

キンモンホソガの個体群に関する研究 I. リンゴ樹内における mineの分布

1

# キンモンホソガの個体群に関する研究

I. リンゴ樹内における mine の分布

山田 雅輝・小山 信行・関田 徳雄

(青森県りんご試験場)

Studies on the population of the apple leaf miner.

*Lithocolletis ringoniella* MATSUMURA.

I. Distribution of the mines on trees.

Masateru YAMADA, Nobuyuki OYAMA and Norio SEKITA.

(Aomori Apple Experiment Station)

## 緒 言

キンモンホソガ *Lithocolletis ringoniella* MATSUMURA はリンゴの潜葉性害虫として我が国で古くから知られており(棟方 1913), その一般的な生活史は多くの研究者により各地で調査され, すでにその概要が明らかにされている(西谷 1916, 豊島 1958, 広瀬 1961, 高橋・成田 1964, 山田ら 1970)。本種はこれまでたびたび小地域で異常発生したことが知られており(棟方 1913, 福島 1965), ごく近年においても長野県, 青森県などで同じ現象が報告された(広瀬 1960, 山田ら 1970)。同様の異常発生は欧米のリンゴ園において, 本種と同属の種類である *Lithocolletis blancardella*, *L. crataegella*, *L. corylifoliella*, *L. malimalifoliella*, *L. pyrifoliella* などで報告されており(KREMER 1963, STULTZ 1964, VERESCHAGINA 1966, LEROUX & PARENT 1956, BORDEN et al 1953), 例えばイタリアのナポリ近郊では *blancardella* が大発生し, 1961—62年にリンゴ葉1枚に25匹を越す寄生がみられたといわれる(VIGGIANI 1953)。筆者らはこのような異常発生現象の原因を解明するため1969年から発生動態の研究に着手したが, 野外において発生動態を研究するには一定精度で密度を推定できるような調査方法の確立がまず必要である。発生密度の推定

にはほ場におけるその害虫の分布の仕方を明らかにし, それに基づいて精密な抽出計画を立てなければならぬ。しかし, このような観点に立ってなされたキンモンホソガの資料はきわめて少ない。一方, ほ場における昆虫の分布型ならびに抽出計画に関する総説は内外において少なくないが(MORRIS 1960, HORCOURT 1969, 鳥井 1960, 森下 1961), 昆虫は一般にその種によって固有の分布型を示すので, このような観点からの調査はいずれなされなければならない。筆者らは1967年以来, リンゴ樹内および園内におけるキンモンホソガ mine の分布調査を行ってきたので, 本報では樹内分布の概相について報告する。

本報を草するにあたり, 日頃より懇切なご指導, ご助言をいただいている青森県りんご試験場長福島住雄博士, 弘前大学農学部教授正木進三博士, 本研究に対し深いご理解を示してご助言ならびに本報のご校閲を賜った当場病虫部長津川力博士の各位に対し衷心より感謝の意を表す。なお, 調査にあたっては当場昆虫科白崎将英主任研究員, 小野靖夫氏, 成田一郎氏および前昆虫科員中野和彦氏のご援助に負うところが少くなかったのでここに記して謝意を申し述べる。

## 調 査 方 法

### (1) 第1世代 mine の果葉そうにおける分布

1967年6月中旬に青森県りんご試験場L-1号ほ場の10年生紅玉と青森県南津軽郡尾上町猿賀の一般栽培者園の約20年生紅玉およびデリシャス系品種において調査した。調査は1園から1品種につき5樹ずつ, 1樹から5~6年生の結実母枝2本を任意にとり, 各枝の全果葉そうについてキンモンホソガの寄生数とその果葉そうが, 頂芽, えき芽, 花芽, 葉芽のいずれに由来するものであるかを調査した。したがって, 全体では2園, 2品種, 30枝について調査したことになる。なお, 調査時は本種の老熟幼虫ないしは蛹期にあっていた。

### (2) 第1世代 mine の樹冠部位別分布

1968年6月14日に青森県南津軽郡田舎館村大根子のリンゴ園においてキンモンホソガ第1世代 mine について樹内分布の様相を主体に次のような調査を行なった。すなわち, 品種別(紅玉, デリシャス系品種, 国光), 樹冠の高さ別(地上2mまでとそれ以上), 方位別(南と北), 内外別に各品種5本ずつについて1樹から200果葉そう(各ブロックから25個)をとり, それぞれの果葉そうについて葉ごとにキンモンホソガによる mine を記

録した。なお, 調査園は同一栽培管理下にあり, キンモンホソガの発生が比較的多い園であった。

### (3) 第2世代における樹冠部位別調査

1966年7月27日に青森県りんご試験場内C-4号ほ場の国光成木(約50年生)20本について, 樹冠を方位別(東西南北), 上下別(地上2mの上下), 内外別の16ブロックに分け, 各ブロックから新しょう中位葉20枚を任意にとり, キンモンホソガによる mine を調査した。

### (4) 第2~4世代 mine の樹冠部位別分布

青森県南津軽郡尾上町八幡崎のリンゴ園(固定式共同防除組合の中に含まれる)においてキンモンホソガの第2, 第3, 第4世代の樹内の分布状態を調査した。調査は毎世代同じ樹について, 2世代と4世代は樹冠の上下別, 南北別に新しょう中位葉各60枚をとってキンモンホソガの寄生数を調査したほか, 第2世代については1ブロックあたり30果葉そうについての調査も行なった。また, 第3世代は2世代と同様の調査をしたが, 1ブロックあたりの調査数を40枚とし, 果葉そうも20個について調査した。なお, 調査は1968年に行ない, 第2世代が8月2日, 第3世代が8月27日, 第4世代が10月16日で,

A園からは国光10本、紅玉10本、B園からは国光10本をとった。調査にあたっては観察者の誤差を小さくするため、2人で樹ごとに方位を交代して行なった。

(5) 第2世代の結果枝における分布

1966年7月27日に青森県りんご試験場内のC-4号は場国光成木から30本、同じくL-1号は場の紅玉から34本の結実母枝(4~5年枝)を任意にとり、枝あたり果葉そう数、新しょう数、新しょうの着葉数を調査したほか、果葉そうあたりキンモンホソガの寄生数、新しょうの葉位別寄生数などについても調査した。

(6) 第4世代幼虫の新しょうにおける葉位別寄生密度

新しょうを次の3種類に分け、それぞれについて先端

部から葉位別にキンモンホソガの mine 数を調査した。

A型: 2次伸長のない正常な新しょう

B型: 2次伸長のある新しょう

C型: 後期まで生育が継続しているもので1次と2次の区別がつかないもの(徒長枝)

調査は1968年10月9日に南津軽郡尾上町八幡崎、11月7日に同じく田舎館村田舎館、10月25日に中津軽郡岩木町兼平の一般栽培者園で行なった。この際、田舎館ではA、B、Cの各型について調査したが、他の園ではBとCについてだけ行なった。

結 果

1. 第1世代 mine の果葉そうにおける分布

りんご試験場L-1号は場は害虫の天敵を保護するため殺虫剤の散布を数年にわたってひかえているところであり、キンモンホソガの密度が高い。また、尾上町の調査園は一般散布を行なっているが、この地域全体が調査

2年前から本種の多発がみられているもので、りんご試験場の調査園よりも2倍程度の発生密度を示していた。調査園および品種別にみた1枝あたりの頂芽、えき芽、花芽、葉芽などに由来する果葉そう数ならびにキンモンホソガによる mine 数は第1表に示したとおりである。

Table 1. The construction of bearing-branch of apple tree and the distribution of mine of the apple leaf miner to each element.

Locality and variety	Location of cluster	Kind of cluster	No. of cluster (A)		No. of mine (B)		No. of mine per cluster (B/A)
			mean.	S. D.	mean.	S. D.	
Farm of Aomori apple Ex. Sta. (Jonathan)	Terminal	flower	18.2	2.4	22.5	4.6	1.18
		leaf	38.6	5.6	13.2	3.2	0.36
		total	56.8	7.2	35.7	6.4	0.64
	Lateral	flower	21.6	3.8	13.9	2.6	0.86
		leaf	39.1	7.6	6.3	1.4	0.17
		total	60.9	9.4	20.2	3.0	0.38
Total	flower	39.8	3.7	36.4	5.9	0.99	
	leaf	77.7	9.0	19.5	4.2	0.26	
	total	117.5	9.7	55.9	8.0	0.51	
Onoe (Jonathan)	Terminal	flower	50.0	4.9	117.7	14.5	2.37
		leaf	10.5	1.5	7.2	1.8	0.66
		total	60.5	5.4	124.9	15.6	2.07
	Lateral	flower	45.5	3.4	43.2	6.6	1.01
		leaf	47.9	8.7	18.0	5.1	0.35
		total	93.4	10.8	61.3	11.5	0.66
Total	flower	95.5	7.1	160.9	18.9	1.72	
	leaf	58.4	9.1	25.3	6.3	0.41	
	total	153.9	12.6	186.2	23.8	1.21	
Onoe (Delicious)	Terminal		88.7	7.3	165.1	30.7	1.92
	Lateral		103.6	13.5	44.6	8.6	0.46
	Total		192.4	18.0	37.2	37.2	1.15

Note: Hereafter we define flower cluster developed from terminal bud as terminal flower cluster (TFC), leaf cluster developed from terminal bud as terminal leaf cluster (TLC), flower cluster developed from lateral bud as lateral flower cluster (LFC) and leaf cluster developed from lateral leaf cluster as lateral leaf cluster (LLC), and clusters developed from terminal buds as terminal clusters (TC) and clusters developed from lateral buds as lateral clusters (LC).

すなわち、1枝当りの平均果葉そう数はりんご試験場の紅玉で117.5個、尾上町の紅玉で153.9個、尾上町のデリシャス系品種で192.4個であった。展葉に至った頂芽とえき芽の数はいずれの場合もえき芽が頂芽より多く、花芽と葉芽では圃地により差があり、りんご試験場のものでは頂芽、えき芽とも葉芽が多く、尾上町のものではえき芽で差がなかったが、頂芽では逆に花芽の方が多かった。デリシャス系品種ではえき芽の花芽はほとんどみられず、頂芽では花芽の方が葉芽より多い傾向がみられた。一方、枝あたり虫数は枝あたりの果葉そう数で左右され、密度の比較には適当でないので1果葉そうあたりの平均虫数で比較したところ、頂芽の花芽>えき芽の花芽>頂芽の葉芽>えき芽の葉芽、の順に多く、デリシャス系品種でも頂芽の方がえき芽よりも明らかに密度が高く、この傾向は個々の枝についてみた場合も例外は少なかった。また、果葉そう内でのキンモンホソガの分布は基葉に多い傾向が認められ、開花後に展葉したような幼若な葉にはほとんど寄生がなかった。

次に、これらの芽の種類間における寄生密度の関係をみると、頂芽とえき芽、花芽と葉芽あるいは頂芽の花芽とそれ以外の芽との間に高い相関関係が認められ、その他それぞれの芽の間には第2表のような関係がみられるので、これによって比較的寄生の多い頂芽の花芽などの調査から全体の発生量をおよそ推定できる。

Table 2. Relation between the types of cluster in mine density in the first generation of the apple leaf miner.

Variable	Regression equation	r	n
TC(x) - LC(y)	$y = 0.496 + 0.182(x - 1.542)$	0.68	30
LFC(x) - other cluster(y)	$y = 0.511 + 0.248(x - 1.774)$	0.783	20
Flower cluster - Leaf cluster(x)	$y = 0.333 + 0.210(x - 1.357)$	0.755	20

このように寄生密度の異なる果葉そうをこみにした場合、当然果葉そうあたりの分布は集中度の高い形となる。この間の関係を MORISHITA (1959) の提唱した  $I\delta$  指数により検討した結果、第3表のようになり、やはり頂芽とえき芽を分けて頂芽についてみた方が両者をこみにした場合より明らかに  $I\delta$  の値が低く、りんご試験場の3枝で例外はあったもののその傾向は密度の高い尾上町のものでも顕著であった。これに対して寄生の少ないえき芽では  $I\delta$  の低下する傾向は変らないが、逆の場合もかなりみられ、その傾向はあまり顕著でなかった。次に枝別に集計した平均値と分散の関係を示すと第1図のようになり、平均値の増加に伴って分散は急激に増加するようになり、いわゆる Poisson型よりも集中度の高い分布型を

Table 3.  $I\delta$  index within type of cluster in the first generation of the apple leaf miner.

Branch	Jonathan (A)			Jonathan (B)			Delicious (C)		
	TC	LC	Total	TC	LC	Total	TC	LC	Total
1	5.29	2.29	4.88	1.45	1.61	2.06	3.43	23.33	6.74
2	3.43	3.37	3.47	1.42	1.54	1.92	2.24	5.40	2.68
3	1.18	1.68	1.38	1.34	1.13	1.82	1.33	2.21	1.77
4	1.29	1.14	1.33	2.35	1.29	2.42	1.12	1.48	1.69
5	2.65	2.89	2.32	1.15	1.71	1.67	1.46	1.91	1.99
6	1.95	-	2.64	1.30	1.89	2.05	1.80	1.41	2.17
7	0.66	2.53	1.63	1.17	1.60	1.42	2.40	2.70	2.75
8	2.26	0.39	1.87	1.22	1.92	1.45	1.39	1.19	1.72
9	4.67	2.51	5.54	1.22	2.38	1.78	1.35	0.94	1.79
10	2.48	2.70	2.55	0.93	1.20	1.99	1.38	2.05	2.20

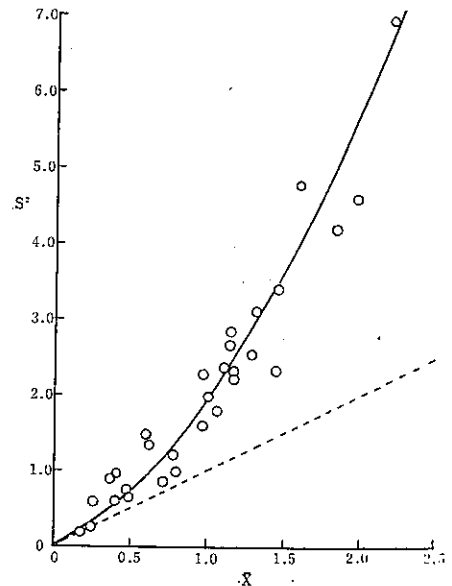


Fig. 1. The relation of variance ( $s^2$ ) to mean density ( $\bar{x}$ ) in flower-cluster in the first generation.

$$\text{---} : s^2 = \bar{x} + \frac{\bar{x}^2}{1.052} \quad \text{---} : s^2 = \bar{x}$$

示した。これは、第2図に示したように負の二項分布に適合するので、これらの資料から共通の  $k$  を算出したところ 1.052 という値が得られ、 $\bar{x}$  と  $s^2$  の関係は

$$s^2 = \bar{x} + \frac{\bar{x}^2}{1.052}$$

で表わすことができた。

## 2. 第1世代 mine の樹冠部位別分布

1968年に田舎館村大根子において mine の樹内分布を調査した結果を同一品種5樹ずつについて集計すると

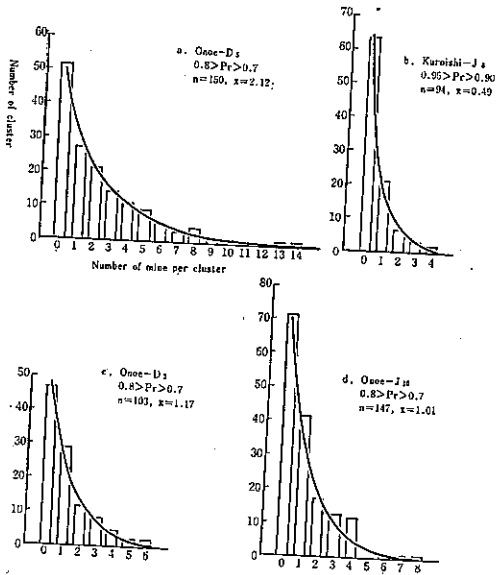


Fig. 2. Fitness of observed values to the theoretical distribution of negative binomial.  
 □: Observed value,  
 —: Calculated value.

Table 4. Distribution of mine in clusters on trees in the first generation studied in a commercial orchard of Onoko, Inakadate.

Level	Direction	Inner or Outer	Variety			Total
			Jonathan	Delicious	Rolls	
Top	South	Outer	15	9	2	26
		Inner	12	6	0	18
		Total	27	15	2	44
	North	Outer	17	9	1	27
		Inner	15	4	1	20
		Total	32	13	2	47
Total			59	28	4	91
Bottom	South	Outer	33	37	8	78
		Inner	28	43	3	74
		Total	61	80	11	152
	North	Outer	48	16	4	68
		Inner	41	11	2	54
		Total	79	27	6	112
Total			130	107	17	254
Total			199	135	21	255

第4表のようになった。すなわち、品種間でみると mine は紅玉で最も高密度であり、200果葉そうあたり29~64

の範囲で、比較的樹間差は少なかった。一方、デリシャス系品種ではサワラ *Chamaecyparis pisifera* ENDL. の生垣に接近した1樹で87個というとくに高い密度のものがあり、その他は9~17個の範囲であった。さらに国光では1~8個の範囲にあり、最高のもでも紅玉ならびにデリシャス系品種の最低のものより低かった。樹冠の部位別では上部と下部の差が顕著で、明らかに下部に多く寄生がみられ、この傾向は品種ごとにみても変わらなかった。方位別では平均値で南側にやや多い傾向が認められたが、樹による変異が大きく、南側で多い樹は8本、反対に北側で多い樹は7本であった。また、樹冠の内外では寄生差がほとんどなかった。本調査でみられた1果葉そうあたり最高寄生数は9匹であり、1葉あたりの寄生数でみると最高6匹、1葉に2匹以上寄生があった例は全寄生葉320枚のうち25枚にすぎず、その分布状況は第5表のとおりであった。

Table 5. Frequency distribution of mine on leaf and flower cluster in the first generation.

No. of mine	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Total
No. of leaf	-	295	19	4	1	0	1	0	0	0	320
No. of FL	2759	178	32	21	7	1	0	0	1	1	3000

次に果葉そうあたりの数を対数変換  $\{\log(x+1)\}$  して分散分析した結果、国光を除いた紅玉とデリシャス系品種についてみると、第6表のようになり、紅玉だけ

Table 6. Analysis of variance of mine density on clusters after  $\log(x+1)$  transformation. (Pooled data on Jonathan and Delicious in Table 4 were used).

Source	SS	DF	MS	EMS
Inter tree	1.48431	9	0.164923	$\sigma_L^2 + 200\sigma_T^2$
Intra tree	29.04238	1990	0.014594	$\sigma_L^2$
Total	30.52669	1999		

Table 7. Analysis of variance of mine density for Jonathan in Table 4 after  $\log(x+1)$  transformation.

Source	SS	DF	MS	EMS
Inter tree	0.223611	4	0.055902	$\sigma_L^2 + 200\sigma_T^2$
Intra tree	18.026384	995	0.018117	$\sigma_L^2$
Total	18.250095	999		

についてみた場合第7表のようになった。これより明らかのように、デリシャス系品種と紅玉をこみにした場合より紅玉1品種だけで分析した方が樹間の平均平方は小

さくなっている。これは品種間の寄生差があるものを一括したのだから当然であるが、ここではデリシャス系品種の樹間差がとくに顕著であったことが強く影響した。

しかし、樹内の平均平方はデリシャス系品種をこみにした場合と紅玉単独の場合で差が小さく、比較的安定しており、樹内分布は品種によってそれほど違わないようであった。

ここで、2品種をこみにした場合の樹の分散は対数値で0.007516となり、これから MORRIS (1955) に準じて危険率10%での必要調査樹数  $N_T$  を算出すると

$$\bar{x} = 0.01 \text{ で } N_T = 4010.8 + \frac{78929.0}{N_L}$$

$$\bar{x} = 0.05 \text{ で } N_T = 181.8 + \frac{3439.0}{N_L}$$

$$\bar{x} = 0.1 \text{ で } N_T = 48.6 + \frac{944.9}{N_L}$$

$$\bar{x} = 0.5 \text{ で } N_T = 3.2 + \frac{72.3}{N_L}$$

となり、ここで  $N_L$  は1樹あたり調査果葉そう数である。同様にして紅玉だけについて行なった場合、 $\sigma_T^2 = 0.0001889$  となり、10%の危険率での必要調査樹数は

$$\bar{x} = 0.01 \text{ で } N_T = 1021.7 + \frac{97982.1}{N_L}$$

$$\bar{x} = 0.05 \text{ で } N_T = 44.5 + \frac{4269.2}{N_L}$$

$$\bar{x} = 0.1 \text{ で } N_T = 12.2 + \frac{1173.0}{N_L}$$

$$\bar{x} = 0.5 \text{ で } N_T = 0.93 + \frac{89.8}{N_L}$$

となる。例えば、 $N_L = 100$ 、 $\bar{x} = 0.1$  では紅玉だけの場合、約24本の調査でよいが、デリシャス系品種とこみにした場合は58本必要なことになる。

この調査で得られた資料から樹ごとに樹冠の上部と下部の発生量の相関関係をみると、 $r = 0.8805$  ( $n = 15$ ) となり、下部の発生量 ( $x$ ) から上部の発生量 ( $y$ ) を推定するための回帰式は

$$y = 0.294x + 0.895$$

となり、この際  $r^2 = 0.775$  であった。

### 3. 第2世代の結果枝における分布

りんご試験場は場で4~5年生の結果枝を国光で30本、紅玉で34本について枝別の果葉そう数、新しょう数、虫数などを調査した結果は第8表のようであった。

Table 8. Structure of bearing branch at the time of pupal stage of the second generation in late July and the density of mine at the given part.

	Ralls (n=29)					Jonathan (n=34)				
	Max.	Min.	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Mean	S.D.	C.V.
Total FC in branch	53	15	29.4	9.77	0.33	96	13	50.0	17.88	0.36
Total mine in FC	65	2	26.6	12.69	0.52	80	8	25.8	16.13	0.63
No. of mine per FC	1.81	0.10	0.882	0.435	0.49	1.10	0.22	0.512	0.212	0.41
Total shoot in branch	17	3	8.7	3.21	0.37	17	4	10.3	3.55	0.35
Total leaf in shoot	166	22	71.4	34.27	0.48	204	39	114.4	46.51	0.41
Total mine in shoot	60	4	24.9	14.17	0.57	39	2	15.7	9.56	0.61
No. of mine per leaf	0.73	0.08	0.361	0.167	0.46	0.33	0.03	0.146	0.089	0.61
Total mine in branch	112	16	49.5	21.39	0.43	106	13	41.5	22.63	0.54

S.D.: standard deviation ( $\pm$ )

C.V.: coefficient of variation ( $\pm$ )

すなわち、国光では結果枝あたりの果葉そう数が平均29.4個であり、新しょう数が8.7、新しょうに着生する全葉数が71.4枚であるから、1新しょうあたり着葉数は平均8.2枚となる。一方、紅玉では国光よりやや大きめの枝が調査されたものの、1枝あたり平均果葉そう数および新しょう数はそれぞれ50.0、10.3個とかなり多く、1新しょうあたりの着葉数も約11枚で若干多かった。1果葉そうあたり mine 数は枝別にみると、国光で平均0.88個で、0.1~18個までの幅があり、紅玉ではこれよりやや少く、0.51個程度であった。新しょうの葉における寄生密度も同じ傾向が認められ、1葉あたり寄生数は国光で0.36、紅玉で0.15であった。枝あたり虫数の分布

は果葉そう数、葉数などの分布に比較して変異が大きく、果葉そう全体の虫数と新しょう全体の虫数とに区別した場合も変異係数は小さくならなかった。しかし、果そうあたり虫数または葉あたり虫数でみると変異係数は低下した。なお、1果葉そうあたりの葉数の分布は国光で平均値と標準偏差がそれぞれ5.26、 $\pm 2.16$ 、紅玉では同様に6.21、 $\pm 2.30$ であり、いずれの品種でもモードは平均値よりやや小さい側にあった。枝ごとにみた1果葉そうあたりの平均虫数と新しょう葉1枚あたりの虫数の間には相関関係が認められ、国光の場合  $r = 0.686$  ( $n = 29$ )、紅玉の場合  $r = 0.432$  ( $n = 34$ ) で、両者を総合すると  $r = 0.879$  と高くなる。一方の発生密度から他

方の密度を推定するための回帰式は1果葉そうあたりの密度を  $x$ , 新しょう葉1枚あたりの密度を  $y$  とすれば、2品種を総合した資料から、

$$y = 0.256x + 0.111$$

あるいは

$$x = 3.010y - 0.214$$

となる。この際、 $r^2 = 0.772$  となるから推定の精度はきわめて高いとはいえない。次に果葉そうにおける分布型を国光と紅玉を合わせた63枝から枝ごとの平均値と平均こみあい度の関係を検討したところ

$$x = -0.001 + 1.650y$$

となり、この際  $r^2 = 0.681$  で、回帰線の適合性はあまりよくなかった。ここで基本集合度示数 ( $\alpha$ ) はおよそ0とみなされ、密度-集合度係数 ( $\beta$ ) は1より大きいから、IWAO (1968) によると共通の  $k$  をもつ負の二項分布型を示したことになる。なお、新しょうの葉位別に mine の密度をみたところ、第9表のようであった。1新しょうの葉数は国光の最も多いもので17枚あったが、これは1例だけで半数以上の新しょうは9枚以内であった。葉あたりの寄生密度は新しょうの基部から9枚以内のものであまり差がなく、10枚目から低下し、13枚目で0となり、それ以上の葉では寄生がみられなかった。一方、紅玉では19枚の葉をつけた新しょうもあったが、半数以上は12枚以下で、これに対するキンモンホソガの寄

Table 9. Structure of shoot and the distribution of mine within shoot.

Series of leaf from bottom to top	Ralls		Jonathan	
	No. of leaf	Mine per leaf	No. of leaf	Mine per leaf
1	248	0.34	345	0.13
2	248	0.35	345	0.13
3	244	0.46	345	0.22
4	242	0.43	343	0.18
5	242	0.36	339	0.25
6	218	0.29	333	0.18
7	187	0.40	320	0.17
8	144	0.26	302	0.08
9	109	0.45	275	0.13
10	87	0.20	244	0.09
11	49	0.14	203	0.07
12	27	0.11	136	0.04
13	13	0	125	0.05
14	1	0	90	0
15	1	0	57	0.02
16	1	0	35	0.11
17	1	0	3	0
18			2	0
19			1	0
Total	2073	0.35	3847	0.14

生密度は5葉位あたりで最高を示し、基部と先端の両側へ向かってわずかずつ低下してゆくが、10葉位あたりか

Table 10. Distribution of mine within tree.

Generation	Level	Direction	Orchard A				Orchard B	
			Jonathan		Ralls		Ralls	
			No. of mine in LMS*	No. of mine in a cluster	No. of mine in a LMS	No. of mine in a cluster	No. of mine in a LMS	No. of mine in cluster
II	Top	South	9	105	14	41	3	20
		North	11	89	6	27	8	16
		Sub-total	20	194	20	68	11	36
	Bottom	South	55	278	23	135	13	58
		North	59	335	20	141	11	36
		Sub-total	114	613	43	276	24	94
Total		134	807	63	344	35	130	
III	Top	South	16	159	17	135	7	20
		North	18	109	19	85	1	19
		Sub-total	32	268	36	220	8	39
	Bottom	South	60	654	56	295	13	98
		North	73	320	58	245	6	49
		Sub-total	133	1074	114	540	19	147
Total		165	1342	150	760	27	186	
IV	Top	South	699	-	366	-	40	-
		North	526	-	372	-	53	-
		Sub-total	1325	-	738	-	93	-
	Bottom	South	2027	-	1426	-	113	-
		North	1957	-	1530	-	104	-
		Sub-total	3984	-	2956	-	217	-
Total		5309	-	3694	-	310	-	

\*: Hereafter we define LMS as a leaf in middle part of shoot

ら先端で急激に低下していた。

#### 4. 第2～4世代 mine の樹冠部位別分布

1966年にりんご試験場内の国光20本について行なった予備的調査では、平均密度が1葉あたり0.02～0.25の範囲であったが、得られた764個の mine の樹冠内分布資料から分散分析した結果、方位別(東西南北)、上下別、内外別ともに有意な差が認められなかった。ついで本格的な調査として、1968年に尾上町八幡崎の2園で紅玉10

樹、国光10樹について調査した結果は第10表のとおりであった。

第2世代はA園において国光と紅玉の発生差が認められ、紅玉が多かった。これは新しょう中位葉の場合も果そう単位の場合も統計的な有意差が明らかに認められた。また、樹冠部位別に発生密度の差異を検討するため、A園の国光、紅玉をこみにして分散分析したところ第11表のようになった。すなわち、主効果では樹冠の上

Table 11. Analysis of variance of mine density within tree in the second generation in Table 10.

Source	DF	LMS				FL			
		SS	MS	F	P	SS	MS	F	P
Level (A)	1	171.12	171.12	36.876	***	4914.2	4914.20	89.773	***
Direction (B)	1	0.32	0.32	0.069		13.62	13.62	0.249	
Inter tree (C)	19	414.15	21.80	4.698	**	4739.20	249.43	4.557	**
A x B	1	0.61	0.61	0.131		108.06	108.06	1.974	
A x C	19	181.63	9.56	2.063		1881.18	99.01	1.809	
B x C	19	209.93	11.05	2.381	*	2306.68	121.40	2.218	*
A x B x C	19	88.14	4.64			1040.14	54.74		
Total	79	1065.90				15003.00			

部、下部の寄生密度の差が大きく、明らかに下部に多い傾向がみられたが、南北による差は認められなかった。この傾向は新しょう中位葉の場合も果葉そうの場合もまったく同様であった。とくに下部に多い傾向は顕著で、

発生が少ない国光の新しょう中位葉で2つの例外があったほかは、すべての樹で新しょう中位葉、果葉そうともに下部に多く、上部で少なかった。さらに、比較的密度の低かったB園の国光においてもやはり同じ傾向が認め

Table 12. Analysis of variance of mine density in the second generation after log ( $x+1$ ) transformation in Table 10.

Sample unit	Variety	Source	SS	DF	MS	EMS	$S_T^2$
LMS	Jonathan	Inter tree	0.4474	9	0.04971	$\sigma_L^2 + 240\sigma_T^2$	0.00019
		Intra tree	11.2607	2390	0.00471	$\sigma_L^2$	
		Total	11.7061	2399			
Pooled levels	Ralls	Inter tree	0.1050	9	0.01167	$\sigma_L^2 + 240\sigma_T^2$	0.00004
		Intra tree	4.6162	2390	0.00193	$\sigma_L^2$	
		Total	4.7212	2399			
TFC + LFC	Jonathan	Inter tree	0.8375	9	0.09305	$\sigma_L^2 + 120\sigma_T^2$	0.00037
		Intra tree	57.2929	1190	0.04814	$\sigma_L^2$	
		Total	58.1304	1199			
TFC + LFC	Ralls	Inter tree	1.6105	9	0.17894	$\sigma_L^2 + 120\sigma_T^2$	0.00129
		Intra tree	29.0721	1190	0.02443	$\sigma_L^2$	
		Total	30.6826	1199			
LMS	Jonathan	Inter tree	0.3566	9	0.03961	$\sigma_L^2 + 120\sigma_T^2$	0.00028
		Intra tree	7.4321	1190	0.00625	$\sigma_L^2$	
		Total	7.7886	1199			
Bottom	Ralls	Inter tree	0.1014	9	0.01127	$\sigma_L^2 + 120\sigma_T^2$	0.00008
		Intra tree	3.4140	1190	0.00187	$\sigma_L^2$	
		Total	3.5154	1199			
TFC + LFC	Jonathan	Inter tree	2.6847	9	0.29830	$\sigma_L^2 + 60\sigma_T^2$	0.00406
		Intra tree	32.3074	590	0.05476	$\sigma_L^2$	
		Total	35.9921	599			
TFC + LFC	Ralls	Inter tree	2.1916	9	0.24351	$\sigma_L^2 + 60\sigma_T^2$	0.00343
		Intra tree	22.0926	590	0.03744	$\sigma_L^2$	
		Total	24.2842	599			



られた。ここで、樹間の発生差が大きい値を示したのは、寄生密度の異なる2品種を混合したことにより、とくに著しくなった。

新しゅうあるいは果葉そうと樹間の分散を推定するため、A園のものについて調査単位(新しゅう中位葉または果葉そう)ごとに  $\log(x+1)$  により変換し、分散分析したところ、第12表のようになった。すなわち、上下こみにした場合と下部だけについてみた場合では、後者で樹内の分散が全般にやや高くなる傾向がみられ、樹の分散も同様の傾向であった。新しゅう中位葉と果そうで

は樹内、樹間とも果そうで分散が高く、新しゅう中位葉で低かった。また、品種別にみると上下こみでみた果葉そうの場合、樹間の分散が国光で大きくなったほかは、果そう、新しゅう中位葉ともに紅玉で大きい分散がみられ、樹内の分散も紅玉で大きい値であった。

第3世代の場合は第2世代と同様、A園では新しゅう中位葉でも果葉そうでも紅玉に多い傾向は変わらず、全体の発生密度は第2世代より若干多い程度であった。樹冠部位別寄生密度の差はA園の国光、紅玉をこみにして分散分析したところ、第13表のようになり、新しゅう中

Table 13. Analysis of variance of mine density within tree in the third generation in Table 10.

Source	DF	LMS				TFC+LFC			
		SS	MS	F	P	SS	MS	F	P
Level (A)	1	400.51	400.51	54.050	***	15848.45	15848.45	148.602	***
Direction (B)	1	5.51	5.51	0.744		1843.20	1843.20	17.283	***
Inter tree (C)	19	213.94	11.26	1.520		10901.45	573.76	5.380	**
A x B	1	1.02	1.02	0.138		423.20	423.20	3.968	
A x C	19	179.74	9.46	1.277		11412.05	600.63	5.631	**
B x C	19	159.24	9.38	1.131		5223.30	274.91	2.578	*
A x B x C	19	140.73	7.41			2026.30	106.65		
Total	19	1100.69				47677.95			

位葉では上下の差だけが顕著にみられ、その他は有意な差が見られなかった。一方、果葉そうでみた場合、上下の差のほかに南北の差も大きく、南側に多い傾向が認められたが、同時にこれは樹間との交互作用が大きかつ

た。次にA園の国光について、第2世代の場合に準じて対数変換して分散分析したところ、第14表のような結果を得た。すなわち、果葉そうでみた場合に新しゅう中位葉でみた場合より樹内、樹間とも分散が大きくなり、紅

Table 14. Analysis of variance of mine density in the bottom of crown in the third generation after  $\log(x+1)$  transformation in Table 10.

Sample unit	Variety	Source	SS	DF	MS	EMS	$S_T^2$
LMS	Jonathan	Inter tree	0.7458	9	0.0829	$\sigma_L^2 + 80\sigma_T^2$	0.00090
		Intra tree	8.4650	790	0.0107	$\sigma_L^2$	
		total	9.2108	799			
	Rolls	Inter tree	0.3323	9	0.0369	$\sigma_L^2 + 80\sigma_T^2$	0.00033
		Intra tree	8.6288	790	0.0109	$\sigma_L^2$	
		total	8.9611	799			
TFC+LFC	Jonathan	Inter tree	27.6346	9	3.0705	$\sigma_L^2 + 40\sigma_T^2$	0.07566
		Intra tree	17.2816	390	0.0443	$\sigma_L^2$	
		total	44.9162	399			
	Ralls	Inter tree	4.4921	9	0.4991	$\sigma_L^2 + 40\sigma_T^2$	0.01087
		Intra tree	25.1336	390	0.0644	$\sigma_L^2$	
		total	29.6557	399			

玉と国光では紅玉の方が高く、とくに樹間の分散でその傾向が強く現われた。第2世代と比較して、樹間、樹内ともに分散が大きくなっており、これは新しゅうでも果葉そうでも共通していた。第4世代は新しゅう中位葉についてだけ調査を行なったが、各部位別にみた密度は第10表のようになり、A園の国光および紅玉では第1世代

めから引き続いて紅玉に発生が多くみられた。樹冠部位別では、第15表にあげたA園の国光と紅玉について行なった分散分析表からも明らかなように、第2世代から第4世代に共通して認められた傾向として、樹冠の上部に多く、下部に少ないことがあげられ、南北間の差は新しゅう中位葉でも果そうでも認められなかつ

Table 15. Analysis of variance of mine density within tree in the fourth generation.

Source	SS	DF	MS	F	P
Level (A)	297289.1	1	297289.10	393.747	***
Direction (B)	13.6	1	13.60	0.018	
Inter tree (C)	75726.4	19	3985.60	5.275	**
A x B	152.5	1	152.50	0.202	
A x C	19220.9	19	1011.63	1.339	
B x C	28599.9	19	1505.26	1.992	
A x B x C	14255.5	19	755.55		
Total	435357.9	79			

た。樹冠各部位間の発生密度の関係をみると、上部と下部の発生量には高い相関関係があり、また新しょう中位葉の密度と果葉そうの密度の間にも高い相関関係が認め

られ、必要に応じて世代ごとに下部の密度から上部の密度をおよそ推定することは可能である。しかし、それらの関係は第16表に示したように、 $r^2$ の値からみて必ずし

Table 16. Relations in mine density among the parts of crown.

Generation	Variable	n	r	Regression equation
II	Top(y), Bottom(x)			
	LMS	28	0.577 ***	$y = 0.241(x - 6.167) + 1.700$
	TFC LFC	30	0.754 ***	$y = 0.248(x - 32.933) + 9.967$
	LMS(y), TFC+LFC(x)	30	0.618 ***	$y = 0.158(x - 42.700) + 7.733$
	LMS(y), TFC+LFC(x)			$x = 2.416(y - 7.733) + 42.700$
III	Top(y), Bottom(x)			
	LMS	29	0.408 *	$y = 0.149(x - 8.867) + 2.530$
	TFC+LFC	30	0.568 ***	$y = 0.192(x - 58.700) + 17.567$
	LMS(y), TFC+LFC(x)	30	0.752 ***	$y = 0.111(x - 76.267) + 11.400$
	LMS(y), TFC+LFC(x)			$x = 5.107(y - 11.400) + 76.267$
IV	Top(y), Bottom(x)			
	LMS	30	0.741 ***	$y = 0.324(x - 238.567) + 71.867$

も高い精度のものではなかった。さらに、第2世代から第4世代まで総合して新しょう中位葉における上下の関係をみると、 $r^2=0.780$ となり、下部の値(x)から上部の発生密度(y)を推定するための回帰方程式は

$$y = 0.304x - 0.681$$

となった。また、第2世代と第3世代の資料を総合して、新しょう中位葉のmine数(x)から果葉そうのmine数(y)を推定するための回帰式として

$$y = 9.748x + 0.151$$

が導かれ、これは $r^2=0.588$ であった。ただし、ここでx、yはそれぞれ葉あるいは果葉そうあたり平均mine数である。

第2世代および第3世代の果葉そうにおける分布型を各調査樹の方位を無視して樹別、上下別にまとめ、第2世代では60果葉そう、第3世代では40果葉そうについて平均密度と平均こみあい度の関係を IWAO (1968) に従

って検討したところ、その関係式は

$$x = 0.005 + 1.751 \bar{x}$$

となった。なお、これは低密度で異常な高い平均こみあい度を示した5樹を除いた115樹から算出したもので、この際、 $r^2$ は0.920であった。すなわち、基本集合度数 $\alpha=0$ 、密度-集合度係数 $\beta>1$ であるから、共通のkをもつ負の二項分布と見なすことができる。これより果そうにおける平均密度を推定するための必要標本数( $N_L$ )は IWAO and KUNO (1968) によると

標準誤差(d)を一定とした場合

$$N_L = \frac{t^2}{d_0^2} (1.005 \bar{x} + 0.751 \bar{x}^2)$$

平均値に対するdの値( $D = \frac{d}{m}$ )を一定とした場合

$$N_L = \frac{t^2}{D_0^2} \left( \frac{1.005}{\bar{x}} + 0.751 \right)$$

によって決定することができる。ただし、ここでtは student のtである。

Table 17. Susceptibility to attack by leaf miner in leaves in different kind of shoot.

Variety	No. of mine in Type A	No. of mine in Type B		No. of mine in Type C
		Leaf on primary growth (B <sub>1</sub> )	Leaf on secondary growth (B <sub>2</sub> )	
Ralls	20	7	259	380
Ralls	10	2	222	413
Delicious	15	4	104	230
Delicious	9	0	122	295

Classification of shoot hereafter.

Type A : normal shoot without secondary growth.

Type B : shoot with secondary growth.

Type C : sprout which is growing without termination till late autumn.

Table 18. Percentage distribution of mine to the leaves on the secondary growth shoot in the fourth generation.

Locality	Variety	Kind of Fungicide	No. of sample		No. of miner per branch	% of mine in B <sub>1</sub> to (B <sub>1</sub> +B <sub>2</sub> )
			Tree	Branch		
Yawatazaki, Onoe	Ralls	Bordeaux Mixture	3	30	1070	97.1
Kanehira, Iwaki	Ralls	Bordeaux Mixture	5	50	371	90.6
Kanehira, Iwaki	Ralls	Monox	1	10	70	95.9

5. 第4世代の葉位別分布

田舎館で新しょうの種類別に調査した結果は第17表のようになり、C型>B型>A型の順に寄生が多い。ことにB型とA型の差は顕著であり、B型の場合、2次伸長部に集中的に分布していることは明瞭で、国光2樹、デリシヤス系品種2樹ずつをそれぞれあわせて、B型における2次伸長葉への寄生率をみると、国光で98.2%、デリシヤス系品種で98.3%であった。B型新しょうにおいて2次伸長葉に多い傾向は個々の枝別にみてもはっきりしたものであった。第18表に示した八幡崎および兼平におけるB型新しょうでの分布も田舎館とまったく同じ傾向であり、明らかに2次伸長の部分に多く認められた。兼平においてはボルドー液散布のまったく行なわれていない樹についても調査したが、やはり2次伸長に多い傾向は変わらなかった。一方、C型新しょうにおける葉位別分布は第19表に示したように先端から3~5葉あたりで最高の値を示し、それより離れるに従って徐々に低下しており、とくに10葉位より下位でその傾向が顕著であった。このような傾向は調査園地あるいは品種によっても大きな差がなく、特に発生密度の比較的高い八幡崎と田舎館において明瞭であった。

Table 19. Distribution of mine among leaves of shoot type C.

Series of leaf from top to bottom	Yawatazaki (Ralls)		Kanehira (Ralls)		Inakadate (Ralls)		Inakadate (Delicious)	
	mean	% of mine	mean	% of mine	mean	% of mine	mean	% of mine
1	4.0	6.3	0.3	3.4	3.5	8.6	2.6	9.7
2	6.3	9.9	0.7	9.4	5.1	12.2	2.9	11.2
3	7.2	11.3	0.6	7.7	4.5	10.9	4.7	17.6
4	7.9	12.0	0.7	9.4	6.0	14.5	3.9	15.0
5	8.1	12.4	0.7	8.5	4.5	10.7	3.0	11.4
6	7.3	11.1	0.7	8.5	3.9	8.5	2.2	8.3
7	6.1	9.3	0.7	8.5	2.8	6.8	1.7	6.6
8	4.6	6.3	0.7	9.4	3.1	7.6	1.3	4.7
9	4.4	6.2	0.5	6.0	2.2	5.4	0.9	1.5
10	2.6	3.9	0.4	5.1	1.6	3.9	0.8	2.8
11	2.3	3.4	0.1	1.7	1.4	3.4	0.8	3.2
12	1.5	2.1	0.2	2.6	1.1	2.5	0.4	1.5
13	0.9	1.3	0.1	1.7	0.5	1.3	0.4	1.5
14	0.4	0.5	0.3	4.3	0.4	1.1	0.3	1.1
15	0.6	0.9	0.1	1.7	0.1	0.2	0.3	0.9
16	0.3	0.4	0.3	3.4	0.2	0.5	0.2	0.8
17	0.4	0.6	0.1	0.8	0.1	0.2	0	0
18	0.3	0.4	0.1	0.8	0.1	0.2	0	0
19	0.3	0.4	0.1	1.7	0.2	0.4	0.1	0.2
20	0.2	0.2	0.3	4.3	0	0	0	0
21	0.1	0.2	0	0	0	0	0	0
22	0.3	0.3	0	0	0	0	0	0
23	0.2	0.2	0.1	0.7	0	0	0	0
24	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
25	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0.1	0.1	0	0	0	0	0	0
30	0	0	0	0	0	0	0	0

No. shoot 30                      15                      20                      20

## 考 察

### (1) 樹冠の部位による寄生差

成虫期以外には他葉への移動がないという生活史の特性からみて、キンモンホソガの mine の樹内分布は成虫の産卵習性によってほぼ決定づけられ、その後死亡などにより若干変化する程度である。したがって分布の特性は成虫の産卵時における行動が反映されているとみなすことができる。まず、方位別でみると南側と北側の差異は第3世代の果葉そう単位で調査したものにだけ認められたが、これは樹間との交互作用が大きいこと、同じ世代の新しょう中位葉でみた場合に差が出ていないこと、他の世代ではまったく差がないことなどの点から考えて例外的なものであり、一般には方位による差がないとみなしてもよいとも考えられる。とくに第1世代では寄主の葉の繁茂がほとんどない展葉初期に産卵され、このような状態では日射量、風力など微気象の差違が葉の繁茂の多い時期より小さいとみなされるから、方位による影響は他の世代に比較しても現われにくいと考えられる。第2世代以降でも成虫の活動時刻が日没後にあることなどから考えて、日射、太陽の位置などが直接影響することはないから日中活動性のものに比較して方位の影響は小さいはずであるが、産卵時に風向が一定しているようなところでは風下に多く産卵され、それが方位との関連としてとらえられるようなことがあるかも知れない。しかし、これらの事項の確認は今後の研究に待たなければならない。また、生垣や森のようなものが園の周辺にあるようなところでも局部的に樹冠の片側に多く産卵されることがありうる。次に、樹冠の内側と外側における分布の差について第1世代で調査した結果では差が認められなかったが、これは上述したように産卵時期に葉の繁茂が少ないことから予想される。したがって、内外の差は葉が充分繁ってから産卵が行なわれる第2世代以降において充分検討されるべきであるが、1966年に実施した第2世代の調査結果ではそれでも差が認められていない。ここでリンゴ樹の栽植状況をみると、成木園では隣接樹と樹冠の接触があり、内外の区別があまり意味をもたない例が多く、一般的に方位間の場合と同様に内外の差は小さいものと考えられる。

樹冠内の分布で最も顕著な差異として認められた上下間の差は、キンモンホソガの弱い飛翔力と上下における微気象の差異に関連あるものとしてとらえることもできる。この場合、第1世代の産卵時期には前述のように葉の繁茂がないから、風力の差は上下で顕著ではないと考えられるにもかかわらず下部に多く mine がみられた。これはこれまで観察されているように、地表で越冬した蛹から羽化した成虫が地表近くの樹幹部に多く静止しており、それらの棲息場所に近い下部に多く産卵を行なう

ためであろう。しかし、これらの事項はさらに精密な実験により確認されなければならないものと考ええる。広瀬(1961)が長野県で8月2日に行なった調査により、本種の寄生密度が樹冠の下部>上部>中部の順に高いことを薬剤散布の粗雑な2樹の調査に基づいて報告しており、その理由は自然風のあたらない下部に集中し、中部は新しょう数が多いため密度が分散され、上部は薬剤の附着が少ないため幾分多くなるのだと述べている。しかし、下部に多い傾向はよいとして、3 m以上の上部に多いことと中部に少ないことの理由は必ずしも順当なものとは思われぬし、その差も2樹だけの調査から有意性を結論できるほど顕著なものではないように思われる。第1世代において生垣などに接した樹で異常に高い密度を記録した例があったが、これは第1世代の成虫が風を避けて生垣に集まることのほか、発生源である落葉がその付近に吹きだまることなどの影響も見逃がせない。いずれにしても、キンモンホソガ mine の樹冠各部位における分布の差が上下間で顕著なことは密度調査などの標本抽出にあたって当然留意しなければならない。しかし、標本抽出と関連して考えるならば、現在栽植されている喬木性のリンゴ樹では樹冠の高さが3.5~4 mであるから、人間の目通りの高さから手のとどく範囲にある葉が非常に多く、高さからみてもその部分がおよそ中間にあたるので、キンモンホソガの分布が下部から上部にかけて連続的に傾斜しているものとみれば、この部分の調査により平均的な密度が得られるものと考えられる。とくに樹冠の上部における密度調査は多くの労力を必要とする不便さがあり、実用的ではない。したがって、密度調査などでは下部から抽出し、とくに上部の資料を必要とする場合以外は下部の発生密度から回帰式によって推定すればよい。

### (2) 結果母枝内における寄生部位

結果母枝を単位としてみた場合の葉の着生部位は大きく分けて、果葉そうと新たに伸長した新しょうとに区別される。また、果葉そうはその由来する芽の種類から頂芽またはえき芽、花芽または葉芽のいずれかに属する。芽の種類がキンモンホソガの産卵時期と関連して問題になるのは第1世代だけであるが、これは産卵時期である4月下旬においてそれらの芽の間に生育差があるため、寄生密度の高い順位と発芽・展葉の早い順位が一致していることは、発芽・展葉の早いものほど多く産卵されることを暗示するものである。このことは発芽・展葉の早い品種と遅い品種との間でも確認されており、津川ら(1968)によって実験的にも証明されている。ここで展葉もない時期の葉面積はきわめて小さく限定されていることから考えて、キンモンホソガの産卵時期と展葉の関係が産卵量ならびに生存率に密接な関連をもつこ

とが予想される。また、このような芽の種類による寄生差を密度推定などのための標本抽出法と関連づけて考えてみれば、いろいろな問題が提起される。すなわち、第1に mine の調査を行なう6月下旬の段階の果葉そうにおいて、えき芽と頂芽を含めた花芽と葉芽を区別することは容易でなく、しいて区別して調査すれば多大の労力を費やす。しかし、頂芽とえき芽の区別は直感的に可能であるから、これを区別することにより抽出数を少なくすることができ、比較的寄生の多い頂芽の密度から他の寄生密度を推定できることを考えれば、頂芽、えき芽を区別して調査するのも良策である。しかし、さらに省力的に行なうには摘果作業の終わった6月末の調査時点で果そうを抽出単位とすれば、えき芽の果実は摘果されているので、ごく少数の例外を除いて頂芽の花芽から由来するものとみなすことができ、これはまた、キンモンホソガの寄生密度が最も高い果葉そうでもある。

さらに、これより第2表にあげたような回帰式により、必要に応じて、他の部位の密度も60%程度の精度で推定することができる。ここで若干の注意を要することは調査時の6月中～下旬がリンゴ樹の栄養交代期に当たり、とくに干ばつの場合、根に障害のある場合などで基部葉の落葉を引き起こすことがあることで、キンモンホソガの寄生を受けた葉はことにその傾向が強いので、このような落葉の後に調査が行なわれると誤った判断をする恐れがある。第2世代の枝における分布は主として果葉そうと新しょう葉に区別することができる。この世代の産卵は主として6月中～下旬に行なわれるが、産卵の時点では果そう葉がすべて展葉済みであるのに対し、新しょうが生育途中にあるから産卵終了後に伸長した葉には寄生がないはずである。第2世代における新しょうの葉位別寄生数が基部から9葉位まで多く、それよりも先端では次第に少なくなっているのは上述の理由によるためである。この時点では果そう葉あるいは産卵時に展葉していたものの葉齢と寄生数との間にはそれほど極端な差はないようであり、比較的全体の葉に均等に分布している。第2世代の調査時期である7月下旬には徒長枝を除けばほとんどの新しょうが發育を終わっており、その中位葉では第2世代の産卵対象として充分なりうるものである。第3世代の枝における分布調査はないが、産卵時期にあたる7月下旬は新しょうの生育がほとんど停止して比較的均質な葉が揃っているので、第2世代の分布とあまり差がないものとみなされる。第4世代においても一般には葉位による分布の変化はないものと考えられるが、2次伸長のある新しょうあるいは後期まで引き続き生育するような徒長枝がある場合に、これらの新しょうにおいては2次伸長のような幼若な葉で極端に高くなっている。2次伸長の出る時期は8月下旬頃からで、この時期を最後に薬剤散布を終了するため、散布を終了し

てから伸長した薬剤の附着しない葉に第4世代の産卵が集中的に行なわれるという疑いもある。とくにこのような産卵忌避作用があるらしいものとして、従来から過石灰ボルドー液があげられている(福田 1961)。しかし、通年モノックス散布のリンゴ樹ならびに無散布の苗木でもやはり若い葉に多い事実をみれば、ボルドー液附着の有無はこの際絶対的な条件ではない。結局、これはキンモンホソガの成虫が若い葉と古い葉を感覚的に区別し、若い葉に選択的に産卵するためとみなされる。このような生態的特性はキンモンホソガの生存上多少有利になっている面がある。すなわち、放任園におけるリンゴ樹の落葉状況を見ると、9月下旬～10月上旬ですでに多くの古葉が落葉し、幼若な葉ほど遅くまで落葉しない事例が一般的にみられるから、古葉に産卵されたものは蛹に至らないまま落葉することがありうる訳で、この際蛹化に至らないまま落葉したもので死亡率が高いことはすでに報告したとおりである(山田ら 1970)。このことはまた、産卵習性の進化と関連した問題として興味深い。

### (3) 密度推定における抽出単位

密度推定のための抽出単位を何にすべきかは、目的とする昆虫の分布を左右する寄生習性に応じたものであることが好ましく、一方においては調査の難易、絶対密度推定の可否などいろいろな観点から考察して決めなければならない。抽出単位の決定にあたり考慮されるべき点を MORRIS (1955) は6つあげているが、このような点を考慮してキンモンホソガの各世代における抽出単位を決めた。第1世代の場合、最小単位としてまず葉が考えられるが、これは産卵終了後から調査時期までに新たに展葉する葉がきわめて多く、それらの中から産卵時に展葉していたものを選択的に抽出することは非常にむずかしい。これに対し、果そうはそれを構成する葉数に変異があるとはいふものの、第1世代卵の産下される時期は mouse-ear 期から開花直前頃までであるから、当時産卵の対象となりうる葉数は比較的安定しているとみなすことができる。ことに、展葉時期の異なるいろいろな芽の中から、頂芽の花芽に由来する果そうを抽出単位とすることにより、さらに安定した単位となり、抽出上も有利になることは前項で述べたとおりである。この際果葉そうにおける分布型が共通の  $k$  をもつ負の二項分布に適合することは伊藤 (1963) も指摘しているとおおり、密度推定にあたり、ちく次抽出法、0項による個体数の推定など簡易な調査法を応用できるなどの利点大きい。また、リンゴ園における果葉そう数は頂芽数の増加率などから比較的推定し易いから、必要な場合絶対密度の推定も不可能でない。なお、mouse-ear 期および展葉初期にはキンモンホソガの成虫が飛翔なしに、同一果そうの隣接した葉に容易に産卵できるといった産卵行為からみても、果そう単位の抽出は合理的なものと考えられる。

ついで、第2世代についてみた場合も最小抽出単位としては葉があげられる。リンゴ樹における抽出単位としての葉は発育のごく初期のものを除けば LEROUX and REIMER (1959) が指摘しているように、抽出単位としては比較的安定したものである。キンモンホソガ第2世代の産卵は6月下旬であるから、一部の新しょうはまだ伸長を続けているが、この時期までには年間の総展葉数の8割以上は終了しているから、新しょうの中位葉より基部にある葉は、第2世代キンモンホソガの産卵対象として同じ位置にあるとみなすことができよう。したがって、そのような葉での平均密度を明らかにしておけば産卵最盛期における葉数から絶対密度の推定も可能となる。新しょう中位葉におけるキンモンホソガの分布型はまだ充分検討していないが、一般的にはわずかにコロニー性を帯びた弱い集中分布をしているようであり、その集中性は今回の調査で得られた2~3世代における果そう単位の密度-集合度係数1.751よりもはるかに小さいものである(山田ら 未発表)。このように集中度の小さいことは密度推定にあたって標本抽出法を有利に行なえるものと考えられる。しかし、葉の抽出結果は第1世代の果そう単位の密度と直接比較できないという難点がある。そこで前世代の抽出単位をそのまま活用できないかという点の検討が必要である。残念ながら6月以降の果そうは新梢の伸長を伴うためそれを構成する葉数に著し

い差異が認められ、それに対応してキンモンホソガの寄生数にも大きな差異が認められるようになる。ことに新しょうが伸長するような果そうでは、その伸長がない果そうに比較して数倍の葉を有する。キンモンホソガは発生密度が非常に高いと1葉あたりの平均で10匹以上になる例もあるから、このような高密度の場合には着葉数による寄生密度の誤差がますます大きくなるばかりでなく、虫数を数えること自体大変な労力を要する。これらの観点から2世代以降は葉を抽出単位とするのが実際的である。その上で各世代間の関連を求めるために、リンゴ樹における葉の増加率を各時期にわたって明らかにしておけばよいであろう。この点に関連する資料としてはすでに園芸学者によって調査されたものがあり、青森県においても1930年から20年間にわたる新しょうの伸長率が調査されている(福島 1961, 青森県りんご試 1952)。しかし、葉数の消長として表わされたものはないようであり、また近年栽培管理の変化もみられ、特に第4世代の2次伸長部における分布が特異的であることなどを考えれば、キンモンホソガの生活史と見合った葉数の消長とその生命表の調査が必要である。

この際、問題になるのは、2次伸長量が園によりあるいは樹により相当大きな変異があることで、2次伸長葉における mine と分布の特異性がないかといった検討は今後さらに行なわれなければならない。

## 摘 要

本報ではキンモンホソガのリンゴ樹内における寄生部位と分布の様相について検討した結果を述べたが、その概要はつぎのようであった。

1. 樹冠の部位別では全世代を通じて上部と下部で明らかな寄生差が認められ、下部に多かったが、方位別、内外別では差がなかった。これはキンモンホソガ成虫の飛翔力の弱さに基づく微気象(とくに風力)の影響と考えられた。
2. 第1世代の果葉そうにおける分布は負の二項分布に適合し、集中度の高いことは少なくとも展葉の早い芽に多く産卵されることが1つの原因と考えられた。すなわち、芽の種類別寄生数の順位は頂芽の花芽>えき芽の花芽・頂芽の葉芽>えき芽の葉芽となり、展葉の早い順位と一致し、果そう葉の中でも基部のものに多く寄生されていた。
3. 第2世代の mine の分布は果そうと新しょうの葉に広く分布し、果そうにおける分布型は負の二項分布に適合したが、新しょうにおいては産卵時と調査時で時間的なずれがあり、その間に伸長した葉に寄生がないため、葉位により寄生密度に差が認められた。
4. 第3世代の分布は成熟した葉が揃った時期に産卵

されるため、葉位による寄生差は少なくなり、果そう葉における分布型はやはり負の二項分布を示した。

5. 第4世代は2次伸長葉のない場合、原則として第3世代と変わらないが、2次伸長葉のある場合、これに集中的に寄生していた。この性質は2次伸長葉の落葉が遅いことから考えて、キンモンホソガの生存に有利と思われた。

6. これらの調査結果から考えて、キンモンホソガのほ場における密度推定などでは、第1世代で果そう、第2世代以降で新しょう中位葉が最小の抽出単位として適当とみなされた。

引用文献

1. 青森県りんご試 (1952) 栽培に関する試験及び調査. 青森県りんご試業績20年抄: 8-44.
2. BORDEN, A. D., W. H. LANGE and H. F. MADSEN (1963) A spotted tentiform leaf miner outbreak in California orchard. *J. econ. Ent.* 46: 519.
3. HORCOURT, D. G. (1969) The development and use of life tables in the study of natural insect populations. *Ann. Rev. Ent.* 14: 175-196.
4. 広瀬健吉 (1960) 最近のリンゴ園害虫相の変化について. 長野県園試報, 2: 21-42.
5. 広瀬健吉 (1961) キンモンホソガの生態と防除について. 長野県園試報, 3: 51-65.
6. 福田仁郎 (1961) 果樹害虫編. 養賢堂.
7. 福島住雄 (1961) りんごの生理生態. (木村編) りんご栽培全編: 311-343. 養賢堂.
8. 福島住雄 (1965) りんごの生産を支配する要因と生産予測に関する研究 I. 青森県りんご試報, 9: 1-39.
9. 伊藤嘉昭 (1963) 動物生態学入門. 古今書院.
10. IWAO, S. (1968) A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Res. Popul. Ecol.* 10: 1-20.
11. IWAO, S. and E. KUNO (1968) Use of the regression of mean crowding on mean density for estimation sample size and the transformation of data for the analysis of variance. *Res. Popul. Ecol.* 10: 210-214.
12. KREMER, F. W. (1963) Major leaf miner species occurring in the South Tirolean fruit farming region and their control. *Pflanzenschutznachrichten "Bayer"* 1963.
13. LEROUX, E. J. and B. PARENT (1956) Notes on leaf miner *Lithocolletis malimalifoliella* BRAUN, as an apple pest in Quebec. *Canadian Ent.* 88: 515.
14. LEROUX, E. T. and C. REIMER (1959) Variation between samples of immature stage, and of mortalities from some factors, of the eye-spotted bud moth, *Spilonota ocellana* (D. & S.) (Lepidoptera: Olethreutidae), and the pistol casebearer, *Coleophora serratella* (L.) (Lepidoptera: Coleophoridae), on apple in Quebec. *Canadian Ent.* 91: 428-449.
15. MORISHITA, S. (1959) Measuring of the dispersion of individual and analysis of the distributional patterns. *Mem. Fac. Sci. Ktushu Univ. Ser. E (Ecol.)* 2: 215-235.
16. 森下正明 (1961) 動物の個体群. 宮地ほか共著 動物生態学: 163-262. 朝倉書店.
17. MORRIS, R. F. (1955) The development of sampling techniques for forest insect defoliators, with particular reference to the spruce budworm. *Canadian J. Zool.* 32: 225-294.
18. MORRIS, R. F. (1960) Sampling insect populations. *Ann. Rev. Ent.* 5: 243-264.
19. 棟方哲三 (1913) 苹果を加害する Microlepidoptera に就て. 昆虫世界, 18: 80-82.
20. 西谷順一郎 (1916) 苹果の潜葉虫に就て. 昆虫世界, 20: 457-459.
21. STULTZ, H. T. (1964) *Lithocolletis blancardella* FABRICIOUS on apple in eastern north America with notes on other species occurring on Rosaceae. *Canadian Ent.* 96: 1442-1449.
22. 高橋徳治・成田弘 (1964) キンモンホソガに関する研究. III. 発生経過と防除時期について. 北日本病害虫研究会年報. 16: 80-81.
23. 鳥居西蔵 (1960) 昆虫集団のPatternとその見分け方. 八木・野村編生態学汎論: 375-435. 養賢堂.
24. 津川力・山田雅輝・白崎将英・小山信行・関田徳雄 (1968) キンモンホソガ第1世代幼虫の寄生にみられる品種間差とその成因について. 北日本病害虫研究会年報, 19: 83.
25. 豊島在寛 (1958) キンモンホソガの生態に関する研究. 東北農試報, 14: 82-91.
26. VERESHCHAGINA, V. (1966) Mining moths in orchards in Moldavia in Russian. *Zash. Rast.* 1966: 18-19. (from *Rev. appl. Ent.* A 56: 464-465.)
27. VIGGIANI, G. (1963) Contributions to knowledge of phytophagous leaf-mining insects and their symbionts. III. Ecological findings on *Lithocolletis blancardella* F. in Campania and a study of the morphology and bionomics of its insect parasites. *Boll. Lab. Ent. agr. Portici.* 21: 1-62. (from *Rev. appl. Ent. Ser. A* 53: 109.)

28. 山田雅輝・小山信行・関田徳雄・白崎将瑛（1970）リンゴ園における害虫類の発生予察. 第8報 キンモンホソガの津軽地方における生活史と青森県平賀町における異常発生について. 青森県りんご試報, 14: 1-27.



Studies on the population of the apple leaf miner,  
*Lithocolletis ringoniella* MATSUMURA.

I. Distribution of the mines on trees.

Masateru YAMADA, Nobuyuki OYAMA and Norio SEKITA.

Entomology Section, Aomori Apple Experiment Station,  
Kuroishi-City, Aomori-Prefecture, Japan.

Summary

This is a preliminary report dealing with techniques for studying the field population of the apple leaf miner, *Lithocolletis ringoniella* MATSUMURA. The main concern was laid on analysis of the distribution within trees. The result is summarised as follows.

1. By the analysis of variance, it was found that the population density is significantly higher in the bottom part of the crown than in the top in all generations, but there was no such difference between the inner and outer parts of the crown nor between the southern and northern parts. The vertical variation in density may be attributable to the low flying ability of the adults and the difference in micro-climatic conditions between different levels of the crown.
2. The distribution of mines within leaf-clusters in the first generation is fitted to the negative binomial series with a common  $k$ . The high aggregative tendency of this insect in the first generation is probably due to the combined effects of the ovipositing behavior and heterogeneity among leaf-clusters. The heterogeneity among leaf-clusters was already discussed in detail in a previous paper (TSUGAWA et al 1968).
3. In the second generation the mine is found in leaves of both fruit-clusters and growing shoots. The distribution pattern in fruit-clusters is also fitted to the negative binomial with a common  $k$ . Within growing shoots there is a great difference in density among leaves of different ages.
4. In the third generation the variation in population density due to the leaf age is greatly reduced, because there is, as a rule, no growth of shoots at the time of oviposition by the second generation adults. The pattern of distribution in fruit-clusters also shows the negative binomial with a common  $k$ .
5. In the fourth generation, when there is no secondary growth of shoot, little difference in density is found among leaves of different ages, but if secondary growth occurs the new leaves are preferred by ovipositing adults. This favors the survival of this insect, because such new leaves on the secondary shoot persist later in the season than the older ones. The detail of this was reported previously (YAMADA et al 1970).
6. The most practical and statistically desirable sampling unit for estimating the population density of the leaf miner may be the leaf-cluster for the first generation and middle leaves of shoots for the other generations.