限り精度よく選り分けるよう努力した。

本研究は、京都大学和歌山演習林——和歌山県有田郡清水町上湯川——に残されているモミ、ツガを主林木とする天然林の生産力を調査する一環として行われ、18年間にわたるリターフォールについてまとめられ、選り分けられた虫糞量より、食葉性昆虫類による食害量を推定した。また、回収選別した各要素の分析より、リターフォールとして地表に還元された養分量を測定した。なお、すでに報告^{12,13)}された本調査地における初期のデータも本報告に一緒にまとめた。

標準地の設定、リタートラップの設置、捕捉されたリターフォールの回収、選別など本調査に御協力いただいた、調査期間和歌山演習林に、在任された職員各位、サンプルを分析していただいた演習林本部薬師寺技官に深謝致します。

調査地の概況

調査地は、和歌山演習林4林班のモミ、ツガ天然林の標高約700m附近に在り、演習林としては比較的緩傾斜（約 24° ）の西北西斜面である。調査地を含む附近の天然林は、1956年に、モミおよびツガを除く高木類（広葉樹類）すべてが巻き枯らしされたために、モミ、ツガ以外の樹種で上層林冠にまで生育しているものはない。

標準地（ $1,427.17 \text{ m}^2$ ）に含まれる上木の最大個体は、調査開始時（1968年）には、胸高直径57cmのモミで、ツガは46cmが最大で、調査終了の1980年にはそれぞれ68cm、52cmに生育していた。

直径5 cm以下の小さい個体は、初期には、標準地内では、両種で25本、総本数の12.8%を占めていたが、1980年には15本で、生存個体の9.1%である。胸高直径の分布を示すと図-1のように、小径木から50cmを越える大径木まで、両樹種ともに各サイズの個体がみられる。上層林冠は胸高直径30cm以上の個体が占め、それに20cm以上の個体を含め、樹冠層巾は8~10mで、ほぼ林冠は閉鎖している。18年間で、モミ17本、ツガ18本が枯れたが、いずれも胸高直径15cm以下の下層被圧木であった。

林床植生には、胸高に達していないモミ、ツガのほかに、アセビ *Pieris japonica*, ソヨゴ *Ilex pedunculosa*, ツルシキミ *Skimmia japonica* v. *repens* の常緑広葉樹、

コガクウツギ *Hydrangea scandens*, ヒメシャラ *Stewartia monadelpha*, シデ類 *Carpinus* spp., クロモジ *Benzoin umbellatum*, ムラサキシキブ *Callicarpa japonica* などの落葉広葉樹がみられる。モミ、ツガの樹冠には、その寄生植物であるマツグミ *Taxillus Kaempferi* が着生し、一部の樹体にはツルアジサイ *Hydrangea petiolaris* が巻きあがっている。

標準地と隣接している同一林分において、1976年および1977年に行った伐倒調査より求めた胸高直径と樹体各部の相対生長関係を用いて¹³⁾、毎木調査結果より、標準地のモミ、ツガの地上部現存量を推定すると表-1のようになる。

調査林分の1980年の幹量は273t/ha、647m³/haで、1968年以後13年間に幹現存量は75t/ha、180m³/ha増加した。本調査地と遠く離れていないところで700m³/haを越える幹量が求められた地点があり¹³⁾、本調査地の地上部現存量はなお増加するものと考えられる。なお、和歌山演習林9林班のモミ、ツガ学術参考林では最多幹現存量は660m³/haであった¹⁴⁾。

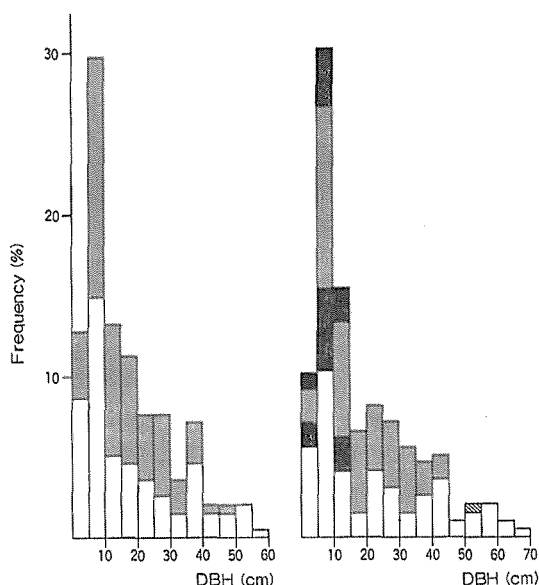


Fig. 1. Frequency distribution of DBH in 1968 (left) and 1980 (right)
□: fir, ■: hemlock, ■: dead tree

Table 1. Biomass of fir-hemlock mixed stand in Wakayama University Forest

Biomass	Aug., 1968	Mar., 1973	Jun., 1977	Mar., 1979	Mar., 1980
Stand density (ha ⁻¹)	1366	1268	1219	1156	1156
Basal area (m ² ha ⁻¹)	48.76	55.20	58.98	60.61	61.73
Stem weight (t(dw)ha ⁻¹)	198.04	233.96	255.88	266.51	272.94
Branch weight (t(dw)ha ⁻¹)	43.37	50.68	55.04	57.14	58.40
Leaf weight (t(dw)ha ⁻¹)	17.78	20.33	21.84	22.53	22.97
Cone weight (t(dw)ha ⁻¹)	—	—	0.94*	—	—

dw: oven-dry weight

* FURUNO et al.¹³⁾

調査方法

調査林分は概況で述べたように、上木はモミ、ツガ両樹種だけが占め、そこに1,427.17m²の標準地を設けた。一辺1mの正方形の受け口で、深さ約50cmの布製トラップを標準地内に、ランダムに20個設置した。使用布には、食葉性昆虫類の虫糞を集めるために、網目のとくに細かい化繊布地を用い、微細な虫糞も捕捉可能なトラップとした。なお、1974年1月以後は、この20個のうち12個の回収を中止し、8個(No. 6, 8, 11, 12, 13, 17, 19, 20)を使用した。これらのトラップは1968年5月31日に設置し、さらに落枝調査用の4m²(2m×2m)トラップを地表面に、サランネットを敷いて設けた。この落枝用トラップは1970年7月31日に10個、1973年12月27日に5個を追加設置した。標準地内のモミ、ツガおよびトラップの位置を図-2に示す。

各トラップで捕捉されたリターフォールは各月末に回収することを原則とした。落枝用トラップでは、できる限り細い枝(直径1mm、長さ1~2cmに細分されたもの)を丁寧に集め、同時に剥落した樹皮をも回収した。各トラップでのリターフォールの回収は、1980年12月27日まで続けた。

回収したリターフォールは、研究室で、モミ・ツガの葉、枝と樹皮、球果と種子、寄生植物

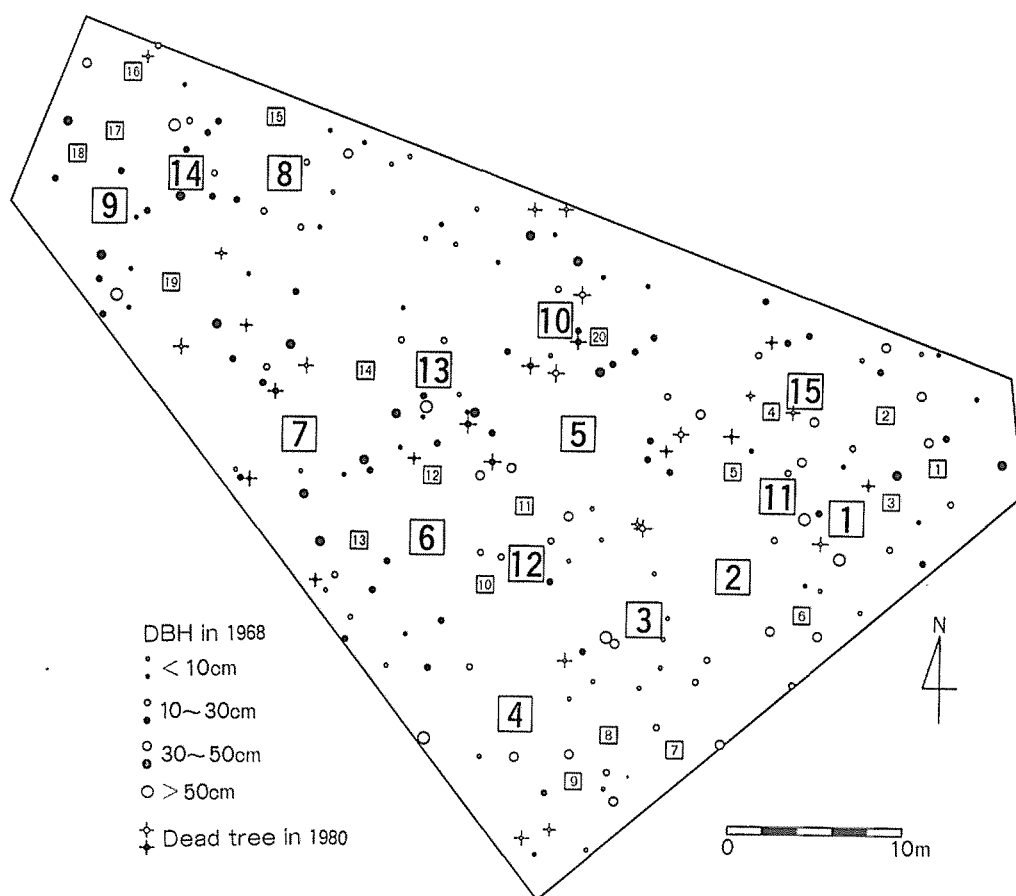


Fig. 2. Position of each trap, fir(○)and hemlock(●)in investigation area (1,427.17m²)

Table 2. Annual litter fall in a fir-hemlock mixed stand

Component	(kg(dw) ha ⁻¹ y ⁻¹ , (%))													
	1968*	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Mean
Fir and hemlock														
Leaf	3,481.1 (70.38)	2,665.5 (53.71)	2,789.5 (63.26)	3,305.8 (71.83)	4,344.5 (59.85)	2,813.4 (78.86)	2,884.2 (74.78)	2,256.8 (64.90)	2,741.8 (57.46)	3,242.3 (64.53)	2,288.2 (58.87)	2,883.3 (57.77)	3,246.2 (73.86)	2,995.6 (64.73)
Branch and bark	1,073.7 (21.71)	1,607.1 (32.38)	1,152.0 (26.13)	910.2 (19.78)	2,408.1 (33.17)	366.1 (10.26)	539.5 (13.99)	718.5 (20.66)	1,014.4 (21.26)	1,182.3 (23.53)	914.9 (23.54)	1,420.3 (28.46)	715.9 (16.29)	1,078.7 (23.31)
Cone and seed	109.2 (2.21)	348.2 (7.02)	124.6 (2.83)	25.6 (0.56)	112.3 (1.55)	18.0 (0.50)	78.4 (2.03)	101.0 (2.90)	543.5 (11.37)	221.8 (4.41)	226.8 (5.83)	169.9 (3.40)	21.1 (0.48)	161.6 (3.49)
Parasitic plant	70.6 (1.43)	82.0 (1.65)	132.4 (3.00)	114.7 (2.49)	134.4 (1.85)	187.6 (5.26)	173.0 (4.49)	215.9 (6.21)	204.7 (4.29)	196.3 (3.91)	187.4 (4.82)	228.3 (4.57)	223.5 (5.08)	165.4 (3.57)
Insect														
Body	0.6 (0.01)	0.5 (0.01)	0.5 (0.01)	0.8 (0.02)	0.7 (0.01)	0.7 (0.02)	0.9 (0.02)	0.9 (0.03)	1.3 (0.03)	0.7 (0.01)	1.1 (0.03)	0.8 (0.02)	0.3 (0.01)	0.75 (0.02)
Feces	82.9 (1.68)	107.3 (2.16)	72.4 (1.64)	70.0 (1.52)	81.4 (1.12)	65.1 (1.82)	70.3 (1.82)	74.5 (2.14)	79.2 (1.66)	71.4 (1.42)	88.2 (2.27)	93.6 (1.88)	61.3 (1.39)	78.3 (1.69)
Others														
Broad leaf	32.8 (0.66)	29.8 (0.60)	24.1 (0.55)	36.0 (0.78)	37.9 (0.52)	26.8 (0.75)	9.7 (0.25)	13.9 (0.40)	13.7 (0.29)	12.4 (0.25)	16.5 (0.42)	25.9 (0.52)	20.9 (0.48)	23.1 (0.50)
Others	95.5 (1.93)	122.5 (2.47)	114.0 (2.59)	139.0 (3.02)	139.7 (1.92)	89.8 (2.52)	100.8 (2.61)	95.7 (2.75)	183.1 (3.84)	97.6 (1.94)	164.0 (4.22)	169.1 (3.39)	106.1 (2.41)	124.4 (2.69)
Total	4,946.4 (100)	4,962.9 (100)	4,409.5 (100)	4,602.1 (100)	7,259.0 (100)	3,567.5 (100)	3,856.8 (100)	3,477.2 (100)	4,781.7 (100)	5,024.8 (100)	3,887.1 (100)	4,991.2 (100)	4,395.3 (100)	4,627.8 (100)

* Including amount estimated for the period from January to May

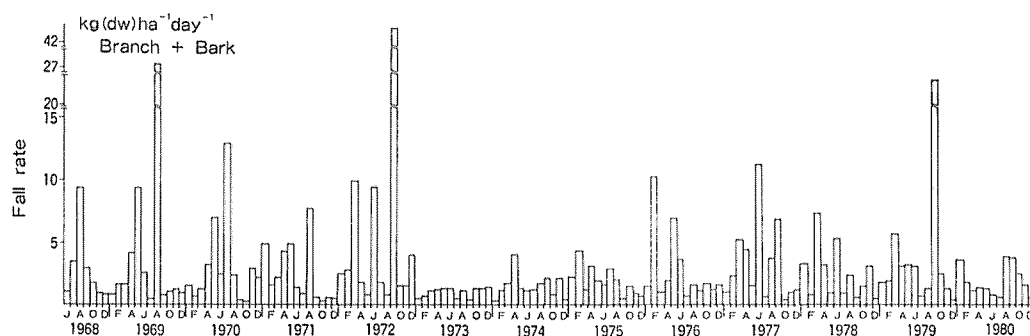


Fig. 4. Seasonal fluctuations in the fall rates of branch litter (including bark) in fir-hemlock mixed stand

2.6倍¹⁰⁾の例が報告されており、年落葉量のこの程度のバラツキは普通にみられるものであろう。

モミ、ツガの針葉の着葉年を正確にはマークして調査していないが、枝階から6～8年と推定される。落葉樹では、年間の落葉量は新葉量を示しているが、常緑樹では必ずしもそうではない。しかし、落葉量をほぼ新葉量と推測する場合が多い。相当以上の年数にわたって継続して落葉量を調査すれば、その平均落葉量を調査期間の平均新葉量と考えることは妥当であろう。本調査の平均落葉量が、3.0t/ha・yであったことは、表一1に示された調査林分の推定葉現存量から、モミ、ツガの着葉年はおおよそ6～8年となる。

2) モミ、ツガの落枝量

本調査では、落枝に剥落した樹皮を加えた。受け口1㎡のトラップで集められたモミ、ツガの落枝量の季節変化を示すと図一4のようになり、落葉にみられたような明らかな季節的リズムはみられない。落枝には、一般に、台風にもなる強風、冬季の季節風、降雪などが影響する。和歌山演習林での気象観測¹⁰⁾と対比させると、降雪は30cmが最大(1975年2月、1977年2月)で、落枝にはとくに大きな影響をあたえていないが、台風の接近は、落枝に大きな影響をあたえていることがわかる。すなわち、1968年8月、1969年8月、1970年7月、1971年8月、1972年9月、1979年9月には、それぞれ台風の接近が記録され、その強風が多量の落枝をもたらしたことがわかる。

年落枝量は、0.37～2.41t/ha・yで年変動は大きい。とくに1972年の落枝量は多く、平均値(1.08±0.50t/ha・y)の2.2倍を示し、紀伊半島に上陸した台風20号が影響した9月の落枝量は1.29t/haで、1ヵ月間で年平均値より多量の落枝を記録している。翌年の1973年は0.37t/ha・yで、調査期間の最少の落枝量となった。前年に、強風により樹冠の落ち易くなっていた枯れ枝が強制的に落とされた結果であろう。

落枝量を1㎡の布トラップと4㎡の落枝用トラップによって調査した結果(表一3)、平均して前者による値が後者より小さくなる傾向が認められた。10年間のうち、1977年と1980年には1㎡トラップで求めた落枝量が、4㎡トラップでのそれに比べて約11%多くなったが、他の年の測定値は、いずれも1㎡トラップの場合が少なく、とくに1975年および1978年には、4㎡トラップの値の約56%で、両者に大きな差があらわれた。両トラップで調査した10年間を平均すると、1㎡トラップで求めた落枝量は、4㎡トラップの値の80%となった。著者らのヒノキ林¹⁵⁾での調査でも、小型トラップによる落枝量は、大型の落枝用トラップに比べて少なく求められている。落枝量調査には、このような使用トラップの大きさによる測定値の違いを十分に考慮する必要がある。

Table 3. Comparison between small and large sized traps for catching branch litter (including bark)

(t(dw)ha ⁻¹ y ⁻¹ , (%))											
Trap size	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	Mean
1.0m ² (1.0m×1.0m)	0.910 (62.6)	2.408 (90.3)	0.366 (73.6)	0.540 (60.5)	0.719 (56.6)	1.014 (94.2)	1.182 (110.7)	0.915 (55.7)	1.420 (93.8)	0.716 (111.0)	1.019 (80.0)
4.0m ² (2.0m×2.0m)	1.453 (100)	2.668 (100)	0.497 (100)	0.892 (100)	1.271 (100)	1.077 (100)	1.068 (100)	1.643 (100)	1.514 (100)	0.645 (100)	1.273 (100)

Table 4. Comparison between leaf litter fall and the grazing loss of leaves by herbivorous insects in *Abies firma* and *Tsuga sieboldii* forests measured in Japan

Forest stands	Localities (Prefectures)	Leaf litter (ΔL_F) (kg(dw)ha ⁻¹ y ⁻¹)	Feeding (ΔG) (kg(dw)ha ⁻¹ y ⁻¹)	Grazing ($\Delta G'$)* (kg(dw)ha ⁻¹ y ⁻¹)	$\Delta G'/\Delta L_F$ (%)	Authors
<i>Tsuga sieboldii</i> forest	Kochi	2,319	100.8	110.9	4.8	ANDO et al. ³⁾
<i>Abies firma</i> forest	Kochi	2,719	107.2	117.9	4.3	ANDO et al. ³⁾
Mixed forest of <i>Abies firma</i> and broad leaved species	Miyagi	4,306~5,078 (4,633)	121.6~191.0 (158.9)	133.8~210.1 (174.8)	2.6~4.9 (3.8)	HIRABUKI ⁸⁾
Mixed forest of <i>Abies firma</i> and <i>Tsuga sieboldii</i>	Wakayama	2,288~4,345 (2,996)	98.1~171.7 (125.2)	107.9~188.8 (137.8)	3.3~7.1 (4.8)	This investigation

* Grazing ($\Delta G'$) are equal to the defoliated leaves i.e. feeding and cut down leaves by herbivorous insects.

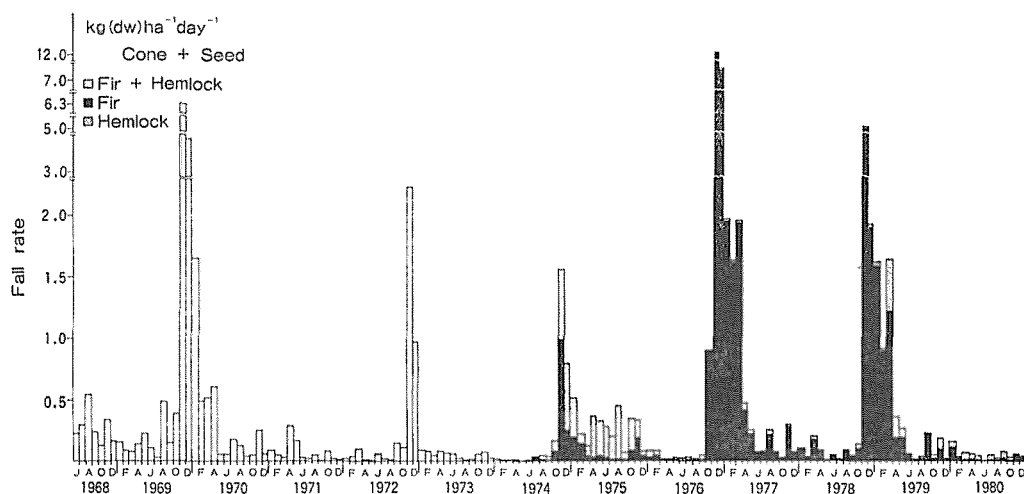


Fig. 5. Seasonal fluctuations in the fall rates of cones (including seeds) in fir-hemlock mixed stand

3) モミ、ツガの球果、種子量

モミの球果は鱗片が分散して落下し、ツガでは分解せずに落下する。集められたモミ、ツガの球果、種子の季節変化を示すと図一5のようになる。1973年までは両樹種をまとめて測定したが、以後は分けて求めた。樹木の結実には年によって豊凶がみられることが知られ、ヒノキ林¹⁵⁾における調査でもそれが認められたが、モミ、ツガも例外ではない。モミの球果は9月または10月以後翌年4、5月までに大部分が落下する。ツガも同様と思われるが、その落下が多くみられた1975年の落下リズムでは、さらに遅くまで徐々に落下を続け、モミのそれとすこし違うようである。

結実年は1969年、1972年、1974年、1976年、1978年で、調査期間中の最多結実年は1976年であった。1969年および1972年には、モミとツガを選り分けなかったため、以後の3回の例ほど確かではないが、1969年にはモミとともにツガも多くトラップで回収され、1972年はほとんど全部モミであった。1974年の結実はモミに比べてツガが多く、調査期間中、ツガは1969年と1974年の2回の結実だけで、モミの結実が目立った。とくに1976年の結実量は多く、同年9月の現存量推定のための伐倒調査では、胸高直径29~65cmの6本のモミにはすべて球果が着果し、同年の本調査林分のモミ球果量を0.94t/haと推定している¹³⁾。そのトラップによる捕捉量は0.75t/haであった。この約20%の差の原因を林内に生息している小型の野生動物類による被食と考えるならば、各年の結実量はリタートラップによる測定値よりも多い可能性がある。小型動物による被食に対してトラップにはその防止策を講じていないので、樹上での被食とともに、トラップに落下してからの被食による減少も考えられる。

4) 寄生植物（マツグミ）量

マツグミはモミ、ツガの寄生植物として樹冠に寄生する。本調査地のモミ、ツガには、胸高直径30cm以上の上層林冠を形成している大径木にはほとんど全個体に着生している。マツグミ落下の季節変化を図一6に示す。

マツグミの落下は植物の生育期に多い傾向があり、台風による影響は、落枝ほど明瞭にあらわれていないが、台風が接近した時期の落下量はやや多い。1977年3月にみられる多量の落下の原因は不明である。強い原因を求めるならば、同年3月上旬に、平年に比べて異常な降雪がみられたが、断定することはできない。

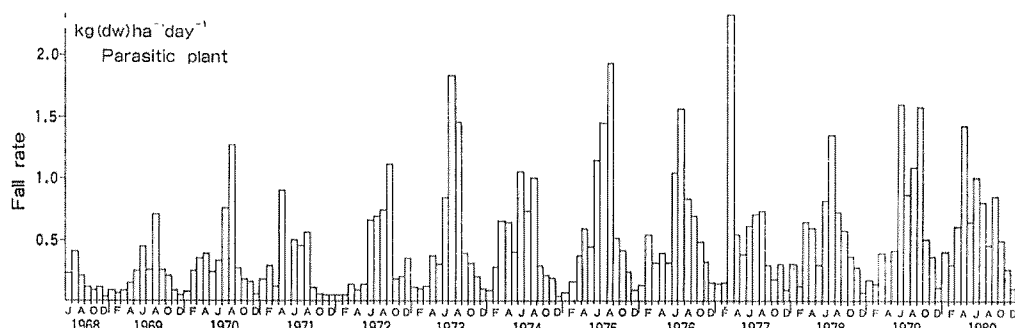


Fig. 6. Seasonal fluctuations in the fall rates of parasitic plant in fir-hemlock mixed stand

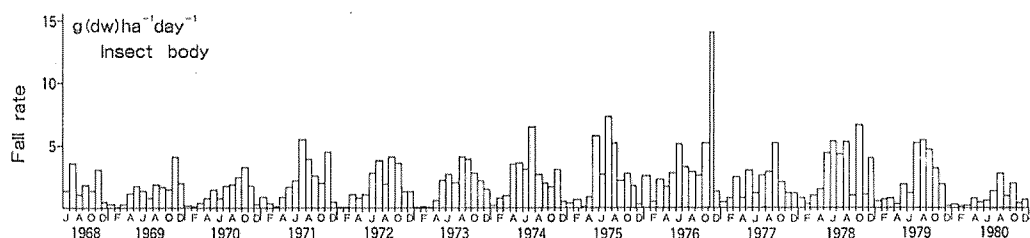


Fig. 7. Seasonal fluctuations in the fall rates of insect bodies in fir-hemlock mixed stand

年間のマツグミ落下量は、調査初期の100kg/ha・y 未満から次第に増加し、1978年には、2倍を越え、1979年には、228kg/ha・y に達し、調査林分でのマツグミ着生量が次第に増加している傾向がうかがえる。

5) 昆虫類の死体量

回収されたリターフォールから選り分けられた昆虫類の死体の季節変化を図-7に示す。昆虫類が活動している夏〜秋に多く集められている。昆虫類の死体は、鞘翅目のさや翅や半翅目セミ類の翅や外骨格、脱皮殻が、また、直翅目バッタ類、キリギリス類の脚、蜻蛉目トンボ類の翅、膜翅目ハバチ類のマユが目立ち、食葉性昆虫である鱗翅目の成虫、幼虫の死体はほとんどみられない。幼虫が脱皮した頭部カプセルがその存在を証明しているにすぎず、たまた、成虫、幼虫の死体があっても、その種名を判別できないほどいたんでいる。このように集められた昆虫類の死体は、モミ、ツガの食葉性昆虫量を反映することなく、次に述べる虫糞との関連は非常にすくない。1976年の11月には、大型のバッタが完全な虫体で回収されたために、その影響が図-7にみられる。虫体が完全な形で回収された場合は稀で、前述のように、大型のものでもバラバラに分解し、トラップに捕捉されてからアリ類など肉食の生物に捕食されている可能性は大きい。回収間隔が1カ月と長いので、トラップ内での消費も多いと思われる、本調査で得られた値は相当に過少と考えられる。

年間虫体量は、0.3~1.3kg/ha・y で平均して 0.75 ± 0.25 kg/ha・y となった。宮城のモミ林⁸⁾で3.27~6.17kg/ha・y、三重のヒノキ林¹⁵⁾で1.0~9.0kg/ha・y、京都のコナラ林¹⁷⁾で4.4~11.8kg/ha・y が測定され、本測定値は際だって小さい。

6) 食葉性昆虫類の糞量

集められた虫糞は、食葉性蛾類の幼虫の糞が大部分で、一部に、コガネムシ類、ハバチ類の糞も確認できる。食葉性蛾類の糞の多くは小型のシャクガ類のもので、複数の種が生息していることは、糞の形状、野外調査時での観察から明らかである。また、大型の虫糞は、マツカレハのそ

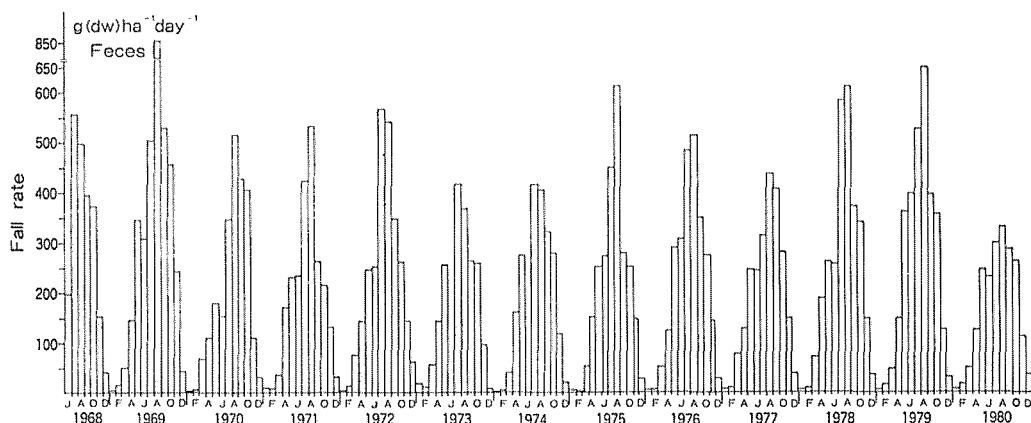


Fig. 8. Seasonal fluctuations in the fall rates of feces egested by herbivorous insects in fir-hemlock mixed stand

れによく似て、カレハガ(ツガカレハである可能性が大きい)の生息が推察される。ハラアカマイマイの幼虫の死体の確認とともに、それらしき虫糞もみられる。カレハガとハラアカマイマイの生息は、その糞量から推して非常に低密度である。コガネムシ類は、白浜試験地のテーダマツ林¹⁸⁾で調査されたスジコガネの糞と同じものが集められ、その成虫のさや翅もみられ、また、ハバチ類もマユがトラップで回収されて、それらの生息を確認できる。

虫糞量の季節変化を示すと図-8のようになる。

夏に虫糞量が多いのは、特定の昆虫が大発生した林分の例を除いて、これまでに調査された多くの林分——ヒノキ林^{15,19-21)}、テーダマツ林¹⁸⁾、ナギ林²³⁾、モリシマアカシア林²⁴⁾、ミズメ林²⁵⁾、コナラ林¹⁷⁾に共通である。本調査モミ、ツガ林では、7月か8月の虫糞量が多く、7月にピークがみられる年が4回、8月は9回で、夏季に多くの昆虫類が生息し、葉を消費していることがわかる。7～9月で、年間の虫糞量の46～55%、6～10月では71～78%、5～10月では83～88%の虫糞が集められ、毎年非常によく似た季節変化を繰り返す、これは、昆虫類の種構成、糞量が異なっても、白浜のテーダマツ林¹⁸⁾と似た変化を示している。年間虫糞量は61.3～107.3kg/ha・y(平均78.3±12.1kg/ha・y)で、高知県下のモミ林²⁾やツガ林²⁾の約70kg/ha・y(著者は過少値と報告)、志賀山の亜高山帯針葉樹林^{26,27)}の110～120kg/ha・y(ゴミが約1/2含まれる)、宮城県下のモミ林⁸⁾の76～119kg/ha・yと比較しても大差なく、テーダマツ林¹⁸⁾、ヒノキ林^{15,19-21)}より多くの虫糞が集められている。

7) 広葉樹落葉量

標準地内には、広葉樹類の高木はみられず、ツルアジサイがモミ、ツガに巻きあがっているだけである。さらに、調査地が斜面で、トラップの受け口が斜面上部で70～100cm高に設置されているから、トラップより斜面上方に生育している下層植生の広葉が風であおられてトラップに入っている。図-9のように、11月にピークがみられ、年間落葉量は9.7～37.9kg/ha・y(平均23.1±9.0kg/ha・y)で非常にすくない。

8) その他のリターフォール量

以上の1)から7)までの要素以外のものを、その他としてまとめた。これには下層植生の生殖器官、ツルアジサイの枯れたツルや微細な選別不能のものが含まれている。89.8～183.1kg/ha・y(124.4±30.4kg/ha・y)の量がその他として集められた。

9) 総リターフォール量

り、混合した虫糞として、その1.2倍を摂食量と考える。

③食葉性昆虫類は摂食活動中に樹葉の一部を切り落とすことが確認されているので、この切り落とされる葉量を加える。スギドクガは、摂食量の3.4%²⁰⁾、6.6%¹⁵⁾、9.3%²⁰⁾、マツカレハは10%¹⁸⁾、コナラ林で16%¹⁷⁾と報告されている。本報告では、針葉樹であることを考慮して、マツカレハの値をとり、切り落とされる葉量を摂食量の10%と考える。

すなわち、

$$\textcircled{1} F = \frac{100}{75} \cdot F' \quad F: \text{排糞時糞乾重量}, F': \text{採集時糞乾重量}$$

$$\textcircled{2} \Delta G = 1.2 \cdot F \quad \Delta G: \text{摂食葉乾重量},$$

$$\textcircled{3} \Delta G' = 1.14 G \quad \Delta G': \text{被食量 (食害葉乾重量)}$$

によって、モミ、ツガ林の食葉性昆虫類による被食量（食害量）を推定した。

本調査に加えて、他のモミ林、ツガ林のリターフォール量調査資料より、同様の方法で計算した被食量は表一4のようになる。

食葉性昆虫類によるモミ、ツガ葉の食害量は、本調査林分では、落葉量の3.3～7.1%、平均値は4.8%で、他のモミ林^{2,3)}、ツガ林^{2,3)}の場合とよく似ている。表一1の推定林分葉量と比べると、最も食害量が多かった1969年でも約1%で、他の年はすべて1%未満である。この程度の葉量の損失は、この林分の生育にとっては全く無視し得る量であろう。本調査林分で、糞粒法によるシャクガ類の幼虫の生息数が、1969年7～8月には、ヘクタールあたり最大76,000頭、1970年7～8月に174,000頭と推定された¹²⁾が、被害はゼロ同様の結果となった。シャクガ類が小型で1頭の摂食量がすくないためである。マツカレハは大型で1頭の摂食量も多いため、110,000～140,000頭³⁰⁾で、アカマツ林の葉量の1/2近くを食害し、380,000～400,000頭³¹⁾で林分が壊滅している。

本調査林分では、伐倒して丁寧に探さなければ食葉性蛾類の幼虫をみつけることはできない。兵庫県下で、ハラアカマイマイが大発生して、大きな被害をうけたモミ、ツガ林もあり、本調査林分が、13年間にわたって非常に安定した虫糞量——被食量で推移したことは注目に値する。広い天然林に囲まれ、資料の採取、調査以外にはほとんど人が入らない地域で、外からの攪乱は皆無といってよいほどで、鳥類などの捕食者も生息し、安定した生態系を保っているためであろう。本調査にみられた程度の虫糞量は、モミ、ツガ林では普通の値で、このような林分こそ健全な林分と見做すべきであろう。

Ⅲ リターフォールにより林地へ供給される養分量

回収された各要素の分析結果より、林地へ供給された養分量を求めると表一5のようになる。表一5には調査期間の平均値が示されている。林地への養分の供給は、落葉による場合が最多で、落枝がこれについて多い。両者で全供給量の70%以上、K以外の各養分は80%以上を占めている。本調査モミ、ツガ林では、リターフォールにより、Nで32.9kg/ha・y、Pで6.1kg/ha・y、Kで10.7kg/ha・y、Caで35.3kg/ha・y、Mgで3.6kg/ha・yが年々供給されている。

養分量は、1カ月間隔で回収したリターフォール各要素を分析した結果からで、各要素が樹体から離れた直後の養分量であるかどうかは不明である。トラップに捕捉されてから回収までの間に雨によって溶脱されるであろう量は、表一5の値には考慮されていない。この減少量を知ることとは本資料では不可能である。テーダマツの針葉を摂食したスジコガネの糞の場合、養分含有率が雨にさらされたものは、そうでないものに比べて、Nで77%、P₂O₅で90%、K₂Oで29%、CaOで88%、MgOで90%であった。それぞれ100%との差が雨のために溶脱されている³²⁾。とくにK₂Oの溶脱が激しい。虫糞は水分で膨張し、軟かくなり壊れ易くなるため、他のリターフォール要

Table 5. Nutrients returned to the soil by litter fall
in fir-hemlock mixed stand
(kg ha⁻¹y⁻¹)

Component	N	P	K	Ca	Mg
Fir and hemlock					
Leaf	20.62	3.95	7.37	24.92	2.64
Branch and bark	5.83	1.22	0.33	6.99	0.33
Cone and seed	0.82	0.24	0.47	0.26	0.13
Parasitic plant	2.47	0.30	1.67	1.46	0.22
Insect					
Body	0.073	0.003	0.003	0.012	0.001
Feces	0.67	0.12	0.13	0.61	0.07
Others					
Broad leaf	0.32	0.03	0.13	0.48	0.05
Others	2.09	0.20	0.55	0.52	0.18
Total	32.89	6.06	10.65	35.25	3.62

素に比べてはるかに溶脱され易いであろう。リターフォールによる養分供給量を求める場合には、雨による養分量の減少を無視することはできないであろう。表一五の値は過少値として認識しなければならない。

あ と が き

和歌山演習林のモミ、ツガ天然林の、とくに上木がモミとツガだけで構成されている林分でリターフォール量を調査し、モミ、ツガ林として特徴的な季節変化を明らかにすることができた。また、林冠には、年間に70~100kg/ha・yの糞の排出する食葉性昆虫類が、植物に害をあたえることなく、非常に安定した密度で生息していることも明らかになった。今後は、昆虫類の種名を明らかにする様努力したい。

引 用 文 献

- 1) 大政正隆・森 径一：落葉に関する二、三の研究。林試報告。3. 41~107, 1937
- 2) 安藤 貴・西村武二・谷本文夫・宮本倫仁・田川隆太郎：モミ・ツガ林の一次生産量。森林生態系の一次生産力の比較研究班中間報告。1~8, 1973
- 3) ANDO, T., CHIBA, K., NISHIMURA, T. & TANIMOTO, T.: Temperate fir and hemlock forests in Shikoku. In Primary productivity of Japanese forest—Productivity of terrestrial communities (Shidei, T. & Kira, T., eds.) 213~245, 283~285, Univ. of Tokyo Press, Tokyo, 1977
- 4) 小村 精・宮田逸夫・細川隆英：アカマツ林、ツガ林の落葉枝量。森林の一次生産測定法の研究班中間報告。69~71, 1976
- 5) KIMURA, M.: Dynamics of vegetation in relation to soil development in Northern Yatsugatake Mountains. Jap. J. Bot., 18. 255~287, 1963
- 6) 山本 肇・真田悦子：トドマツ落葉の分解が土壌におよぼす影響。林試研報。229. 63~92, 1970
- 7) 佐々朋幸：東京大学千葉演習林、秩父演習林のモミ、ツガを主林木とした天然林における林分現存量、生長量およびリターの生産量。森林立地。24. 29~36, 1982
- 8) HIRABUKI, Y.: Litterfall and its fluctuations in a Fir (*Abies firma*) forest over three years. Saito Ho-on Kai Mus. Res. Bull., 53. 1~11, 1985
- 9) 齋藤秀樹：森林のリターフォール量の推定に関する研究。——京大学位論文——, 1972
- 10) ————：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, 1980

- 11) 齋藤秀樹：綿向山山麓にあるヒノキ林のリターフォールの年変化とこれに影響する要因。日生叢誌。31. 179～189, 1981
- 12) 古野東洲・山田幸三：和歌山演習林におけるモミ、ツガ林の生産力調査。第3報。リター量の季節変化および食葉性昆虫による被食量について。京大演報。46. 7～22, 1974
- 13) ———・上西貞兼・上西謙次：和歌山演習林におけるモミ、ツガ林の生産力調査。第5報。モミ、ツガ林の地上部現存量とリター量。京大演報。51. 58～70, 1979
- 14) ———・上西幸雄・上西謙次：和歌山演習林におけるモミ、ツガ林の生産調査。第7報。9林班学術参考林。京大演報。57. 60～75, 1986
- 15) ———・齋藤秀樹：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, 1982
- 16) 和歌山演習林：気象年報。昭和41～45年, 昭和46～50年, 昭和51～55年。
- 17) 古野東洲・齋藤秀樹：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, 1981
- 18) ———：テーダ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, 1972
- 19) HAGIHARA, A., SUZUKI, M. & HOZUMI, K.: Seasonal fluctuations of litter fall in a *Chamaecyparis obtusa* Plantation, J. Jap. For. Soc., 60. 397～404, 1978
- 20) 齋藤秀樹・松下 洋・竹岡政治：京都市北部の貧弱な天然生ヒノキ林の純生産速度。京都府大学術報告。農学31. 59～69, 1979
- 21) 上田晋之助・堤利夫：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, 1977
- 22) ———・—————：ヒノキ人工林のリターフォールによる養分の還元について——施肥と地位との影響——。京大演報。51. 84～95, 1979
- 23) 渡辺弘之：ナギ林のリターフォール量。京大演報。50. 24～31, 1978
- 24) ———・羽谷啓造・上中光子：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, 1980
- 25) 古野東洲・上西幸雄：和歌山演習林におけるモツ、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林について。京大演報。49. 41～52, 1977
- 26) 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(1)。6～13, 1971
- 27) 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
- 28) 古野東洲・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
- 29) 柴田淑弼・西口陽康：大発生時のスギドクガ幼虫密度と被害葉量について。日林誌。62. 398～401, 1980
- 30) KIKUZAWA, K & FURUNO, T.: The Estimation of Population Density of the Pine Caterpillar, *Dendrolimus spectabilis*, Bull. Kyoto Univ. For., 40. 7～15, 1968
- 31) 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齢アカマツ林の生育、茨城林試報。2. 1～17, 1968
- 32) 古野東洲：未発表

Résumé

Litter-fall investigations were carried out in a mixed natural stand of Japanese fir (*Abies firma* Sieb. et Zucc.) and hemlock (*Tsuga sieboldii* Carr.) in Kyoto University Forest (Lat. 30° 04', Log. 135° 30'E, Alt. 500～1,200m) in Wakayama Prefecture.

Twenty traps of one square meter (1m×1m) from June, 1968 to December, 1973 and eight traps from January, 1974 to December, 1980 were set up one meter above the ground in investigated stand. Additionally, fifteen traps of four square meter (2m×2m) for branch litter were set up on the ground in the same stand in August, 1970 (Fig.2).

The litter-falls were collected monthly and divided into the following components by hand sorting:

Leaves of fir and hemlock,
 Branches including bark of fir and hemlock,
 Cones including seeds of fir and hemlock,
 Parasitic plant (*Taxillus kaempferi*) on fir and hemlock,
 Insect bodies,
 Insect feces,
 Broad leaves,
 and Others

Each component was weighed in oven-dry weight and was analyzed for nutrient contents. Annual leaf-fall amounted to 2.26~4.34t/ha·y, 3.00t/ha·y on average.

Natural defoliation of fir-hemlock leaves was observed from October to November, leaf-fall during two months accounted for 64~80% to its annual fall each year (Fig.3) .

The branch-fall seemed to be caused by the strong wind, therefore, the seasonal pattern of the branch-fall was characterized by the remarkable peak of fall amount in the month visited typhoon (Fig.4). The branch-fall was estimated at 1.02t/ha·y on average using one square meter trap and estimated at 1.27t/ha·y using four square meter trap. The former was equal to 80% of the latter (Table 3).

The annual fall of cone (including seed) varied from 18.0kg/ha·y to 543.5kg/ha·y and showed high variability (Fig.5). Early in the investigation, the annual fall of parasitic plant was less than 100kg/ha·y and its amount showed a yearly increase and was over 200kg/ha·y.

There were remarkable amounts of residue of Coleoptera, Cicadas and Orthoptera among insect bodies and of feces originating from herbivorous insects. The annual falls of insect bodies were estimated at 0.3~1.3 kg/ha·y and the feces were estimated at 61.3~107.3 kg/ha·y.

The annual total litter-falls were estimated at 3.48~7.26t/ha·y and 4.63t/ha·y on average. The annual losses of fir-hemlock foliage by insect grazing were estimated at 108~189kg/ha·y amounting to 3.3~7.1% of the annual leaf-fall.

The nutrients returned to the A₀ layer by litter fall were 32.9kg of N, 6.1kg of P, 10.7kg of K, 35.3kg of Ca and 3.6kg of Mg per hectare per year on average (Table 5).