

# トドマツを加害するハマキガ類のサンプリング法

鈴木重孝\* 上條一昭\*

Sampling techniques for certain toricid larvae injurious  
to todo-fir (*Abies sachalinensis* MASTERS).

Sigetaka SUZUKI\* and Kazuaki KAMIJO\*

はじめに

トドマツを加害するハマキガ類は、ハマキ亜科に属する 13 種とノコメハマキ亜科に属する 4 種の計 17 種が記録され、その簡単な生活史が報告されている(鈴木・上条, 1967)。これらの種のうち、コスジオビハマキ(*Choristoneura diversana* HÜBNER)は 1965 年に北海道中央部一帯の 30-40 年生トドマツ造林地で大発生し、それが 10 年ほど続いた。激害林分の一部では梢端が枯死する被害を生じたが、現在は個体数も減少し、目立った被害はでていない。

筆者らは、このコスジオビハマキがカナダにおいてバルサムモミなどに大被害を与えているトウヒノシントメハマキ(*Choristoneura fumiferana* CLEMENS)と同属の種であることから、大発生が長期にわたって継続した場合、トドマツ造林事業にとって大きな問題になると考え、この種を中心としたハマキガ類の発生消長を 1965 年から継続して調べてきた。その調査結果をもとに、コスジオビハマキ、トウヒオオハマキ(*Lozotaenia coniferana* ISSIKI)、タテスジハマキ(*Archippus pulchra* BUTLER)、クロタテスジハマキ(*A. abiephaga* YASUDA)、マツアトキハマキ(*A. similis* BUTLER)、モミアトキハマキ(*Archips issikii* KODAMA)、イチイオオハマキ(*A. fumosus* KODAMA)、トドマツメムシガ(*Epinotia aciculana* FALKOVTSCH)、トドマツアミメハマキ(*Zeiraphera truncata* OKU)の 9 種についてサンプリング法を検討した。なお本報では、これら 9 種のうち *Archippus* 属の 3 種と *Archips* 属の 2 種についてはそれぞれタテスジハマキ類、モミアトキハマキ類と一括して取扱った。

サンプリングの問題を考える場合、当然のことではあるがそれぞれの種が異なった生活史をもっているため、1 回のサンプリングですべての種の個体数を推定することは難しい。仮に幼虫という一定のステージに限定した場合でも、齢期によってそれぞれの個体数の減少の程度が異なっている。従って、単位面積当りの個体数のようないわゆる絶対密度を推定するためには個々の種について異なったサンプリングを実施しなければならない。しかし、何種類かのハマキガの個体群変動を長期にわたって調べたり、一度に多数の林分の個体群構成を調べたりする場合には莫大な労力と時間がかかり、あまり実用的でない。そこでここでは、枝当りの相対密度の推定に重点を置いてサンプリング法を検討した。

調査地

調査地は、旭川市東旭川町にある 1935 年植栽のトドマツ壮齡人工林と芦別市常盤にある 1929 年植栽のトドマツ壮齡人工林に設定した(以下、壮齡林と略す)。これらの壮齡林はいずれも平均樹高 15m 以

---

\* 北海道立林業試験場 Hokkaido Forest Experiment Station, Bibai, Hokkaido, 079-01.

[北海道林業試験場報告 第 16 号 昭和 54 年 2 月 Bulletin of the Hokkaido Forest Experiment Station No.16, February, 1979]

上で、面積も 150ha 以上ある。この壮齢林のなかに 1ha の区画を設け、旭川では 1965 年から、芦別では 1969 年から継続して調査を行っている。

## 結果と考察

### サンプリングの時期

トドマツを加害するハマキガ類は、その越冬ステージによって幼虫の出現時期に多少のずれがあり、幼虫越冬のハマキガは5月上旬に新芽のところで見られるが、卵越冬や成虫越冬の幼虫は出現が遅く、成虫越冬のスジグロハマキ(*Acleris nigrilineana* KAWABE)を除くと、卵越冬のモミアトキハマキ、イチイオオハマキ、トドマツメムシガ、トドマツアミメハマキは5月下旬に孵化し摂食をはじめ。これらの若齢幼虫は展葉しはじめた新梢の内部にもぐり込んで摂食しているために見つけ出すのが難しい。そのうえ若齢幼虫での種の判別も困難である。また幼虫越冬のハマキガの場合も、幹や枝条部で越冬しているコスジオビハマキのように、3 齢の時期には幹に近い新芽に食入しているために、枝の先端部だけのサンプルでは採集されない場合もでてくる。

そこで、できるだけ短い枝のサンプルで卵越冬と幼虫越冬のハマキガを採集するためには、コスジオビハマキが枝の先端部に移動していて、かつ卵越冬のハマキガの種の判別も容易になる時期でなければならない。年によって数日のずれはあるが、コスジオビハマキの 50%が終齢幼虫となる6月中旬がその時期である。この時期にはコスジオビハマキは枝の先端部に移動してきており、卵越冬のハマキガも中齢以上の幼虫になっていて種の判別が可能である。但しこの時期には幼虫越冬のハマキガの数はかなり減少している。

### サンプルの採取部位

1965 年に 30 本のトドマツを無作為に選び、樹冠部を上,中,下の3層にわけ、それぞれ2本(上枝)、4本(中枝)、2本(下枝)ずつ先端部から 50 cm の長さの枝を採取した。そしてそれぞれの枝についていたハマキガ類をすべて記録し、採取部位によるハマキガ個体数の差を調べた。その結果、下枝にはハマキガ類がほとんどいなかったので無視することとし、枝を採取する部位を樹冠中層以上とした。

さらに上枝と中枝との生息数の差異を調べるため、1965 年から 1967 年までの3年間、30 本のトドマツから上枝2本、中枝4本を採取し、種ごとの個体数を調べた。その結果を4種2グループにまとめ表-1 に示した。なお表中の個体数は4枝分を合計したものを1単位とし、上枝については4枝に換算して示してある。上枝と中枝との平均個体数の差の検定は、これらのハマキガの樹単位当りの個体数の頻度分布が集中分布であったことから、データを  $\log(x+1)$  で転換して行った。

コスジオビハマキは、1965、1966 年には個体数が少なく、上枝と中枝との間に有意差は認められない。1967 年は中枝で数が多く差は有意である。トウヒオオハマキの個体数は 1965 年から 1967 年にかけて減少しているが、いずれの年も上枝と中枝との間に有意差は認められない。タテスジハマキ類も同様に上枝と中枝との間に有意な差がない。モミアトキハマキ類は中枝の方が数が多い。トドマツメムシガは中枝に数が多い傾向があり、1966 年には有意差が認められないが、1967 年には有意な差がある。トドマツアミメハマキは 1965 年から 1967 年にかけて個体数が急激に増加し、上枝と中枝との差も 1965 年を除いて有意である。

標準誤差は、例外もあるが中枝より上枝の方が値が大きく、サンプル当りの個体数のバラツキが上枝で大きいことを示している。

以上の結果は、それぞれの種およびグループの個体群密度が高くない状態では樹冠の上層部と中層部とで生息している個体数にほとんど差がないことを示している。しかし個体群密度の高くなった時に

表-1 上枝と中枝との幼虫個体数の差

Table 1. Differences of numbers of larvae between samples collected from upper and middle portions of living crown of todo-fir.

種名 Species	年 Year		採集総個体数 Total no. of larvae collected	平均個体数 Mean*	標準誤差 S. E.*
コスジオビハマキ <i>Choristoneura diversana</i>	1965	U	8	0.135	0.074
		M	6	0.138	0.057
	1966	U	26	0.549	0.114
		M	33	0.849	0.099
	1967	U	58	1.312	0.138
		M	154	4.105**	0.127
トウヒオオハマキ <i>Lozotaenia coniferana</i>	1965	U	158	3.036	0.202
		M	149	3.295	0.169
	1966	U	128	2.690	0.186
		M	103	2.365	0.161
	1967	U	68	1.244	0.169
		M	61	1.512	0.114
タテスジハマキ類 <i>Archippus</i> group	1965	U	28	0.432	0.127
		M	30	0.778	0.094
	1966	U	18	0.318	0.104
		M	33	0.702	0.114
	1967	U	44	1.018	0.127
		M	56	1.366	0.119
モミアトキハマキ類 <i>Archips</i> group	1966	U	26	0.510	0.119
		M	45	1.418**	0.109
	1967	U	42	0.734	0.145
		M	64	1.582**	0.125
トドマツメムシガ <i>Epinotia aciculana</i>	1966	U	38	0.607	0.146
		M	47	1.113	0.125
	1967	U	36	0.626	0.138
		M	90	2.648**	0.143
トドマツアミメハマキ <i>Zeiraphera truncata</i>	1965	U	652	16.140	0.175
		M	687	16.660	0.172
	1966	U	2982	76.268	0.146
		M	1839	52.333**	0.122
	1967	U	5786	170.396	0.094
		M	3528	104.196**	0.099

U : 上枝 Upper crown

M : 中枝 Middle crown

\*The data were transformed using  $\log(x+1)$ , where x is the observed count.

\*\*Differences between the upper and middle were significant at 5% error level.

表-2 枝の長さによる生息幼虫個体数の比較

Table 2. Comparison of number of larvae per apical 50cm and 100cm of branches.

種名 Species	Sample	採集総数 Total no. of larvae collected	1枝当りの平均個体数 Average no. of larvae per branch	S. E.
<i>C. diversana</i> (Instar 6)	A	604	15.100	1.525
	B	1146	28.650	2.610
<i>L. coniferana</i> (Instar 6-5)	A	9	0.225	0.091
	B	18	0.450	0.113
<i>Archippus</i> group(Instar 4-5)	A	5	0.125	0.053
	B	8	0.200	0.064
<i>Archips</i> group(Instar 4-5)	A	30	0.750	0.163
	B	80	2.000	0.336
<i>E. aciculana</i> (Late instar)	A	18	0.450	0.134
	B	54	1.350	0.356
<i>Z. truncata</i> (Late instar)	A	23	0.575	0.143
	B	39	0.975	0.204

A : apical 50cm of branch

B : apical 100cm of branch

Fourty branches were examined fro each sample.

は明らかに差が生じる。これはトドマツアミメハマキのような卵越冬の種において顕著である。この理由としては次のようなことが考えられる。表に掲げたデータはすべて6月中旬にサンプリングしたものである。幼虫越冬のハマキガの場合は、前年の7~8月に孵化した幼虫が摂食・越冬するために一度分散し、春に芽が開きはじめると枝の先端部の方へ集まってくる。これに対し卵越冬のハマキガの場合は、孵化した時点ですでに展葉をはじめているので、孵化した場所の近くの芽にすぐ食入する。このように生活史の違いがあるため、低密度の場合のサンプリングでは隠されてしまうようなその種の習性、例えば幼虫越冬のハマキガの場合には越冬場所の選好性とか、卵越冬のハマキガの場合には雌成虫の産卵場所の選好性といったものが、高密度になると顕在化し、上枝と中枝との個体数の差となって表われるのではないかと思われる。卵越冬のハマキガでは低密度においても差が認められるのは、孵化後の経過時間が短く、産卵場所の選好性が幼虫数に直接反映しているためとも考えられる。この点は今後さらに検討したい。

#### 採取する枝の長さ

次に採取する枝の長さによって採集されない種がでたり、個体数に大きな差があるか否かを調べた。調査は1969年6月中旬、芦別市の壮齡林で10本の樹から1mの中枝を4本採取し、50cm先端部と残りの50cmの部分にわけて種類ごとに個体数を数える方法をとった。この壮齡林は間伐が遅れていたため、樹冠の直径が小さいうえ下枝もかなり枯れあがり、1mの長さの中枝を採取するとハマキガ類の生息している部分をほぼすべて採取できた。

表-2にその結果を示した。コスジオビハマキ、トウヒオオハマキ、タテスジハマキ類は1mの枝全体に生息している個体の半数が50cmの枝の先端部で採集できた。またモミアトキハマキ類、トドマツメムシガ、トドマツアミメハマキは1mの枝全体の個体数の4割、3割、6割が50cmの枝の先端部のサンプルによってそれぞれ採集できた。従って、この比率があまり変動しないものであれば採取する枝の長さは先端から50cmでも枝全体の一定割合の個体数を採集することができるので、枝全体を採取する

必要はないことになる。しかし表-2のデータは1回だけのもので、1枝当りの平均個体数も種によって異なっている。それゆえ、いろいろな密度における枝上での幼虫の分布状態を調べて結論をだすべきであろう。ただトドマツの枝についている新梢の数は、1 mの枝全体でみると50 cmの枝先端部より残りの50 cmの方が多い。にもかかわらず枝の先端部に半数の個体が生息しているということは、ハマキガ類の幼虫が餌の多少によらず先端部の方へ集中する習性のあることを示唆している。従って、先端部50 cm

表-3 平均個体数と  $I_s$  指数

Table 3.  $I_s$ -indices for different densities of each species or group.

種名 Species	調査本数 No. of trees examined	1枝当りの平均個体数 Average no. of individuals per branch	枝単位の $I_s$ $I_s$ -index of branch unit	樹単位の $I_s$ $I_s$ -index of tree sample
<i>C. diversana</i>	30	0.29	1.01 (P)	1.26 (P)
	30	0.68	1.08 (P)	1.15 (P)
	15	0.97	1.13 (P)	1.09 (P)
	30	1.51	1.18 (A)	1.20 (A)
	30	3.93	1.06 (A)	1.11 (A)
	15	5.07	1.24 (A)	1.20 (A)
	29	12.00	1.34 (A)	1.20 (A)
	10	28.28	1.29 (A)	1.21 (A)
<i>L. coniferana</i>	15	0.25	2.29 (A)	1.57 (A)
	30	0.46	2.02 (A)	1.50 (A)
	10	2.10	0.86 (U)	1.16 (A)
	10	2.33	1.17 (A)	1.14 (A)
	30	2.90	1.28 (A)	1.14 (A)
<i>Archippus</i> group	10	0.23	1.11 (P)	0.83 (U)
	30	0.25	1.10 (P)	0.90 (U)
	15	0.42	2.40 (A)	1.25 (P)
	10	0.73	1.08 (P)	1.16 (P)
	10	1.25	1.37 (A)	1.06 (P)
	30	1.48	1.29 (A)	1.10 (A)
<i>Archips</i> group	15	0.38	1.19 (P)	1.01 (P)
	10	0.80	1.13 (P)	1.13 (P)
	10	2.18	1.50 (A)	1.27 (A)
	30	2.50	1.46 (A)	1.20 (A)
<i>E. aciculana</i>	10	0.33	2.56 (A)	2.31 (A)
	10	3.35	1.20 (A)	1.17 (A)
	15	8.95	1.35 (A)	1.17 (A)
	10	22.33	1.35 (A)	1.22 (A)
<i>Z. truncata</i>	10	0.40	2.33 (A)	1.17 (P)
	15	0.55	1.59 (A)	1.05 (P)
	10	1.38	1.70 (A)	1.32 (A)
	10	1.83	1.63 (A)	1.37 (A)
	10	18.28	1.25 (A)	1.15 (A)

A : Aggregated distribution

P : Poisson (Random) distribution

U : Uniform distribution

のサンプルでも、採集されない種がでなり、個体数の推定に大きな差がでなりすることはないと思われる。

#### ハマキガ類の分布型

対象とする種の分布型を知ることはサンプリングの前提条件である。そこでそれぞれの種およびグループがどのような分布型を示すかを調べた。調査はすべて1本の樹から50 cmの中枝を4本とり、1本の枝を単位とした枝単位と1本の樹からとった4本の枝をまとめて1単位とした樹単位とにわけ、それぞれ  $I_s$  指数を求めた。その結果は表-3に示した。

コスジオビハマキとモミアトキハマキ類は、1枝当りの平均個体数が1匹以下の場合に枝単位、樹単位ともポアソン分布、1匹以上の場合には集中分布である。トウヒオオハマキとトドマツメムシガの2種は平均個体数の多少にかかわらずすべて集中分布である。タテスジハマキ類も平均個体数1匹以下ではポアソン分布と見なせるが、特徴のつかみにくいグループである。トドマツアミメハマキは枝単位にみると平均個体数にかかわらず集中分布であるが、樹単位でみると1枝当りの平均個体数1匹以下の場合にポアソン分布、それ以上では集中分布である。また集中分布を示したいずれの場合も  $I_s$  の値は小さく、集中度があまり高くないことを示している。

#### サンプル・サイズ

二段抽出法によるサンプル・サイズの決定は、集中分布をする昆虫に対しては、えられたデータを  $\log(x+1)$  で転換し、次の式を使って求めることが提案されている (MORRIS, 1955)。

$$S\bar{y}^2 = \frac{N_s \cdot s_b^2 + s_w^2}{N_t \cdot N_s}$$

但し、 $N_s$  は枝の数、 $N_t$  は樹の数、 $s_w^2$  は樹内の分散成分、 $s_b^2$  は樹間の分散成分、 $s_y^2$  は標本平均  $x$  を  $y = \log(x+1)$  で転換し、標準誤差を一定にした時に許される分散の値である。

この方法に従って、それぞれの種およびグループについての必要サンプル数を算出した。その際、1本の樹から採取する枝の数は4本とした。この理由は上記の式からすると枝の数を多くした場合には樹の数は少なくなるのであるが、トドマツ輪生枝はふつつ6本しかないので、あまり多くとると樹の生長を損うこと、また長期にわたって同一場所で調べる場合にその影響がでることが予想されたので樹の数を多くするようにした。これらの結果を図-1に、それぞれの種およびグループの樹内の分散成分  $s_w^2$ 、樹間の分散成分  $s_b^2$  を表-4に示した。図はすべて目標精度を平均値からの標準誤差を10%、20%の範囲に抑えるようにした場合の必要樹数  $N_t$  の値を1枝当りの平均個体数  $x$  に対応させて示してある。

これによると、標準誤差を10%以内に抑えるためには、平均個体数1匹以上の場合に、コスジオビハマキは24~84本、トウヒオオハマキは12~41本、タテスジハマキ類は13~44本、モミアトキハマキ類は26~93本、トドマツメムシガは21~80本、トドマツアミメハマキは25~87本の樹よりサンプリングする必要がある。また標準誤差を20%以内に抑えるためには、同様にそれぞれ7~22本、4~11本、4~12本、8~25本、6~20本、7~23本からサンプリングすればよいことになる。さらに平均個体数が1匹以下の低密度の場合は、いずれも必要樹数が莫大な数となり、標準誤差を20%以内にするサンプリングすら事実上不可能となる。しかしすでに分布型のところでみたように、平均個体数が1匹以下の場合に、ポアソン分布で近似できるコスジオビハマキ、タテスジハマキ類、モミアトキハマキ類については、あまり小さくない任意のサンプル数を決めて1枝当りの平均個体数を調べ、それを母数とするポアソン分布の理論値をそのまま現実にあてはめてもそう大きな誤りはないと思われる。

以上のように、種およびグループによって必要樹数の範囲は少しずつ違ってはいるが、サンプリングの対象とする樹の数を30本とすれば、平均個体数が1匹以上の場合には標準誤差20%以内ですべて

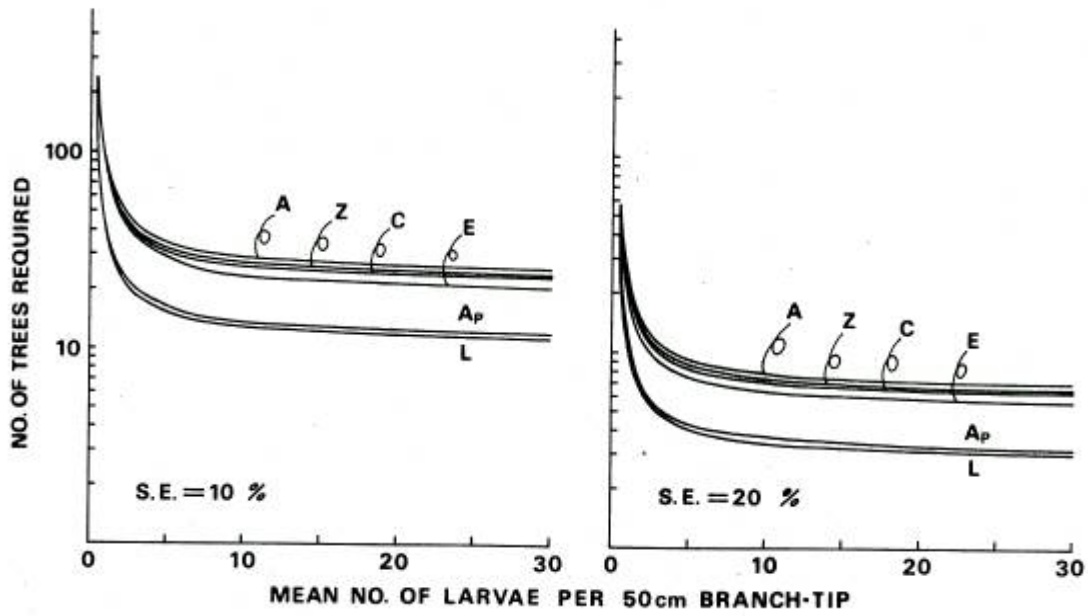


図-1 目標精度を平均値より 10%, 20%の標準誤差にする場合に必要とする樹の数 (枝数は 4 本)

Fig. 1. The number of trees( $N_t$ ) required to define the population mean with a precision of S. E. = 10% and 20% of  $\bar{x}$ , where S. E. is the standard error and  $\bar{x}$  mean population per 50cm branch-tip. The number of branch sample per tree is set at four.

Solid lines are based on the variance of transformed data.

Transformation is of the form  $y = \log(x+1)$ .

- |                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| A : Archips group       | Ap : Archippus group     |
| C : <i>C. diversana</i> | L : <i>L. coniferana</i> |
| E : <i>E. aciculana</i> | Z : <i>Z. truncata</i>   |

表-4 データから計算されたそれぞれの分散成分の値 (平均)

Table 4. Mean value of  $s_b^2$  and  $a_w^2$  for larvae of each species or group.

種名 Species	樹間の分散成分 Component of variance from trees ( $s_b^2$ )	樹内の分散成分 Component of variance from sample units within trees ( $s_w^2$ )
<i>C. diversana</i>	0.0273	0.0398
<i>L. coniferana</i>	0.0082	0.0399
Archippus group	0.0108	0.0349
Archips group	0.0238	0.0714
<i>E. aciculana</i>	0.0236	0.0391
<i>Z. truncata</i>	0.0223	0.0658

The data were transformed using  $\log(x+1)$ , where  $x$  is the observed count.

の種およびグループの個体数を推定できるし、平均個体数 10 匹以上の場合には標準誤差は 10%以内となる。従って野外調査の精度からすれば十分満足すべきものといえる。また大発生したコスジオビハマキを対象に各林務署が 1969 年から実施してきた「ハマキガ類生息数調査」(毎年 6 月中旬、10 本の樹から 50 cm の中枝 4 本をサンプリングする方法)の場合も、1 枝当りの個体数が 5 匹以上の場合の個体数の推定が、標準誤差 20% の精度でできることから、発生予察の調査法としては十分実用的なものといえる。

## 摘 要

1. 旭川市および芦別市郊外のトドマツ壮齢造林地 (1935 年, 1929 年植栽) で 1965 年から行ってきたハマキガ類の発生消長の調査結果にもとづいて、サンプリング法の適否を検討した。
2. サンプリングの時期、サンプルの採取部位、採取する枝の長さについて検討した結果、ハマキガ類の相対密度を調べる方法として、コスジオビハマキの 50% の幼虫が 6 齢となる 6 月中旬に、トドマツの樹冠中央部から 50 cm の長さの枝をとる方法が実用的であることがわかった。
3. 対象としたハマキガ類は、50 cm の中枝 1 本当りの個体数が 1 匹以上の場合にほとんどが集中分布であることから、MORRIS (1955) の方法でサンプル・サイズを決定した。1 本の樹から 50 cm の中枝を 4 本とる場合、30 本の樹よりサンプリングすればすべての種およびグループの個体数を標準誤差 20% の精度で推定することができる。また大発生したコスジオビハマキを対象とした発生予察の場合には、10 本の樹より中枝を 4 本サンプリングすれば十分満足できる結果をうることができる。

## 文 献

- MORRIS, R. F. 1955. The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. Can. J. Zool. 33 : 225-294.
- 鈴木重孝・上条一昭 1967 トドマツを加害するハマキガ類. 北林試報 5 : 17-24

## Summary

This paper presents sampling techniques for estimating the relative densities of nine tortricid species, *Choristoneura diversana* HÜBNER, *Lozotaenia coniferana* ISSIKI, *Archippus abiephaga* YASUDA, *A. similis* BUTLER, *A. pulchra* BUTLER, *Archips issikii* KOMADA, *A. fumosus* KOMADA, *Epinotia aciculana* FALKOVITSH, and *Zeiraphera truncata* OKU. These species are common pests injurious to todo-fir (*Abies sachalinensis* MASTERS) in Hokkaido. The larvae of these species feed on the elongating shoots, destroying the affected portions.

Investigations were conducted in mature todo-fir plantations at Asahikawa during 1965 and 1977, and at Ashibetsu during 1969 and 1977. It seemed rather practical to sample 50cm branch-tips from the middle of living crown in mid-June. The pattern of distribution at densities below one larva per branch could be described by the Poisson series or the aggregated distribution while those for greater densities conformed more closely to the aggregated distribution. The numbers of trees required to achieve 10% and 20% error levels of precision at different larval densities are illustrated graphically (Fig. 1) for each species, where four branches were sampled from each tree. It was suggested that 30 trees were required to estimate the mean population density for all species with a precision of 20% standard error.