

キンモンホソガの発生動態に関する研究

山田 雅輝・関田 徳雄・小山 信行*

川嶋 浩三・白崎 将瑛

Studies on the Biology and the Population Dynamics
of the Apple Leaf Miner *Phyllonorycter ringoniella*
MATSUMURA (Lepidoptera : Gracillariidae)

Masateru YAMADA, Norio SEKITA, Nobuyuki OYAMA*,
Kōzō KAWASHIMA and Shōei SHIRASAKI
Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, Japan
(* Present address ; Tsugaru Plant Protection
Office, Kuroishi, Aomori 036-03)

目 次

I	序論	1
1.	緒言	1
2.	青森県における生活史の概要と防除の実態	2
3.	研究方法の概要	3
II	増殖能力の評価	3
	調査方法	3
	結果	4
i	成卵数	4
ii	成虫の寿命と産卵（寿命、産卵数、交尾回数、増殖能力）	4
iii	成虫の大きさと増殖能力	4
iv	性比	8
v	圃場における性比、交尾回数の実態	9
	考察	10
III	一般圃場における死亡の実態	11
	調査方法	11
	結果	12
i	平賀町沖館の多発園及び周辺地域における寄生率	12
ii	青森県内における死亡要因の地域的差	12
iii	寄生蜂の種類と分布	16
iv	ヒメコバチ科寄生蜂の種構成	17
v	世代別死亡要因	18
vi	寄生率の年次変動	21
vii	同一地点内の園地間差	23

昭和61年3月29日受理

* 現青森県津軽地域防除所

VIII	一次伸長葉と二次伸長葉における違い	23
IX	蛹の奇形	23
	考察	23
IV	生命表の作成とその事例	27
	調査方法	27
	結果	28
i	キンモンホソガの卵密度推定と死亡要因	28
ii	生命表の作成	29
iii	粗放な管理をしている2, 3現地圃場における生命表	31
iv	野生植物上における生命表	34
v	発育段階と死亡要因	36
	考察	38
V	越冬期における死亡要因と生存率	39
	調査方法	39
	結果	39
i	越冬成功率	39
ii	越冬条件と生存率	41
iii	越冬期における死亡過程	42
iv	地域による越冬期死亡率の違い	43
v	越冬期生存率と気候	44
	考察	46
VI	寄生蜂の生態に関する調査	47
	調査方法	47
	結果	48
i	ヒメバチ類, ヒメコバチ類などの性比	48
ii	キンモンホソガトビコバチの性比	49
iii	各種寄生蜂の寿命	49
(i)	<i>Sympiesis laevifrons</i>	49
(ii)	<i>Scambus planatus</i>	50
(iii)	キンモンホソガトビコバチ	50
iv	寄主当たり寄生数	50
(i)	<i>Achrysocharoides</i> sp. と <i>Achrysocharella</i> sp.	50
(ii)	キンモンホソガトビコバチ	51
v	各種寄生蜂の越冬世代における羽化期	51
vi	キンモンホソガトビコバチの羽化消長	55
vii	キンモンホソガトビコバチの越冬期における温度反応	56
viii	キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化型	56
(i)	産地による羽化消長の違い	56
(ii)	秋期の採集時期と羽化時期	59
(iii)	同一地域における園地の比較	60
(iv)	新梢内の葉位と羽化型	60
(v)	性別と羽化型	61
ix	キンモンホソガトビコバチの周年経過	62
	考察	63
VII	潜孔の分布と密度推定法	64
	調査方法	65

(i) 葉(果そう)当り密度の変動	102
(ii) 結果枝当り密度の変動	105
(iii) 越冬前の落葉における密度	105
(iv) 越冬後の落葉における羽化数	106
(v) 生命表	106
(vi) 死亡率の経時的変化	108
(vii) 死亡要因の密度依存性	108
(viii) 世代内総死亡率の変動と変動主要因	108
(ix) 世代間増減指數の変動要因	110
iv 田舎館村畠中の一般園	111
(i) 葉(果そう)当り密度の変動	111
(ii) 結果枝当り密度の変動	111
(iii) 越冬前の落葉における密度	112
(iv) 越冬後の落葉における羽化数	112
(v) 生命表	112
(vi) 死亡の経時的変化	114
(vii) 死亡要因の密度依存性	115
(viii) 世代内総死亡率の変動と変動主要因	115
(ix) 密度増減指數の変動とその要因	115
v 黒石市浅瀬石の放任園	116
(i) 葉, 果そう当り密度の変動	116
(ii) 越冬前後の落葉における密度	117
(iii) 生命表	117
(iv) 死亡要因の密度依存性	118
(v) 発生変動の主要因解析	119
vi 平賀町平六の粗放園	120
(i) 枝当り密度の変動	120
(ii) 生命表	121
(iii) 死亡率の経時的変化	122
(iv) 死亡要因の密度依存性	123
(v) 発生変動とその主要因の解析	123
vii 管理の異なる園における変動要因の差	126
viii 密度水準と変動幅	129
考察	130
X 摘要	132
引用文献	133
Summary	140

結果	65
i 孤立した集団地におけるテント状潜孔の分布	65
(i) 潜孔の園内分布	66
(ii) 園地間の分布	67
(iii) 園別発生密度の変動	68
(iv) 密度推定と抽出数	69
ii 抽出単位と密度推定法	70
(i) 新梢当り分布	70
(ii) 結果枝当り潜孔数の分布型	70
iii 落葉の園内分布	72
iv 一般園における落葉の分布と集中性	74
(i) 初冬の場合	74
(ii) 春期の場合	76
v キンモンホソガ並びにその寄生蜂の樹上と落葉での密度の関係	78
考察	79
vi 粘着トラップによるキンモンホソガの成虫の発生調査	81
調査方法	81
結果	82
i 平板粘着トラップ	82
ii トラップの形態と付着数	83
iii 付着虫の性比	83
iv 成虫発生消長の把握	84
v 付着虫数と圃場の発生密度	84
考察	85
vii 栽培管理の異なる園における発生動態	85
調査方法	85
結果	87
i りんご試無散布園における発生動態	87
(i) 密度の変動	87
(ii) 越冬前の落葉における密度	89
(iii) 越冬世代成虫羽化数の変化	90
(iv) 生命表	90
(v) 各種要因による死亡率の変動と寄主密度との関係	91
(vi) 世代内総死亡率の変動と変動主要因	94
(vii) 枝当り密度の変動と主要因	95
(viii) 密度増減指數の変動とその変動要因	95
ii りんご試殺菌剤園	96
(i) 密度の変動	96
(ii) 越冬前の落葉における密度	97
(iii) 越冬後の落葉における羽化数	97
(iv) 生命表	98
(v) 死亡の経時的変化並びに寄主密度との関係	100
(vi) 世代内総死亡率の変動と変動主要因分析	101
(vii) 密度変動に対する生存過程と増殖過程の関係	101
(viii) ピーク世代の密度に対する初期密度と世代間増減指數	101
iii りんご試標準園	102

I 序 論

1. 緒 言

リンゴを加害する *Phyllonorycter* 属のホソガ類は世界的に分布しており、その種類は少なくとも10種類を下らない（氏家 1978, KUMATA 1963, POTTINGER & LE ROUX 1971.）。

これらの種類はいずれもリンゴ葉に潜孔を作り、葉の機能を低下させるため、多発時には玉伸びが抑えられ、生産量を減ずると共に、着色や味の劣化を招き、品質を低下させる。近年、世界各地のリンゴ園でこの種害虫の異常発生例が報告されている（BORDEN et al. 1953, van FRANKENHUYSEN 1983, KREMER 1963, MACPHEE 1964, MAIER 1983, VERESHCHAGINA 1966）。このため、リンゴのホソガ類に関する試験研究も年々多くなっており、中でも *Phyllonorycter blanchardella* は欧洲、北米など広い分布域をもち、多発例も多いので、それだけ生態や防除に関する報告が多い（DIMIC 1984, DUTCHER & HOWITT 1978, HAGLEY 1985, HERBERT & MCROE 1983, KADLUBOWSKI 1984, MAIER 1983, 1984, POTTINGER & LE ROUX 1971, TRIMBLE 1983, 1984）。これらの研究はわが国におけるキンモンホソガ *Phyllonorycter blanchardella* の研究に多くの示唆を与えるものとして重要である。

さて、キンモンホソガはわが国に固有の害虫と考えられてきたが、近年になって朝鮮半島でも発生が確認された（KUMATA et al. 1983, PARK 1975）。わが国でのキンモンホソガは1913年ごろから、青森県でリンゴ害虫として注目されており（棟方1913, 西谷1916），その後もたびたび多発例が認められているが、1940年代までは広範な地域で異常発生した例があまり知られていない（青森りんご試 1981, 豊島 1958）。しかし、1948年からDDTが、1952年から有機りん剤が主要リンゴ栽培県の防除に採用されるようになり、これらが広く普及して使用量の多くなった1950年ごろからキンモンホソガの多発が各地でみられ、青森県でも1964年に平賀町の一共同防除園で、1葉当たり平均潜孔数が10数個に達する程の異常発生を引き起した（広瀬 1960, 1961a, 1961b, 菅原 1963, 氏家・菅原 1967, 山田ら 1970）。これを契機にキンモンホソガの生態と防除に関する研究が盛んに行われるようになり、多くの成果が報告された（広瀬 1961a, 高橋・成田 1964, 1965, 豊島 1958, 津川ら 1968a, 1968b, 1969, 山田ら 1970）。

これらの研究成果により、キンモンホソガの化学的防除対策はある程度確立し、多くの指導書にその防除対策が書かれている（福田 1961, 津川 1961, 山田 1974, 1979,

1984など）。しかし、その後も薬剤抵抗性の発達や防除のわずかな失敗がもとで多発する事例が跡を絶たず、この害虫の合理的な防除を行うにはさらに掘り下げた生態学的研究を必要とした。このような観点から、1973年以降に発表された氏家による一連の研究は注目される（氏家 1972, 1976a, 1976b, 1980, 1983a, 1983b）。しかし、これらの研究では個体群生態学的研究が不充分であり、多発の原因解析、発生予察、害虫の総合管理などを推進する上で不便をきたす。このため、筆者らは1970年より圃場における個体群動態を解明することを主体に各種の個体群生態学的研究に着手し、これまで幾つかの成果を報告した（SEKITA & YAMADA 1973, 山田ら 1971, 1972）。

野外における個体群動態の研究は近年、わが国でもいろいろな害虫で調査がなされるようになった（FUJII 1984, 古橋 1980, 久野 1968, ITŌ et al. 1969, 1970, 伊藤・桐谷 1971, IWAO & WELLINGTON 1970, 粥見ら 1984, KIRITANI et al. 1970, KUNO & HOKYO 1970, 志賀 1979, 法橋 1972, しかし、これまでの研究は防除など人為的な影響ができるだけ排除した条件で行われたものが多く、殺虫剤を散布した条件で行った調査事例はごく少ない（FUJII 1984, 古橋 1980）。さらに、この種の野外研究は調査に多くの労力を要するため、発生回数の少ない昆虫が取り上げられる傾向があり、また、プロジェクト或いは協同研究として実施される例も少なくない（ITŌ et al. 1969, 1970, KIRITANI et al. 1970, 粥見ら 1984, MORRIS et al. 1963）。個体群動態に係わる研究手法は近年、いろいろな観点から検討が加えられ、総説としてとりまとめられている事例も多い（伊藤・村井 1977, 岩 1971, 大竹 1971, 志賀 1970, VARLEY & GRADWELL 1970.）。これらの研究手法の適用を考えると多化性でありながら、齢構成の安定にまで至らないキンモンホソガの場合は非常に研究の難しい対象と考えられた。しかし、キンモンホソガは年4世代発生するにもかかわらず世代の重なりが比較的少なく、また、潜孔を作り、その中で幼虫期と蛹期を単独で経過して、潜孔の中に生存と死亡に係わる各種の証拠品を残すので、上記のような調査上の困難をある程度克服できる。それにしても圃場の密度推定にあたっては広い場所の全数を調べることは労力的にも技術的にも困難であり、結局標本抽出によって密度推定をする外ない。周知のように標本抽出によって密度を推定した場合の変動解析には統計上難しい問題があり、そのため限られた手法しか使えない（伊藤・村井 1977, KUNO 1971）。本報ではキンモンホソガの増殖能力に関

する実験的研究と寄生蜂の生態に係わる調査の外は、ほぼ、圃場条件での調査であり、死亡要因と死亡率、生命表、特定圃場における発生動態、時期別分布実態などについてとりまとめることとした。

なお、本研究の一部は農林水産省有害動植物発生予察事業特殊調査として1975～1979年の5年間補助金の交付を受けて実施した。この事業に關係し、推進会議等で多くの示唆、助言をいただいた農林水産省農業研究センター梅谷幸二博士、同省果樹試験場大竹昭郎博士、同場口之津支場氏家武虫害研究室長並びに事業に參加された各機関の方々に感謝の意を表する。また、本研究の推進に当り、絶えずご助言と激励を下された前青森県りんご試験場長津川力博士に対し衷心より感謝申し上げる。さらに、各種の調査には元青森県りんご試験場職員の斎藤靖夫、上原千鶴、成田一郎、長谷川長一、原田正英、対馬文治、境裕康、佐藤徹、奈良公徳、松田修一、石岡清文の各位並びに長内由起子、石沢美紀子らの協力に負うところが大きく、ここに記して謝意を表する。なお、現地圃場の調査では青森県農業試験場藤坂支場、名久井農業高校並びに多くのリンゴ園主の理解と協力がなければ遂行できなかつた。特に田舎館村畠中佐藤良兼、平賀町平六の北山幸一ら長期にわたる調査を行つた園の園主には多大の協力をいただいた。また、英文摘要はカナダGuelph大学環境生物学部教授 J. E. LAING 博士のご校閲を受けた。これらの方々にも併せて深謝の意を表する。

2. 青森県における生活史の概要と防除の実態

(1) 発育経過

成虫は体長2.5～3.5mm位であり、分類学的諸特徴はKUMATA(1963)に詳しい。最近、成虫の原色図が各種の図説に紹介されているが(一色1977、梅谷ら1976、菅原・山田1971、山田1979、1984、1986)、成虫には季節型があり、越冬世代でやや暗色を帯び、体形も大きい。雌雄の区別は尾端の構造で明らかであるが、生体では腹面から観察される腹節数の差によっても区別できる。卵はほぼ偏円形で、乳白色であり、葉の裏側に産卵されるが、稀に表にも産まれることがある。

ふ化幼虫は葉に接している卵殻を食い破り、直ちに葉内に侵入する。侵入後の幼虫は葉内の汁液を吸収して発育し、最初は線状潜孔を作りながら移動し、発育と共に潜孔を拡大し、将来の斑状潜孔となる外周を形づくる。この時期の幼虫は吸収に適した口器を持ち、無脚であるため吸液型幼虫(sap feeder、以下略してS Fと書く)又は無脚幼虫と呼び、2又は3齢(越冬世代で3齢)を経過する。これよりさらに発育した幼虫は咀しゃく型の口器を持ち、葉肉部を食うようになり、また、胸脚、腹

脚などが形成されるので食組織型幼虫(tissue feeder、以下略してT Fと書く)又は有脚幼虫と呼ばれ、3～4齢(越冬世代では4～5齢)幼虫がこれに相当する(黒子1975、氏家1976b)。T Fは最初、斑状潜孔を作り、成長と共にテント状潜孔とする。S Fでは葉の表側から潜孔を確認できないが、T Fの潜孔は小斑点状の食痕となり、表側からでも判るようになる。

老熟幼虫は潜孔内に吐糸して蛹化時の支えとし、短い前蛹期を経て蛹化する。したがって蛹化は潜孔内で行われ、羽化が近づくと蛹のせん動運動により、尖った頭部を利用して潜孔の一部を破り、蛹の前半分を外へ突き出し、その部分の殻を破って羽化する。蛹の体色は世代により大きく異なるが、性別は形態的特徴によって区別できる(氏家1970)。

(2) 周年経過

青森県では年3回発生という古い報告もあるが(西谷1916)、最近の調査ではいずれも年4世代経過することが確認されている(豊島1958、山田ら1970)。越冬は落葉に入ったままの蛹で行う。越冬世代成虫は4月下旬～5月上旬に多く羽化し、最初、樹幹の地際部に集まる習性がある。温暖な日を迎えるとある程度発芽の進んだ芽や、展葉した葉裏に卵を産む。このため第1世代幼虫はほとんど花そう葉に認められ、後で展葉する新梢葉に寄生するものは少ない(山田ら1972)。また、産卵時期と発芽、展葉時期の合わない国光のような品種では第1世代の寄生が少ない(津川ら1968)。第1世代幼虫は6月下旬に多く羽化し、2日め位から産卵するが、幼虫はその1週間位後からみられるようになる。引き続いて第2世代幼虫は7月下旬、第3世代成虫は8月下旬～9月上旬に多く羽化する。第3世代成虫は徒長枝、二次伸長葉のような軟質の葉をより選好して産卵するため、一次伸長葉と二次伸長葉では明らかな密度差を生ずる。一般園では第1世代の密度は低く、世代と共に順次高まり、第4世代で最高密度に達する。

(3) 防除の実態

一般園における防除対策はほとんど薬剤散布に依存しており、ごく一部で落葉処理を実施している程度である。薬剤散布は硫酸ニコチン又はピレスロイド系殺虫剤を使用する場合とDDVP(75)剤又はサリチオン剤を使用する場合があり、前者は成虫の羽化最盛期をねらい、後者はS Fが多く、まだT Fがあまり出現していない時期をねらうのが最も効果的である(津川1961、山田1974、1979、1984)。DDVP剤、サリチオン剤の場合は散布適期の幅が狭く、キンモンホソガの発生時期が乱れる場合は効果が充分でないため、連続2回の散布が必要とされることもある。硫酸ニコチンでは卵、S F、成虫と三

つの発育段階のものに有効であり、また、ピレスロイド系の殺虫剤も成虫と卵に有効で、残効性が長いので各世代の早い時期に散布すれば、多少の時期的なずれは問題にならず、一般には年1回の防除で済むことが多い。

3. 研究方法の概要

1964年ごろより青森県内で一般栽培されているリンゴ園について広くキンモンホソガの分布実態調査を行った。その結果より密度推定のための標本抽出法、死亡要因の種類とその重要性、生命表作成のための調査計画などを検討することとした。1972年から1980年までは個体群動態解析のための資料を得るために黒石市内の青森県りんご試験場第1号園内に標準的散布体系をとっている試験園（以下標準園と呼ぶ）約30a、標準的散布から殺虫剤と殺ダニ剤を除き、殺菌剤だけの散布をしている試験園

（以下殺菌剤園と呼ぶ）20a、永年まったく農薬を散布していないで、調査開始後も無散布状態で管理した試験園（以下無散布園と呼ぶ）7aを設け、それぞれについてキンモンホソガの発生変動と生命表作成のための調査を4～10年間継続的に実施した。同様の調査は散布体系の異なる数か所の一般栽培者園でも実施したが、これらの中には途中で伐採されたり、散布体系の急激な変化のために継続調査ができなくなった例もあった。このような特定の園地における調査からは個体群の動態解析を行おうとした。また、農薬散布の影響が発生変動にどのように関与しているかも重要な分析目標とした。

調査の主体はこのような野外調査を原則としたが、増殖能力の評価や各種寄生蜂の個体生態的な調査は一部室内において実験的な研究を併行して行った。

II 増殖能力の評価

昆虫の発生動態を研究するに当たり、その昆虫の増殖過程における諸特性を明らかにすることは基本的な重要課題である。すなわち、昆虫の密度変動は産卵による個体数の増加と産卵された個体が成虫に至るまでの死亡による減少との相互関係に強く依存しているからである。増殖過程の中ではその種特有の増殖価を明らかにすることが最も肝要であり、そのためには成虫の生存曲線、産卵消長、産卵数などを明らかにしなければならない。また、圃場における実質産卵数を推定するためには増殖価の世代差及び個体差、栄養摂取と増殖価の関係、性比、交尾率などの調査が必要である。このような観点から以下の試験並びに調査を実施した。

調査方法

i 蔓卵数

1978年黒石市産の越冬世代成虫について羽化直後から金網籠に雌雄と一緒にして集団飼育した。この際、飼育籠は常温下におき、内部には餌として水を与え、産卵植物は与えなかった。羽化後2、3、5日目にそれぞれ成虫を生理食塩水内で解剖し、産卵数を調査した。卵は栄養細胞の欠失した成熟卵と栄養細胞を伴っている未熟卵とに分け、さらに、未熟卵は20倍の実体顕微鏡で判別できるものまでを含めた。

ii 成虫の寿命と産卵

1973～1977年に実施した産卵数調査では、主としてりんご試験場内の圃場からキンモンホソガの被害葉を蛹期に採集し、室内で羽化させた成虫を使用した。このよ

うにして得た成虫は産卵植物を与えないで1～2日間集団飼育し、これより、雌1、雄1～2個体を対としてプラスチック製飼育容器（直径8.5cm×高さ3.5cm）に入れ、その中に管びんに水挿しとしたリンゴ葉またはズミ葉を入れて産卵させた。

なお、飼育容器内の過湿を防ぐために蓋の中央に穴を開け、脱脂綿でふさいで室温下において。成虫が死亡後、葉に産卵された卵数を実体顕微鏡下で精査した。

1978年には同様にして、室内で羽化させた成虫を羽化直後から雌雄1対ずつ透明なプラスチックの容器（直径10.5cm、高さ6.5cm）で飼育した。成虫は前日の午後から当日の午前中に羽化したものを使用した。飼育期間中、毎日成虫の生死と産卵数を調査し、容器内の葉は調査ごとに更新した。

容器は実験室内におき、同時に室温を自記温度計により測定した。なお、雌成虫については死亡後に腹部を切り開し、交尾のうの形態的な変化から交尾の有無を、交尾のう内の精胞数から交尾回数を推定し、同時に卵巣及び輸卵管内の成熟卵数を調べた。さらに第1、3世代成虫については雌雄5対を同時に飼育した区及び10倍程度に薄めた蜂蜜を与えた区を設け、同様に調査した。調査期間は越冬世代成虫が4月18日～5月11日、第1世代成虫が6月16日～27日、第3世代成虫が8月30日～9月15日である。

1979年は1978年と同じ方法で越冬世代、第1世代、第2世代成虫について調査したが、日ごとの産卵数は前年に欠けていた第2世代成虫についてだけ行い、他は2～4日ごとの調査とした。ただし、成虫の飼育は原則と

して雌、雄を1対ずつとして行い、その生死は毎日観察し、雌が死亡した場合は直ちに解剖して、体内の成熟卵数と交尾のう内の精胞数から交尾回数を推定した。なお、越冬世代成虫は4月21～25日、第1世代成虫は7月8～13日、第2世代成虫は7月27～29日に羽化したものを使用した。

iii 成虫の大きさと増殖能力

1979年に成虫の寿命と産卵について調査した際、第1世代並びに第2世代雌成虫の死亡直後に体長と前翅長を実体顕微鏡用計測装置を用いて測定した。産卵数、体内残卵数は前項のものをそのまま利用した。

iv 性比

1976～1979年の春季または秋季に越冬前後の密度調査のために採集した落葉からの羽化成虫と1978年の秋季に採集した落葉から得た蛹についてそれぞれ雌と雄の比

率を求めた。

v 園場における交尾率と交尾回数

1979年7月28日から9月6日までの期間、田舎館村畠中の一般生産者園において、また、同年9月7～25日の期間に青森県りんご試験場の園場において調査した。調査はキンモンホソガの成虫が多い枝の付近で捕虫網を数回振ってすくい取りし、これを直ちに青酸ガスによって殺してから実験室内で性別を調査した上、雌を実体顕微鏡下で解剖した。交尾回数は交尾のう内の精包数から推定し、同時に体内の成熟卵数についても記録した。

結果

i 蔓卵数

1978年、黒石市産の越冬世代について調査した結果は第1表のようであり、羽化2日後では成熟卵をまったく有しないものがあり、成熟卵数の平均値は14.4個である。

第1表 キンモンホソガ越冬世代成虫の蔓卵数

羽化後 日 数	調査数	成 熟 卵 (A)		未成熟卵 (B)		A + B	
		範 囲	平均 ± 標準 偏差	範 囲	平均 ± 標準 偏差	範 囲	平均 ± 標準 偏差
2	11	0～30	14.4 ± 9.59	22～48	31.8 ± 8.51	22～59	46.2 ± 10.17
3	21	9～30	17.5 ± 5.42	21～50	30.6 ± 8.68	30～75	48.0 ± 11.92
5	19	12～33	20.9 ± 5.42	17～44	32.4 ± 7.46	41～63	53.3 ± 5.83

ったが、変異が大きかった。羽化3日後では成熟卵をもたない個体はなくなり、その個体当たり保有数は平均17.5個で、変異も小さくなかった。羽化5日後では成熟卵数が平均20.9個とさらに増加したが、標準偏差は羽化3日後とほとんど同じ値であった。栄養室を伴っている未熟卵の数は羽化後の経過日数によってあまり変化がなかった。これは羽化後、成熟卵の増加に伴って新しい卵が順次形成されることを示唆する。

ii 成虫の寿命と産卵

成虫を個体別に飼育して得ることができた資料より寿命、産卵数、増殖倍などに分けて取りまとめ、以下に述べる。

ア 寿命

1978、1979年の結果を別々に第2及び3表に示した。飼育方法を同じくした場合の世代による寿命の差は明らかに認められ、1978年は越冬世代、第3世代、第1世代の順に長く、1979年では越冬世代、第1世代、第2世代の順であった。同一世代における年次間の比較では越冬世代成虫の場合は1979年が幾分長く、第1世代成虫では

前年より3～4日長く生存した。第2世代成虫はその出現期が盛夏期にあたり、平均寿命は雄で6.8日、雌で5.4日で、2年間を通じて最も短命であった。このような寿命の世代間による差は生理的な違いというよりも、各世代における気温に負うところが大きいようであり、調査例内では寿命の長い順位とその試験期間中の気温の低い順位が一致していた。

越冬世代成虫について餌の種類を変えた場合の寿命は水よりも蜂蜜を与えた区で長く、また、飼育密度を変えた場合では5対区と1対区の間に差がみられなかった。各世代ごとに生存曲線を描くと第1図のようであった。

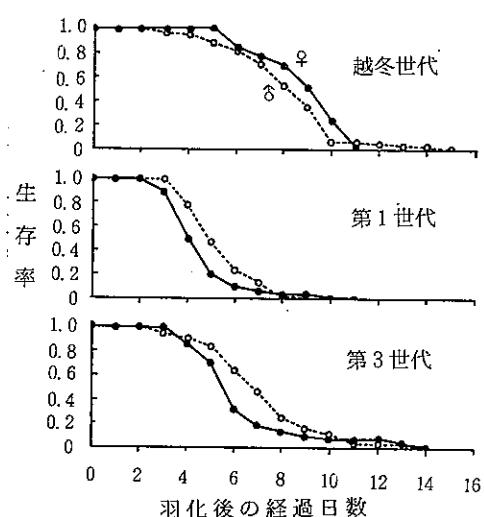
これより1978年のものについて50%死亡日を求める、越冬世代成虫では雄で約8日、雌で約9日であり、第1世代成虫では雄約5日、雌約4日、第3世代成虫では雄約7日、雌5.5日であった。1979年では越冬世代成虫が雌雄とも約8日、第1世代成虫が同じく約6日、第2世代成虫が雄で6日、雌で4.7日位であった。また、交尾の有無による寿命の差は世代によって逆転する例があることや非交尾虫の調査数が少なかったことなどにより有意なものとみなすことはできなかった。

第2表 キンモンホソガ成虫の寿命 (1978)

世代	餌密度	交尾	雄			雌			産卵前期間	交尾率 (雌)
			調査数	最低-最高	平均土標準偏差	調査数	最低-最高	平均土標準偏差		
越冬	氷 1:1	+	15	4-12	7.6 ± 2.50	12	5-10	8.3 ± 1.97	1.8 ± 0.90	14/19
		-	6	6-11	8.5 ± 2.70	5	6-8	9.3 ± 4.82		
	5:5	+	-	-	-	55	4-13	8.7 ± 1.78	-	55/59
		-	-	-	-	4	4-11	8.3 ± 2.99		
蜂蜜	1:1	+	6	10-22	16.2 ± 5.04	6	8-22	14.7 ± 5.28	2.3 ± 1.37	7/9
		-	4	6-11	8.5 ± 2.38	4	8-23	14.0 ± 6.38		
	計	10	6-22	13.1 ± 5.63	10	8-23	14.4 ± 6.38			
		60	2-15	7.8 ± 2.53	59	4-13	8.7 ± 1.85			
1	水 1:1	+	48	3-8	4.6 ± 1.40	47	2-9	3.8 ± 1.55	0.89 ± 0.674	47/49
		-	4		7.4	2		3.5		
3	水 1:1	+	41	3-14	6.9 ± 2.42	45	3-14	6.0 ± 2.51	0.72 ± 0.579	49/52
		-			4.0			5.0		

第3表 キンモンホソガ成虫の寿命 (1979)

世代	交尾	雄			雌			雄+雌 平均土標準偏差	雌の平均 交尾回数
		調査数	最低-最高	平均土標準偏差	調査数	最低-最高	平均土標準偏差		
越冬	+	26	6-13	10.0 ± 2.92	30	5-16	9.7 ± 2.83	9.8 ± 2.85	1.05
	-	6	3-11	7.2 ± 2.71	5	6-9	8.4 ± 2.88	7.7 ± 2.72	0
1	+	26	3-13	7.5 ± 2.98	36	3-13	7.3 ± 2.76	7.4 ± 2.83	1.58
	-								0
2	+	37	4-12	6.8 ± 1.66	50	3-11	5.4 ± 1.66	5.9 ± 1.79	1.30
	-								0



第1図 常温下におけるキンモンホソガ成虫の生存曲線 (1978年)

イ 産卵数

1973～1977年における調査は成虫の飼育を開始してから死亡するまで産卵植物を替えなかったことと、交尾の有無を確認しなかったため、飼育条件が悪化して寿命が短縮し、それに伴って産卵数が少くなる例や未交尾虫による不受精卵も含まれている可能性がある。このため第4表に示したように平均産卵数においても、同一世代でありながら年次間の差が大きい。これは元来このような年次変動があるために起ったとも考えられ、さらに精度の高い調査が必要となった。そこで1978年以降は供試葉が新鮮なうちに交替し、交尾の有無も併せて調査することにした。そのようにして得た結果では、各世代ごとの産卵数、死亡虫の体内残存成熟卵数が第5表のようであった。

すなわち、交尾個体における産卵数は世代により、また同一世代でも調査年次により異なっていた。2年間の調査があるものは平均して、世代間の産卵数を比較すると、雄が1:1、水給餌の条件下では第2世代、第1

第4表 キンモンホソガの産卵数

調査年次	越冬世代成虫				第1世代成虫				第2世代成虫				第3世代成虫			
	調査数(N)	非産卵数(o)	最高卵数(m)	平均(\bar{x})	N	O	m	\bar{x}	N	O	m	\bar{x}	N	O	m	\bar{x}
1965*	16	5	63	45.0	—	—	—	—	7	0	66	32.6	9	6	21	10.0
1968*	28	6	40	15.1	9	3	27	13.5	9	3	23	14.5	43	2	87	35.5
1973	42	24	29	20.3	113	21	103	53.6	74	20	67	36.9	112	3	160	48.0
1974	—	—	—	—	42	2	94	49.7	45	4	85	44.8	48	4	92	29.1
1975	37	25	24	8.9	61	28	61	14.9	48	19	51	14.9	28	12	37	14.4
1976	60	7	63	13.5	43	8	110	43.1	31	2	69	30.0	45	0	83	46.8
1977	51	13	39	10.8	50	4	87	44.9	28	7	67	39.5	—	—	—	—

注：*は山田ら(1970)によるもので成虫飼育数が若干異なる。

第5表 キンモンホソガの産卵数及び体内残卵数

世代 次	餌 (雄:雌) 尾 数	産卵数(A)			体内残卵数(B)			A + B		
		範 囲	平均	土標準偏差	範 囲	平均	土標準偏差	範 囲	平均	土標準偏差
越冬 '78	水 1:1 + 13	6 - 60	32.0 ± 14.17		0 - 26	6.1 ± 8.50		20 - 69	38.1 ± 12.84	
	- 5 0 - 24	4.8			6 - 34	23.0		6 - 50	28.3	
	5:5*+ 55	-	27.3 ± 8.70		0 - 28	3.2 ± 6.76			30.5	
	- 4	-				18.3			-	
蜂蜜 1:1 +	6 31 - 89	53.2 ± 27.92	0 - 43		22.2 ± 21.31	34 - 105		75.3 ± 33.64		
	- 2 11 - 12	11.5			51.0			62.5		
'79	水 1:1 + 43	0 - 47	21.7 ± 12.26		0 - 31	3.7 ± 7.55		4 - 47	24.8 ± 13.36	
	- 8 0 - 17	5.8 ± 6.78	4 - 20		12.8 ± 5.92	4 - 33		18.5 ± 9.94		
1 '78	水 1:1 + 46	11 - 134	46.8 ± 24.50		0 - 38	10.0 ± 10.48		17 - 134	56.9 ± 21.70	
	- 2	0			43.0			43.0		
'79	水 1:1 + 36	15 - 170	78.6 ± 33.10		0 - 29	4.3 ± 5.70		28 - 174	84.0 ± 33.27	
2 '79	水 1:1 + 50	0 - 137	73.6 ± 35.10		0 - 52	14.5 ± 14.18		36 - 152	88.1 ± 29.54	
	- 2 4 - 4	4.0	43 - 46		44.5			47 - 50	48.5	
3 '78	水 1:1 + 44	13 - 154	66.9 ± 29.41		0 - 38	2.8 ± 7.61		13 - 154	68.5 ± 28.57	
	- 3 0 - 7	2.3	30 - 50		38.0			30 - 57	40.0	

注：* 集団飼育区(5:5)の平均値は飼育容器ごとの平均値から求めた。この際、産卵数は未交尾虫も含めた値で、A+Bの平均はA、Bの平均値を加えた値で示した。

世代、第3世代、越冬世代の順に減少し、特に越冬世代で少なかった。しかし、1979年の第1世代では産卵数が78.6であり同じ年に調べた第2世代成虫より平均値で5個多く、全調査を通じての最高を示した。同一世代でも年次による差が認められ、2年間続けて調査を行なった越冬世代と第1世代成虫の雌雄1:1、水給餌の飼育条件では越冬世代で1978年が、第1世代で1979年がそれが多い産卵数であった。未交尾雌では各世代とも産卵する個体があったが、その場合の産卵数は少なく、ふ化もしなかった。交尾個体における体内残存卵は第3世代成虫で最も少ない値であったが、水給餌の条件下では平均

値の幅が2.8～14.5個の範囲にとどまり、世代間並びに年次間差は大きくなかった。しかし、未交尾個体では各世代とも交尾個体に比較して明らかに多かった。これは未交尾虫で産卵数が少ないと対象的であった。

次に産卵数と体内残卵数を合計した数、つまり成熟卵生産量でみると世代間では第2世代、第1世代、第3世代、越冬世代の順に減少し、産卵数の場合と同様、特に越冬世代成虫で少なかった。また、同一世代では年次により差がみられ、越冬世代成虫では1978年に、第1世代成虫では1979年に多かった。また、第1世代成虫では産卵数の少ないもので体内残卵数が多い傾向があつたため、

成熟卵全体の年次間差は産卵数の年次間差よりも小さい値となった。未交尾虫の成熟卵生産量は総じて交尾虫より少なく、未交尾虫どうしの世代間では交尾虫と同様の順位で減少し、越冬世代成虫で特に少ないのも同じであった。

越冬世代成虫において、蜂蜜を与えたものは産卵数、体内残存卵数とも多くなる傾向がみられた。同じく越冬世代成虫の雌雄1対飼育と5対飼育では産卵数が5対区でやや少ない傾向を認めたが、これには平均値を求めるにあたって5対区だけ未交尾虫を含めたことの影響もあり、それを考慮すれば、両者の間にはあまり差がないものとみなされる。

ウ 交尾回数

世代、年次、飼育条件などを異にした群について交尾率を求めると、1978年の越冬世代成虫では1対区で76%，5対区で93%，第1世代で96%，第3世代で94%であり、また、1979年では越冬世代成虫が84%，第1世代が100%，第2世代が96%であった。ただし、この値には事故などで死亡した個体も含めたため、第5表から求められる値とは若干異なる。このように交尾率は越冬世代成虫を除けば90%以上と高く、越冬世代成虫でも5対飼育で高まった。

次に1979年の飼育虫について交尾回数と寿命並びに成熟卵生産量について検討した結果、第6表のようであ

第6表 交尾回数と寿命並びに成熟卵生産量

世代	項目	交 尾 回 数			
		0	1	2	3～
越 冬	調査数 (N)	8	40 (29)*	2	0
	寿 命 (ℓ)	8.40 ± 2.881	9.67 ± 2.832	—	—
	成熟卵数 (E)	18.5 ± 9.943	24.8 ± 13.674	25.5	—
1	N	—	17	18	1
	ℓ	—	6.35 ± 2.344	8.00 ± 2.787	12
	E	—	68.7 ± 29.943	94.12 ± 25.707	174
2	N	2	35	15	—
	ℓ	5.0	5.2 ± 1.600	5.7 ± 1.751	—
	E	59.5	86.2 ± 29.014	92.7 ± 32.219	—

注：* 寿命の調査数

った。この際、未交尾虫については前述したので触れないこととし、交尾虫のうち、精胞数1個、2個及び3個以上のものについてそれぞれ寿命、成熟卵生産量の平均値を求めるに、いずれの世代でも交尾回数の多いものの程度寿命が長く、成熟卵生産量も多い傾向があった。特に第1世代成虫の1回交尾虫と2回交尾虫では寿命、成熟卵生産量共に統計的に有意な差があった。しかし、このような結果は交尾回数に依存して寿命が長く、産卵数が多くなったと考えるより、長寿であったため交尾回数並びに成熟卵生産量が多くなったと考えるべきであろう。

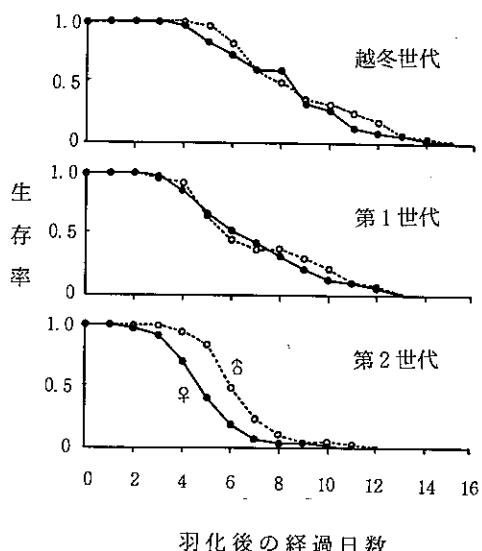
エ 増殖能力

これまで成虫の寿命、産卵数、成熟卵生産量などについて個体の特性としてとらえてきた。しかし、発生動態の解析に役立てるためにはさらに個体群としての増殖特性を解明する必要がある。一般に個体群の増殖について評価する場合は純繁殖率、内的自然増加率などを求めて

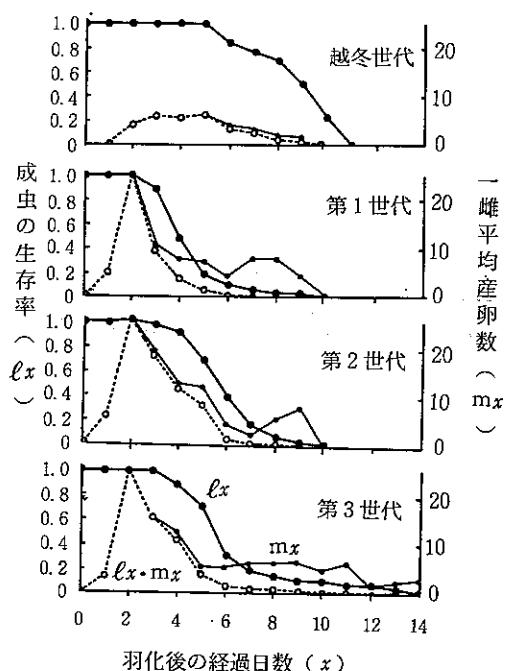
行う。昆虫やハダニでは卵から成虫に至るまでの生存率、性比、成虫の日齢別生存率、出生率、1世代平均日数などからこれらの値を求めることが可能（伊藤・村井 1977、根本ら 1984、山田・川崎 1983、古橋 1980、SAITO & MORI 1981）。

本調査で得ることができた成虫の生存曲線を第1及び2図に示した。曲線の形はおおむね逆S字状を呈したが、平均寿命の長い世代では50%死亡日近辺を中心緩やかな勾配を示し、平均寿命の短い世代ではその勾配が大きかった。また、雌雄による生存曲線の違いは第2世代及び第3世代成虫で雄の方が50%死亡日で約1.5日遅れた程度で、基本的な曲線の形には各世代ともほとんど差を認めなかつた。

一方、羽化後の日齢 (x) に対する1雌当たり平均産卵数 (mx) の消長は第3図に小黒丸と実線で示した。越冬世代成虫では羽化3～5日後に産卵が多く、その後漸



第2図 常温下におけるキンモンホソガ成虫の生存曲線(1979年)



第3図 キンモンホソガ成虫の産卵消長
(第2世代は1979年, 他は1978年調査)

減したが、第1、第2及び第3世代成虫では羽化後1日めから産卵が始まり、2日めに25~26個位に急増し、3日め以降は漸減して行った。しかし、第1世代以降の世代では後半に小さな山を生ずる傾向があり、これは第1世代と第2世代の成虫で顕著であった。このような現象は個体別の産卵消長をみればさらに明らかである。すなわち、死亡間際に多数の卵を産む個体があり、特に長寿の個体でそのような傾向があることによる。このような後半に多く産まれる卵がすべて正常に孵化するかどうかの確認はしなかったが、少なくとも一部の卵は孵化した。

なお、産卵前期間は1978年の場合、越冬世代、第1世代、第2世代成虫で、それぞれ1.8日、0.9日、0.7日であった。1979年の第2世代成虫では、羽化当日から産卵したもののが13個体、1日後からが33個体、2日後からが3個体であり、交尾しながらまったく産卵しなかったものが1個体あり、最後の個体を除いた49個体の平均産卵前期間は0.80日であった。このように産卵前期間はそれぞれの世代の気温に強く関連しているとみなされた。

次に雌の日齢(x)別生存率(l_x)と産卵数(m_x)の日ごとの積を求め、その消長を示すと第3図の白丸点線のようになる。この曲線は前半で平均産卵数の消長曲線とはほぼ一致し、後半で漸減を続けたまま終息に至る。これよりそれぞれの世代について $R' = \sum (l_x \cdot m_x)$ の値を求めるべく越冬世代成虫で30.0、第1世代成虫で46.9、第2世代成虫で73.6、第3世代成虫で65.2個となった。また、越冬世代成虫で蜂蜜を与えた場合には42.2と高まった。

キンモンホソガでは後述するように性比を0.5とみなすことができるので、 R' は羽化までの生存率を1とした場合の純繁殖率に相当する。なお、各調査時の平均寿命と1雌当たり平均産卵数から求めた1雌1日当たり産卵数は水を与えた場合、1978年の越冬、第1および第3世代で各々3.85、12.32、11.52の越冬、第1および第2世代では2.21、10.62、12.47個であった。また、1978年越冬世代虫の蜂蜜を与えたものでは3.6個であり、水を与えたものとほぼ同じであった。

iii 成虫の大きさと増殖能力

越冬世代と第1世代における雌成虫の平均的な大きさは第7表のようであった。すなわち、体長、前翅長とも越冬世代成虫で大きく、第1世代成虫で小さかった。

そこで、成熟卵数と体長及び前翅長との相関関係を検討したところ第7表のようであった。越冬世代成虫における成熟卵数と体長との場合、 r は明らかに有意であったが、他の場合は r が有意といえないまでも、 $P < 0.1$

であった。この際、第1回成虫における成熟卵生産量 (E_y) と体長 (B_1) との間を直線で回帰すれば

第7表 雌成虫の大きさと産卵能力の関係

項目	世代	調査数	体の大きさ		体の大きさと成熟卵生産量との関係	
			範囲	平均値±標準偏差	相関係数 (r)	r の有意水準
体長	越冬	29	2.5 ~ 3.5	3.02 ± 0.224	0.542	0.01 > P > 0.001
	1	36	2.3 ~ 2.9	2.60 ± 0.186	0.318	0.1 > P > 0.05
前翅長	越冬	41	2.8 ~ 4.3	3.78 ± 0.273	0.261	0.1 > P > 0.05
	1	36	2.9 ~ 3.7	3.22 ± 0.182	0.311	0.1 > P > 0.05

IV 性比

休眠という特殊な発育過程をもつ越冬世代を除けば、その世代での性比を明らかにすることはかなりの困難を伴う。すなわち、一般に性別による発育所要日数の差があることや産卵時期の差による羽化時期のずれがあることにより、特定の時期に得た蛹からの羽化成虫では性別に片寄りを生ずる恐れがあるからである。このため、本調査では越冬世代についてだけ検討することとした。1976年から1979年までの4年間に、初冬または早春に落葉から採集した越冬世代の蛹を基に求めた性比は第8表に示したとおりである。これより明らかなように雌の比率は

所による性比の変動幅も調査数の特に少ないものを除けば12.2%と小さい。この際1978年の3例は越冬前の蛹の形態から性比を区別し、他はすべて越冬後の羽化虫から求めた。蛹での調査は越冬期における死亡に性による差がある場合を想定して行ったものであるが、その結果は羽化虫でみたものと大きな差がなく、調査事例による変動よりも小さかった。年次別にみると、1976年の県南から得たものは4か所とも雌の比率が雄よりもやや低く、逆に1978年と1979年は雌がやや多い傾向を示した。このような性比変動の理由については検討できなかった。

第8表 キンモンホソガ越冬世代における性比

調査年次	場所	調査数	雌の比率 (%)
1976	三戸町梅内	78	44.9
	南部町	898	47.0
	南部町大向	247	49.4
	八戸市七崎	93	41.9
	南部地域	156	42.3
1977	津軽地域	49	61.2
	南部地域	260	55.0
	南部地域 *	156	46.0
1978	りんご試A *	640	55.3
	りんご試B *	446	53.8
	南部地域	334	52.4
1979	津軽地域	94	51.1
	りんご試A	218	55.5
	りんご試B	922	49.9
	平均		49.4

注：* は蛹で調査。りんご試A；殺菌剤園，B；標準園。

0.419 ~ 0.612の範囲にあり、全体を平均すると0.494となった。また、調査個体数の少ないものを除き、150以上の調査数のもので平均を求める0.507となり、雌雄の比はほぼ1:1とみなすことができた。年次、場

V 園場における性比、交尾回数の実態

田舎館村畠中では第2世代成虫の羽化期に当たる7月28日から調査を開始し、第3世代成虫の羽化期の後半に当たる9月6日まで6回調査した。その結果は第9表上段のようであった。この際、成虫の密度は調査個体数にある程度反映されており、7月末から8月初めには第2世代成虫の密度が、また、8月末には第3世代成虫の密度が高くなった。その間8月中旬は両世代の中間に当たり、密度が低下した。採集された個体の性比は8月3日を除けばすべて雄の比率が高かった。また、第2世代及び第3世代成虫の羽化期には未交尾雌をやや多く認めたが、雌の交尾率はいずれの時期も86~100%と高い値であった。また、1回の交尾で1個の精包を受けるとみなして交尾回数を推定すると、9月6日の1個体で3回交尾を認めたのを除けば1~2回で、非交尾虫を除いた平均値では1.0~1.2回の範囲にとどまった。体内に残存する成熟卵数は第2世代成虫の場合、7月31日に平均31.5個と最高を示し、その後で低下した。8月30日以降の個体では平均で11.1及び16.9個であった。

りんご試験場園場では第3世代成虫の羽化盛期ごろからそれ以降にかけ6回の調査を行った結果、第9表下段のようであった。この際、園場の密度は9月13日が降雨のため採集数が少なかったのを除けば調査個体数は園場

第9表 圃場におけるキンモンホソガ成虫の性比、交尾回数などの変動

産地	調査月日	性 比		雌の交尾回数別分布					交尾率 (%)	平均 交尾回数	体内成熟卵数	
		調査数	雌の比率(%)	0	1	2	3	4			範囲	平均±標準偏差
月 日												
畠中	7. 28	79	34.2	0	25	2	0	0	100	1.07	10~37	21.3 ± 9.08
	7. 31	184	35.3	9	53	3	0	0	86.2	1.05	0~64	31.5 ± 14.41
	8. 3	199	50.3	7	79	14	0	0	93.0	1.15	0~48	15.6 ± 10.53
	8. 15	30	10.0	0	3	0	0	0	100	1.00	2~9	4.7 ± 3.79
	8. 30*	426	37.8	6	82	12	0	0	94.0	1.13	0~34	11.1 ± 7.30
	9. 6	62	29.0	2	12	3	1	0	88.9	1.20	5~30	16.9 ± 8.76
りんご試	9. 7	204	36.8	8	50	17	0	0	89.3	1.25	0~46	14.0 ± 8.76
	9. 10	372	44.1	2	104	36	8	0	98.7	1.26	0~26	7.2 ± 4.42
	9. 13	80	27.5	3	9	9	1	0	86.4	1.50	0~19	7.9 ± 4.89
	9. 17	268	33.6	1	31	39	19	0	98.9	1.87	0~21	5.0 ± 3.81
	9. 21	132	43.2	1	13	25	14	4	98.2	2.16	0~39	6.5 ± 7.63
	9. 25	133	60.9	0	16	31	26	8	100	2.35	0~20	3.6 ± 3.37

注：交尾率、平均交尾回数、体内成熟卵数の調査は交尾回数を調べた個体について行った。ただし、平均交尾回数は未交尾虫を除き、また、8月30日の卵数は5個体少ない調査個体数から求めた。

の成虫密度にはほぼ依存して変化した。採集虫でみた性比は9月25日を除けばすべて雌の比率が低く、中でも9月13日及び17日では34%以下に低下した。一方、交尾率は9月7日と13日で90%を下回ったが、他の時期は98%以上の高い交尾率であった。全交尾雌での交尾回数は1~4回の範囲で、時期ごとの平均交尾回数は1.25~2.35の範囲にあり、遅くなる程漸増した。これに対し、体内残存成熟卵数は時期ごとの平均で、9月7日の14個から次第に減少し、9月25日には3.6個に低下した。このように、第3世代成虫の羽化盛期を過ぎる9月以降では時期が遅くなるにつれ、生存個体の交尾回数が多くなる一方、体内残卵数は減少してゆく傾向が明らかに認められた。この際、交尾回数は室内で個体飼育したものに比較してかなり多いことが分かった。

考 察

キンモンホソガの藏卵数は羽化後の経過日数と共に少しずつ増加する。この場合、増加するのは成熟卵の方であり、栄養細胞を伴う未成熟卵にはあまり変動がない。同様の傾向は既報の調査例（山田ら1970）でも認めており、これは羽化後に卵嚢内で卵成熟と同時に次々と卵形成が行われることを示唆する。また、羽化後に、蜂蜜を与えたもので寿命が延び、産卵数が多くなった事実は上記のことと関連して極めて重要なことである。このような羽化後の栄養摂取により寿命が延長する例はキン

モンホソガに近縁な*P. blancardella*でも確認されている（POTTINGNER & LE ROUX 1971, TRIMBLE 1984）。*P. blancardella* では産卵数の増加も認め、それには1雌1日当たりの産卵数よりも寿命に伴う産卵日数の増加が関与しており、今回のキンモンホソガの場合と一致している。圃場においてキンモンホソガ成虫が栄養を摂取する機会はリンゴ樹上にアブラムシ類の発生が多くなる第1世代並びに第3世代成虫で多いと考えられる。しかし、アブラムシの発生は寄主植物の伸長時期、天敵の活動、殺虫剤散布などにも影響されるため、キンモンホソガの餌となりうる排泄物の量も変動が大きいとみなければならない。この場合、キンモンホソガの繁殖率評価は大変難しくなる。

産卵数評価に当たって、成虫を羽化直後に産卵用容器に収容しておき、その死亡後に一斉に調べるという方法では山田ら（1970）の結果も含めて変動が大きかった。これは恐らく水分不足、水滴への付着など人為的原因により寿命を全うすることができなかった個体や非交尾虫が混在するためと考えられ、増殖率を評価するには適切でない。これに対し、日ごとの産卵数を調査した事例は人為的な原因による死亡個体や非交尾虫を排除できるので実際の産卵能力をかなり反映したものとして評価できる。

キンモンホソガの1雌当たり平均産卵数は越冬世代成虫の水だけを与えたものを除けば、47~79個の範囲であ

り、類似の飼育条件でみた *P. blanckardella* の20個前後 (POTTINGER & LEROUX 1971)、ナシチビガの20~50個 (FUJIIE 1980) よりも多く、モモハモグリガの130個 (成瀬 1978) よりも少ない。生態学的見地から繁殖力の大きさを比較する場合は純繁殖率、内的自然増加率などを求めて検討される場合があるが、この種のハモグリガ類でこれらの値を示している事例を確認できなかった。

世代で2日前後、その他の世代では平均1日以内であり、ナシチビガ (FUJIIE 1980, 1984), *P. blanckardella* (TRIMBLE 1984) などの場合と大差がない。産卵期間中における1日当たり産卵数の消長は越冬世代を除けば、寿命の前半で大部分の卵を産み、その後は少数の卵を産卵し続けるという様相を呈し、類似の消長はナシチビガ、*P. blanckardella*、モモシンクイガなどでも知られている (FUJIIE 1980 TRIMBLE 1984, 山田 未発表)。また、寿命の末期で1日当たり産卵数が再び増加する個体が相当数認められるが、同様の傾向はコナガ、モモシンクイガなどで認められている (山田・川崎 1983, 山田 未発表)。チャノコカクモンハマキ *Adoxophyes* sp. の雌では遅く産下した卵塊程ふ化率が低下し、ふ化率が低下すると再交尾を行うが、再交尾によって産卵量、ふ化率の回復する傾向は認められない (野口 1981)。このような傾向がキンモンホソガにもあるとすれば、寿命の末期にみられる産卵量の増大はあまり重要でないとみなすこともできる。しかし、前述のように成虫の摂食、圃場における交尾回数の多い実態、複数回交尾雌で産卵量の多い傾向などチャノコカクモンハマキとは異なる面もあり、今後調査を要する課題と考えられる。

キンモンホソガの場合、交尾回数の多い個体で産卵数も多い傾向を認めたのは1雌1日当たりの産卵数増加ではなく、寿命に依存した産卵期間の延長にあり、交尾虫と非交尾虫で寿命に差がないことを考えれば、寿命が長いために交尾の機会も多くなつたとみなすべきであろう。

大型の雌が小型のものに比較して産卵数が多いという傾向はいろいろな昆虫で認められている (志賀 1979, 池尻ら 1982, 伊藤 1973, ITŌ et al. 1969)。

キンモンホソガでは越冬世代の蛹並びに成虫は他の世代に比較して大型である (氏家 1970, 山田ら 1970)。しかし、産卵数の世代間比較では越冬世代で逆に少なく、他の世代で多かった。これは越冬期間でのエネルギー消費が関連あると考えられる。氏家 (1970) は同一世代でも寄生したリンゴの品種によりキンモンホソガ蛹の大きさが異なることを報告しており、幼虫時代の栄養条件によっては成虫の大きさにもかなりの変異を生ずるとみなされ、それが今回のように産卵量に影響を与えたものと考えられる。しかし、キンモンホソガでは前記のような昆虫に比較すると体形と産卵量の関係がやや鈍く、これは密度効果としての共食いが幼虫初期で終るため、体形にあまり影響しないという本種の特性や小さな個体が小粒の卵を産むといった質的な面に反映されている可能性もあり、今後の検討課題である。

キンモンホソガの配偶行動に関してはいろいろな観点から調査がなされている (氏家 1972, 杉江ら 1985, 若公ら 1985)。圃場において、世代によってはかなり多くの交尾を行っている。しかし、交尾回数と増殖力に係わる研究はほとんどなされていないのが現状である。

III 一般圃場における死亡の実態

リンゴ樹の生育期においては、ほぼ全期間中キンモンホソガが活動している。この間青森県では4世代を経過するので、それぞれの世代で死亡要因が特有な効果をもたらしている可能性もある。また、地域や栽培管理の差異によっても生存過程に違いが考えられる。したがって、本種の発生予察あるいは個体群管理の観点から生存過程の実態を明らかにすることは極めて重要な意義があると考えられ、以下の調査を実施した。

調査方法

1964年から1980年にかけて青森県内のリンゴ園を主体とし、比較のため一部県外のリンゴ園を含めて調査の対象とした。各地域のリンゴ園からキンモンホソガの被害

を受けている葉を任意に採集し、実験室内で潜孔を開きながら調査した。1965~1966年には越冬世代について、1967年以降は各世代について調べ、このうち1964年と1965年は寄生蜂についてだけ記録した。これらの調査では葉の表面から潜孔の確認できるような葉を採取したため、TF以後のものだけが対象とされた。潜孔の分解時はキンモンホソガのTF・蛹及びそれらの死骸、蛹殻、寄生蜂の幼虫・蛹及び蛹殻、潜孔の性状などに留意し、死亡要因を判定した。また、寄生蜂の幼虫及び蛹で種を判別できないものは室温下で飼育し、羽化した成虫によって種名を明らかにするよう努めた。

なお、潜孔内における死亡要因の取扱いは次のように行った。

I 死亡要因

この調査では死亡要因を寄生蜂による死亡、奇形、原因不明の3つに大きく類別した。すなわち、寄生蜂による死亡は調査時点で寄主が死亡し、寄生蜂の幼虫、まゆ、蛹、蛹殻あるいは成虫のいずれかが認められるものである。ただし越冬世代では蛹殻と成虫はみられない。奇形はプロセテリー、メタセテリーのいずれもあり、中間的なものもあるので、両者の区別はしなかった。不明死は調査時点でいろいろな性状のものがあり、この調査では発育段階の差以外は区別しなかった。しかし、その内容には殺虫剤による死亡、捕食による死亡、生理的又は栄養不足による死亡、微生物による死亡、寄生の失敗による死亡などが含まれる。また、不在として表示したものは潜孔がありながら中に虫体が認められないもので、これには潜孔の破壊による脱落が考えられ、鳥による捕食、狩蜂による捕獲などとは区別した。不在の場合も不明死同様、調査時点でその原因を判別することができなかつたので一括して表した。

潜孔の分解調査でみられるキンモンホソガの生存虫にはTF、前蛹、蛹の各発育段階があり、越冬世代以外では蛹の脱殻のあるものを成虫とみなした。脱殻は一般に潜孔の片側に半分突き出た形で残っているが、中にはそれが脱落しているものもある。しかし、このようなものでも脱出孔や潜孔内の蛹化跡に吐糸が密に張られていることで他の原因による不在潜孔と区別した。分解調査ができるだけ幼虫の少ない時期に行なうようにした。なお、寄生蜂の種類は図版に示したような寄生の状況や蛹、まゆの形態などから判別できるものがあったが、さらに、飼育によって羽化させた成虫によって種名を明らかにしたものもある。

II 寄主・寄生蜂指數

寄主に対する寄生蜂の密度を表すために、次のような寄主・寄生蜂指數(Pa)を求めた。

$$\text{寄主・寄生蜂指數} = \frac{\text{寄生蜂による寄生率}}{\text{生存蛹率} + \text{羽化率}}$$

ここで、寄生率、生存蛹率及び羽化率を求めるに当たって、潜孔分解時に生存幼虫であったものは除外している。また、越冬世代では羽化率を0とみなした。この値は当世代における寄生活動の多少を総括的に評価する上で、意義あるとみなされるほか、次世代における寄生活動の多少を推定する指標としても重要である。しかし、この値は寄生蜂の種構成によって重みが変わることに留意しなければならない。

結果

I 平賀町沖館の多発園及び周辺地域における寄生率

1965年は前年の平賀町沖館地区における異常発生(山田ら1970)を受けて、その後の同地区における発生量の変動と寄生蜂による寄生率の動きを重点に追跡調査した。また、あわせて沖館の近接地区、りんご試験場及びリンゴ栽培の中心地から離れた辺境の場所にある圃場での実態を知ろうとした。1965年の調査結果は第10表のようであり、沖館地区的前年多発園及びその近辺の園で急激にキンモンホソガトビコバチの寄生率が高まった。すなわち、沖館A、B、C、Dの前年越冬世代における寄生率はそれぞれ、0、20.4、2.6、23.5%であったのに対し、1965年はいずれも25%以上となっていた。これは沖館地区に隣接した唐竹地区の一般園と大差ない寄生率で、異常発生後に周辺の圃場から急激に寄生蜂が侵入してきたものとみなされる。当年のキンモンホソガは防除の徹底もあって特に多い発生とはならなかった。一方、ヒメコバチ科の寄生蜂は0~10%の寄生率で近接の唐竹地区に比較すると依然として低かった。

りんご試験園は天敵保護のために一部の殺菌剤だけ散布しているが、ここではキンモンホソガトビコバチの寄生率が50%程度、ヒメコバチ科のものが5%前後であった。しかし、りんご試験園では両者合わせて5%程度で、特にキンモンホソガトビコバチの寄生率が低かった。この際、キンモンホソガの発生密度は殺菌剤園で高く、標準園で低かった。これは後者の場合、殺虫剤散布がキンモンホソガの発生を抑制し、寄生蜂の活動による発生抑制以上の効果を示していることを示唆する。

津軽地域リンゴ栽培地帯の周辺地域に当る青森市、森田村、鰺ヶ沢町などにおける寄生蜂相の実態は場所によってかなり異っていた。一般にはキンモンホソガトビコバチが優勢であるが、青森市新城Aではヒメコバチ科が、Bではホソガサムライコマユバチが優位を占めていた。新城のリンゴ園は無散布状態であり、周囲が林木に囲まれているため、他の樹種に寄生するホソガ類の寄生蜂と交流している可能性がある。

II 青森県内における死亡要因の地域的差

1966、1968及び1972年にはできるだけ県内の広い地域からキンモンホソガの越冬世代被害葉を集め、死亡要因並びに死亡率の実態を明らかにし、特に寄生蜂の種構成を重点に調査した。調査結果を年次別にとりまとめたのが第11~13表である。ただし、これらの表の中で、1968年の葉当たり潜孔密度は調査に用いた寄生葉から求めた値

第10表 第4世代における各種寄生蜂の寄生率（1965）

場所	採集日	調査潜孔数	生存幼虫率	生存蛹率	寄生率(%)					寄主・寄生蜂指數	
					トビコバチ	ヒメコバチ	ヒメバチ	コマユバチ	合計		
りんご試(殺菌剤園A)	9.21	177	100	—	—	—	—	—	—	—	
	10.25	953	69.3	98.0	2.0	0	0	0	2.0	0.02	
	11.6	549	22.3	94.7	1.9	3.3	0	0	5.2	0.05	
	11.27	519	3.1	95.9	52.0	2.2	0	0	4.2	0.04	
りんご試(標準園)	11.6	308	26.9	36.0	57.3	6.7	0	0	64.0	1.78	
	11.31	255	7.9	46.4	49.0	4.7	0	0	53.7	1.16	
平賀町沖館A	9.20	43	95.3	0	1.0	0	0	0	1.0	—	
	10.11	170	87.1	22.5	68.2	9.3	0	0	77.5	3.44	
	10.27	164	48.2	60.0	35.3	4.6	0	0	39.9	0.67	
	11.19	445	45.8	38.9	51.3	9.8	0	0	61.1	1.57	
	B	702	48.7	74.1	24.8	1.2	0	0	26.0	0.49	
	C	345	60.3	72.3	24.9	2.8	0	0	27.7	0.38	
平賀町唐竹A	D	373	71.3	39.4	60.6	0	0	0	60.6	1.54	
	E	661	41.2	49.3	49.1	1.0	0	0	50.1	1.03	
	9.20	390	85.1	15.4	53.0	31.5	0	0	84.5	5.49	
	10.11	475	76.2	31.1	43.3	25.6	0	0	68.9	2.22	
	10.27	506	56.3	54.7	35.2	10.1	0	0	45.3	0.83	
青森市新城A	11.19	714	33.0	17.8	72.4	9.4	0.4	0	82.2	4.62	
	B	10.11	455	53.6	66.8	18.1	15.1	0	0	33.2	0.50
	“	10.27	591	60.7	88.3	11.7	0	0	0	11.7	0.13
	9.17	115	96.5	0	25.7	74.3	0	0	100.0	»	
青森市雲谷	B	11.24	1018	41.0	81.5	2.7	0	0	15.8	18.5	
	9.17	97	98.0	50.0	50.0	0	0	0	50.0	1.00	
	“	11.24	456	74.5	85.9	11.4	2.7	0	0	14.1	0.16
田茂木野	11.24	329	52.1	71.6	22.8	5.6	0	0	28.4	0.40	
	11.17	599	53.3	65.7	33.6	0.6	0	0	34.2	0.52	
森田村	11.17	1167	36.3	73.6	23.1	3.3	0	0	26.4	0.36	
鰐ヶ沢町	11.17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

注：蛹及び寄生蜂は生存幼虫及び不明死を除いたものでの比率を示した。

第11表 キンモンホソガ越冬世代の潜孔分解結果(1966年)

調査項目	一般管理園(27)			粗放園(10)		
	最低	最高	平均	最低	最高	平均
葉当たり潜孔密度	—	—	—	—	—	—
生存幼虫率	0	33.8	13.4	0.4	37.0	15.8
生存蛹率	29.4	97.9	74.5	23.3	75.4	57.6
寄生蜂による死亡率	0	64.3	13.6	3.1	56.6	28.0
キンモンホソガヒロギ	0	64.3	11.9	1.2	37.8	12.6
ヒメコバチ類	0	4.2	1.4	0	41.4	7.1
ヒメバチ類	0	4.8	0.3	0	4.3	1.2
コマユバチ類	0	0	0	0	20.9	7.1
不明死率	0	22.2	7.4	4.7	25.7	14.5
寄主・寄生蜂指數	0	2.13	0.24	0.12	43	0.66

注：()内は調査園数

であり、1972年の100葉当たり平均潜孔数は新梢中位葉における非寄生葉も含めた平均密度である。調査園地のうち、栽培管理が明らかに粗末なものや放任園の場合と普通に管理されていると判断されるものを区分した。

ここで粗放園は栽培管理上、ほとんど薬剤散布を行っていないとみなされる園で、一般的にはボルドー液の付着がみられず、10月下旬～11月にかなりの落葉が起っている状態の園を指す。また、放任園は原則として剪定、除草など一般管理も行われていない園とした。なお、調査した潜孔はすべてテント状のものである。

潜孔密度は1968年の場合、一般園、粗放園とも平均で1葉当たり2.9個であり、1972年はそれぞれ3.19と3.21で大差なかった。また、密度の高低の範囲は一般園で大き

第12表 キンモンホソガ越冬世代の潜孔分解結果(1968年)

調査項目	一般管理園(36)			粗放園(16)		
	最低	最高	平均	最低	最高	平均
葉当り潜孔密度	1.49	8.18	2.9	1.52	5.83	2.9
生存幼虫率	0.1	77.9	17.2	0	31.9	9.6
生存蛹率	9.1	88.7	47.6	0.5	67.3	29.7
寄生蜂による死亡率	0	50.9	13.9	8.9	70.7	28.7
{キンモンホソガビコバチ	0	45.3	10.3	0	61.2	13.6
{ヒメコバチ類	0	46.0	4.0	0	22.9	11.1
{ヒメバチ類	0	4.5	0.7	0	7.3	2.8
{コマユバチ類	0	17.7	0.6	0	11.0	1.3
不明死率						
{幼虫	2.4	57.2	21.5	4.0	67.4	33.8
{蛹	0	12.9	3.8	0	12.0	3.9
{不在	0	46.5	7.9	0	54.3	1.8
寄主・寄生蜂指数	0	3.61	0.92	0.16	32.40	3.67

第13表 キンモンホソガ越冬世代の潜孔分解結果(1972年)

調査項目	一般管理園(33)			粗放園(5)		
	最低	最高	平均	最低	最高	平均
葉当り潜孔密度	0	10.64	3.19	0.26	68.0	3.21
生存幼虫率						
生存蛹率	52.4	97.5	86.13	31.6	56.6	47.10
寄生蜂による死亡率	0	31.9	7.11	30.9	62.6	46.28
{キンモンホソガビコバチ	0	27.2	2.59	27.1	54.7	39.92
{ヒメコバチ類	0	19.7	3.54	0.4	8.6	3.30
{ヒメバチ類	0	17.7	0.89	0	1.2	0.66
{コマユバチ類	0	1.2	0.09	0.3	7.6	2.60
不明死率						
{幼虫	0	6.2	1.46	0.4	7.3	2.78
{蛹	0	9.5	2.79	0.8	5.7	3.00
寄主・寄生蜂指数	0	0.47	0.09	0.55	1.98	1.07

く、粗放園で小さかったが、これは前者で調査園数が多いことを考慮しなければならない。実際に標準偏差を求めた結果からも一般園で特に高い値は得られなかった。

調査時における調査潜孔当り生存幼虫の比率は1966年の場合、一般園と粗放園はほぼ同率を示したが、1968年は一般園でやや高い値を示した。しかし、この比率は調査地点での温量、落葉状況、生存過程の違いなどにも左右されるため、一般園で発育が遅れるとみなすことはできない。

生存蛹率は蛹化に達しない個体を除いて算出しているため、調査園地における幼虫期の生存率をかなり反映しているとみられる。この平均値はいずれの年も一般園で高く、粗放園で低かった。これに対して、寄生蜂による死亡率、幼虫不明死率などが一般園よりも粗放園で高く、このことは一般園で天敵の活動が衰えていることを示すものである。

次に死亡要因についてみると、1968年に一般園、粗放園とも不明死が比較的多かったのを除けば、寄生蜂による死亡率が高い比率を示していた。1968年に不明死が多

い理由は明らかでない。調査園全体について寄生蜂の種類別寄生率をみるとキンモンホソガトビコバチが最も高く、次いでヒメコバチ科、ヒメバチ科、コマユバチ科の各寄生蜂の順であった。

また、圃場ごとにみた各寄生蜂の寄生の有無は第14表のようであり、5年間の平均では一般園でキンモンホソ

第14表 年次別にみた各種寄生蜂の分布圃場率(%)とPa指數

年次 (園数)	管理状態	寄生蜂の種類				Pa指數の水準	
		トビコバチ	ヒノコバチ	ヒメバチ	コマユバチ	>0.5	>0.01
1966 (37)	一般(A)	85	56	15	0	7	52
	粗放(B)	100	90	70	70	50	100
1967 (38)	A	85	54	23	8	0	46
	B	100	100	40	20	80	100
1968 (52)	A	81	75	50	17	19	61
	B	94	88	56	44	75	100
1969 (32)	A	74	65	17	0	9	39
	B	89	78	22	22	44	89
1972 (38)	A	39	85	55	12	0	30
	B	100	100	80	100	100	100
平均 A+B		84.7	79.1	42.8	29.3	38.4	71.7

ガトビコバチ 72.8 %, ヒメコバチ科 67.0 %, ヒメバチ科 32.0 %, コマユバチ科 7.4 %であり、粗放園では同じく、96.6, 91.2, 53.6, 51.2 %であった。このようにいずれの場合も一般園よりも粗放園で高く、特にホソガサムライコマユバチは一般園と粗放園の差が大きかった。一般園と粗放園における寄生蜂分布圃場率の違いはすべての調査年に共通して認められ、粗放園での寄生蜂の活動が明らかに高いとみなされた。

1967, 1969, 1971年などの調査も含めてPa指數を求め、その水準を3段階に分けて地図上に示すと第4図のようであった。すなわち、Pa指數が高い園は南部地域、青森市、津軽地域の山間部などに多くみられ、リンゴ栽培の盛んな津軽平野中央部では全般にPa指數の低い園が多かった。このうち、下北半島の大部分は放任園又は粗放園であり、青森市周辺や津軽地域の山間部のものも粗放な管理をしている例が多かった。したがって、このような分布は地域的な相違というよりも、栽培管理、中でも農薬の散布状況に強く影響を受けているとみなされる。そこで、粗放園と一般園についてPa指數 > 0.5 の園地割合を調査年次ごとにみると、粗放園では1966, 1968, 1972年がそれぞれ50, 75, 100 %であったのに対し、一般園ではそれぞれ7, 19, 0 %といずれも極めて低率であった。同様のことは寄生蜂による総寄生率においても認められ、上記年次ごとの平均寄生率がそれぞれ粗放園では28.5, 28.7, 46.3 %、一般園では13.6, 13.9,



第4図 寄主・寄生蜂指数(Pa)の分布
(1966~1972年)
(●: 0.5以上, ▨: 0.49~0.1, ○: 0.1以下)

7.1%であった。

次に寄生蜂の種類別でみると第15表のように種類によって若干異なる傾向が認められた。まず園ごとの優占種

第15表 キンモンホソガ寄生蜂の優占種出現園場率

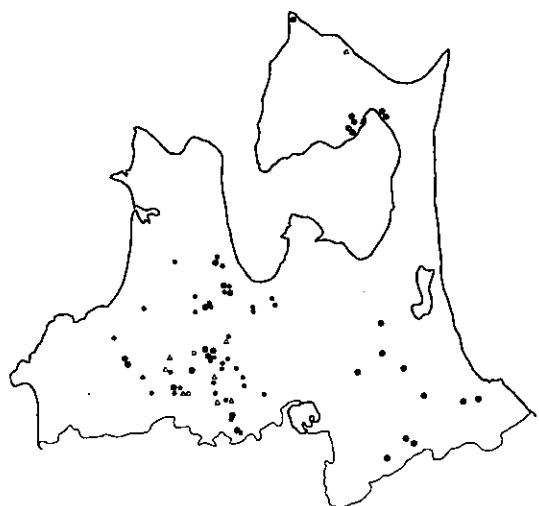
年 次	一 般 管 理 園			粗 放 園			ト ビ
	トビ	ヒメコ	コマユ	トビ	ヒメコ	コマユ	
'66	22	5	0	0	4	2	4
'67	6	2	0	0	5	1	0
'68	21	13	1	1	8	7	0
'69	12	7	0	0	5	4	0
'70	7	5	0	0	7	2	0
'72	6	21	0	4	5	0	0
計	74	53	1	5	34	16	4
出現率	55.6	39.8	0.8	3.8	63.0	29.6	7.4

注: トビ; キンモンホソガトビコバチ、ヒメコ; ヒメコバチ科
コマユ; ホソガサムライコマユバチ、ヒメ; *Scambus planatus*

についてみると、1966年以降の6年間の合計で、一般園ではキンモンホソガトビコバチの優占する園が55%を占め、次いでヒメコバチ類40%、ヒメバチ類13%、コマユバチ類1%（1例）であった。また、調査を開始した初期の年はキンモンホソガトビコバチの優占する園が圧倒的に多かったが、年次と共にヒメコバチ類の優占する園の比率が高まり、1972年には逆転してヒメコバチ類の優占する園が多くなった。一方、粗放園ではキンモンホソガトビコバチの優占する園が一般管理園よりも多く、63%を占め、次いでヒメコバチ類29%、コマユバチ類7%，ヒメバチ類0%であった。この場合の年次間の動きは1968、1969年でヒメコバチ類の優占する園が半数近くまで

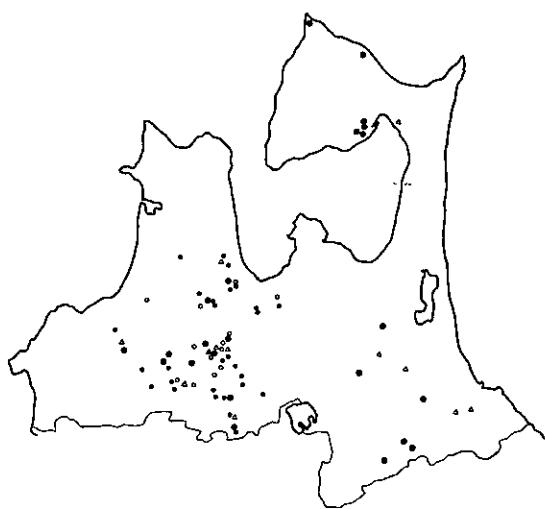
接近したが、逆転することではなく、その後再びキンモンホソガトビコバチの優占する園が多くなった。このように一般管理園に比較して、粗放園の場合はキンモンホソガトビコバチが優占する事例が多かった。また、ホソガサムライコマユバチの優占する園は粗放園にだけ認められ、その中でも青森市新城、むつ市、大間町などのような山間地のリンゴ園でのみ優占園が認められた。

1966、1968年の調査結果よりキンモンホソガトビコバチを認めた園と認めなかった園を区別して、地図上に表示すると第5図のようであった。このように分布の片寄

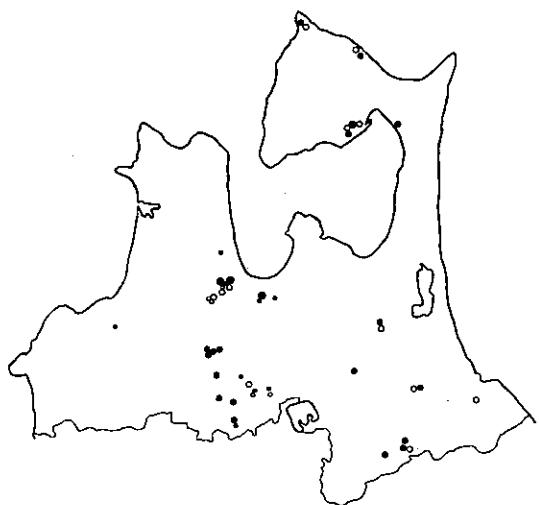


第5図 キンモンホソガトビコバチ寄生率別分布状況
(1966及び1968年)
(●: 10%以上, ▨: 10~1%, ○: 1%以下)
△: 0%

りはあまりなく、青森県各地に広くみられ、寄生の確認された園は一般管理園で55.6%，粗放園で63.0%であった。次いでヒメコバチ類の寄生が認められた園は第6図のような分布を示し、全体の72.7%の園で認められ、キンモンホソガトビコバチと並んで極めて広範な地域に分布していた。しかし、ヒメコバチ類は単一種でなく、複数の種が含まれているので、さらに単一の種で検討する必要がある。ヒメコバチ類とコマユバチ類の分布は第7図に示した。ここでは寄生を認めた園だけを表示したが、調査地点の分布は前2図と同様である。ヒメコバチ類の寄生を認めた園の割合は43.2%で、コマユバチ類の22.7%よりも幾分高い値であった。しかし、園ごとにみたヒメバチ類の寄生率は一般に極めて低く、最高でも10%以下であった。これに対し、コマユバチ類の寄生率は場所によって極めて高いことがあり、ことに青森市新城付近では20%台の寄生率をみた例があり、このような場合、他の寄生蜂をおさえて優占種となっていた。



第6図 ヒメコバチ類の寄生率分布状況
(1966及び1968年)
(●:10%以上, ○:10~1%, △:1%以下, ▲:0%)



第7図 ヒメコバチ類とコマユバチ類の寄生率別分布状況
(1966及び1968年)

(●:ヒメコバチ類1%以上, ○:ヒメコバチ類1%以下
△:コマユバチ類1%以上, ○:コマユバチ類1%以下)

III 寄生蜂の種類と分布

この調査で得られた寄生蜂の種類は第16表に示した通りである。すなわち、5科14属23種で、ヒメコバチ科のものが最も多く認められた。これらの寄生蜂は潜孔分解当時に卵から成虫までのあらゆる発育形態のものがある。このうち、内部寄生する種類は寄主が死亡するまで非寄生と判断した。

ヒメコバチ科のものは調査時に蛹又は蛹の脱殻が多く

第16表 青森県下のリンゴ園で確認されたキンモンホソガの寄生蜂

Ichneumonidae (ヒメバチ科)

1. *Scambus (Scambus) planatus* HARTIG

Braconidae (コマユバチ科)

2. *Apanteles kuwayamai* WATANABE
(ホソガサムライコマユバチ)

3. Braconidae の1種

Pteromalidae (コガネコバチ科)

4. *Pteromalus* sp.

Encyrtidae

5. *Holcothorax testaceipes* RATZEBURG
(キンモンホソガトビコバチ)

Eulophidae (ヒメコバチ科)

Elachertinae

6. *Elachertus inunctus* NEES

7. *Cirrospilus* (A)

8. *Cirrospilus* (B)

9. *Cirrospilus* (C)

Eulophinae

10. *Sympiesis acelle* WALKER

11. *Sympiesis dolicogaster* ASHMEAD

12. *Sympiesis laevifrons* KAMIO

13. *Sympiesis ringoniella* KAMIO

14. *Sympiesis sericeicornis* NEES

15. *Sympiesis* sp.

16. *Pnigalio* sp.

Entedontinae

17. *Pediobius* sp.

18. *Chrysocharis albipes* ASHMEAD

19. *Chrysocharis ujiyei* KAMIO

20. *Achrysocharoides* sp.

21. *Closterocerus* sp.

Tetrastichivae

22. *Tetrastichus* sp.

ったが、中には幼虫、卵、成虫のみられる場合もあった。しかし、ヒメコバチ類は主要な種が外部寄生をし、産卵時に寄主を殺しているため、寄生蜂が卵や幼虫の場合でも寄生による死亡と判断することができる。潜孔内にみられる寄生蜂には蛹化時にまゆを作るものと裸蛹となるものがあり、前者の場合はまゆの形態や色によって種類を区別することが可能である。すなわち、まゆを作るものにはキンモンホソガトビコバチ、ホソガサムライコマユバチ、*Scambus planatus*, *Apanteles* sp.などがあり、それぞれのまゆの性状は図版に示した。一方、裸蛹となるものはヒメコバチ科のものが圧倒的に多く、こ

の際、蛹の尾部と葉組織とが短い吐糸によってつながれている。蛹の形態や色からヒメコバチ科の種類を判別することは一部のものを除いて困難であったので、この調査では一括してヒメコバチ類として取扱った。また、この中には蛹でヒメコバチ類と区別できなかったコガネバチ科の *Pteromalus* sp. も含まれている。しかしこの種はごく少数しかみられないで、キンモンホソガの死亡要因としては重要でないとみなされる。越冬世代ではヒメコバチ科のものが幼虫または蛹で越冬しているため、種

の判別は翌春に成虫が羽化してから行った。

IV ヒメコバチ科寄生蜂の種構成

主として越冬世代から得られたヒメコバチ科の幼虫又は蛹を常温で越冬させて、翌春羽化した成虫の種類別個体数を調査して優占種を明らかにしようとした。このようにして1969～1974年の間に得られた結果は第17表のようであった。すなわち、発生園地割合の比較でみると *Sympiesis laevifrons* が圧倒的に高く、青森県内に普

第17表 青森県においてキンモンホソガ越冬世代でみられたヒメコバチ科の種構成

種類	1969(7)		1970(9)		1981(8)		1973(9)		1974(9)		合計
	園数(0)	個体数(N)	O	N	O	N	O	N	O	N	
<i>Elachertus</i> sp.	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	2 2
<i>Cirrospilus</i> spp.	2	2	2	5	0	0	0	0	0	0	4 7
<i>Sympiesis laevifrons</i>	4	98	8	302	18	567	7	20	15	93	52 1,132
<i>S. sericeicornis</i>	1	1	2	4	3	5	1	1	1	2	8 13
<i>Sympiesis</i> sp.	1	1	2	2	5	6	1	1	0	0	9 10
<i>Pnigalio</i> sp.	2	39	3	80	1	3	11	44	6	16	23 282
<i>Pediobius</i> sp.	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	3 3
<i>Chrysocharis</i> spp.	4	11	4	15	2	2	7	35	5	12	22 75
<i>Achrysocharoides</i> sp.	2	4	0	0	1	1	0	0	0	0	3 5
<i>Tetrastichus</i> sp.	1	2	0	0	0	0	0	0	0	1	2

遍的に分布していた。次いで *Pnigalio* sp. と *Chrysocharis* spp. が比較的広範囲で得られ、他の種類はかなり局部的な分布をしているが、低密度であるため、出現率が低かった。個体数の多少でもほぼ同じ傾向がみられ、*Sympiesis laevifrons* が多く、総計で 1,132 個体、次いで *Pnigalio* sp. 282 個体、*Chrysocharis* spp. 75 個体であった。その他の種は 13 個体以下で少く、*Elachertus inunctus*、*Pediobius* sp.、*Tetrastichus* sp. では 1～2 個体ずつ 1～3 園で認められただけである。このような傾向は、年次別にみてもほぼ同様であるが、1973 年だけは *Sympiesis laevifrons* が若干少くなり、逆に *Pnigalio* sp. や *Chrysocharis* spp. の出現率が高くなかった。特にこの両種はりんご試験場の圃場で多く、1971 年と比較すると *Sympiesis laevifrons* との間でまったく逆転した種構成になっていた。このような優占種の変化がなぜ起ったかは今のところ不明である。外に *Pnigalio* sp. が *Sympiesis laevifrons* より高い寄生率を認めた例は 1969 年の雲谷にあった。ヒメコバチ科の中で分布が限定される傾向が特に強くみられたものに *Achrysocharoides* sp. があり、この種の分布についてはすでに年次別概要の項に述べた。*Pteromalus* sp. はヒメコバチ科

の蛹と混在したまま翌年の羽化期に初めて確認されたものであるが、調査期間中 1970 年に 1 園で、1971 年に 2 園で認められ、個体数も全体で 6 個体と少なかった。

一方、他県における寄生蜂の種構成と比較するために、長野県、福島県、宮城県、岩手県などのリンゴ園で得られたキンモンホソガ越冬世代を寄主とするヒメコバチ科の種類を調査し、第18表に示した。これでみると場所によりかなり異っており、長野では *Sympiesis cericeicornis*、福島では *Sympiesis laevifrons*、宮城では *Achrysocharoides* sp. 及び *Pediobius* sp. が優占種であった。この際、宮城の *Achrysocharoides* sp. は本県の山間地リンゴ園で得られるものと種を異にするのみなされた。しかし、*Sympiesis laevifrons* は福島でも高い寄生率を認めたことは注目される。なお、宮城の *Pediobius* sp. を高率で認めた園ではキンモンホソガトビコバチも高い寄生率を示していた。

第18表 県外のキンモンホソガ越冬世代におけるヒメコバチ科の種構成

種類	1969				1970				1971		
	盛岡	宮城	福島	長野	福島	宮城	山形	宮城	福島	長野	
<i>Sympiesis laevifrons</i>	0	2	35	0	38	0	1	6	24	0	
<i>S. sericeicornis</i>	0	0	0	39	2	1	0	0	0	10	
<i>S. sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
<i>Pnigalio</i> sp.	0	1	1	0	0	0	0	0	2	0	
<i>Pediobius</i> sp.	0	0	0	0	7	72	0	26	0	0	
<i>Chrysocaris</i> spp.	1	0	7	0	1	0	0	0	0	0	
<i>Achrysocharoides</i> sp.	0	2	0	0	0	37	0	182	1	0	
<i>Cirrospilus</i> sp.	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	

第19表 第1~4世代における各種寄生蜂の寄生率 (1967)

世代	産地	採集月日	調査潜孔	幼虫生存率	成虫蛹	成虫以外の死亡	寄生蜂				Pa指数
							トビコバチ	ヒメコバチ	ヒバチ	コマユバチ	
1 黒石市りんご試 (殺菌剤園A)		6. 6	319	12.9	97.6	0	0	2.5	0	0	2.5 0.03
" " (無散布園)**		6. 16	646	56.3	82.8	2.1	0	15.1	0	0	15.1 0.18
" " (殺菌剤園B)*		6. 17	50	8.0	24.0	21.0	0	54.9	0	0	54.9 2.29
" " (殺菌剤園C)*		~6.25	53	15.0	80.0	2.0	0	18.0	0	0	18.0 0.23
青森市新城*		6. 19	503	10.5	97.5	1.8	0	0	0	0.7	0.7 0.007
" 雲谷		6. 19	52	1.0	63.0	27.0	4.0	4.0	0	2.0	10.0 0.16
" 白旗野 (A)*		6. 25	46	30.0	6.0	27.0	0	3.0	0	53.0	56.0 9.33
" " (B)*		6. 29	138	11.6	6.6	32.1	11.4	0	0	50.0	61.4 9.30
尾上町猿賀		6. 20	204	13.2	74.0	25.5	0	0	0	0.6	0.6 0.008
2 黒石市りんご試 (殺菌剤園C)*		7. 20	184	3.2	37.6	1.7	55.3	5.4	0	0	60.7 1.61
青森市新城		8. 7	30	3.7	20.6	27.0	11.1	20.6	0	20.6	52.3 2.54
3 黒石市りんご試 (殺菌剤園A)*		8. 27	94	0	4.3	51.0	5.3	39.3	0	0	44.6 10.37
青森市雲谷		8. 25	51	47.0	51.8	29.4	7.5	11.3	0	0	18.8 0.36
" 白旗野 (A)**		8. 25	149	30.2	18.3	6.7	20.2	31.8	2.9	20.2	75.1 4.10
4 黒石市りんご試 (殺菌剤園A)*		11.16	221	0.5	14.6	14.5	67.3	3.6	0	0	70.9 4.86
" " (殺菌剤園C)*		11.17	358	2.8	14.9	28.9	49.4	5.8	0.8	0	56.0 3.76
青森市雲谷		10.26	387	34.6	82.3	10.2	6.0	0	1.5	0	7.5 0.09
" 白旗野**		11.22	270	24.4	84.5	9.6	5.8	0	0	0	5.8 0.07
尾上町猿賀		11.22	352	9.9	66.5	11.0	22.4	0	0	0	22.4 0.34

注： *印は殺菌剤のみ散布園、 **印は無散布園、 他は一般管理園

V 世代別死亡要因

1967年の第1~4世代の調査結果は第19表のようである。すなわち、第1世代について調査した9園のうち、Pa指数が0.5を越えたところは3園しかなく、そのすべては無散布園又は粗放園であった。

このうち、りんご試殺菌剤園Bではヒメコバチ科の *Sympiesis laevifrons* と *Pnigalio* sp. が多く、青森

市新城の2園は共にホソガサムライコマユバチが優占種で、50%台の寄生率を記録した。

第2世代については、りんご試殺菌剤園Cと青森市新城しか調査していないが、ここで注目されるのは前世代に0%の寄生率だったキンモンホソガトビコバチがりんご試殺菌剤園Cでは一挙に55.3%と高まって優占種となり、新城においても0%から11.1%の寄生率となつたことである。

このような現象はキンモンホソガトビコバチの移入による可能性よりも後述するように、本寄生蜂の休眠性の特性によるものとみなされる。新城では第2世代でヒメコバチ類の寄生率も高まり、ホソガサムライコマユバチと並んで優占種となつた。このように複雑な寄生蜂相を示したのは、山間地における粗放園の特徴とみなされる。また、この2園はいずれも粗放園であったこともあり、Pa指數が1.以上高い値を示していた。

第3世代では調査した3園ともヒメコバチ類が優占しており、次いでキンモンホソガトビコバチ又はホソガサムライコマユバチであった。ヒメバチ類は青森市白旗野だけで認められた。この場所は新城に近接し、環境条件も類似しているため、第2世代の新城同様に複雑な寄生

蜂相を保持していた。りんご試験場殺菌剤園ではPa指數が10.37と極めて高く、寄生蜂の優占種はヒメコバチ類であった。

第4世代はりんご試験場内の防除体系が異なる2園で重点的に調査したが、これについては別項で詳しく述べる。しかし前世代からの関連で殺菌剤園A及びCについて寄生蜂の動きをみると、いずれもPa指數が依然として高いのが目立つ。その構成はキンモンホソガトビコバチが圧倒的に多く、ヒメコバチ類とヒメバチ類が少しづつ混在し、かなり複雑な様相を呈していたが、ホソガサムライコマユバチの発生はみられなかった。

1968年の場合は第1～4世代の調査結果が第20表のようであった。第4世代以外は園別に得られた資料をそれ

第20表 第1～4世代における各種寄生蜂の寄生率（1968年）

		第1世代			第2世代			第3世代			第4世代	
		最低	最高	平均	最低	最高	平均	最低	最高	平均		
	調査園数			8			9			13	36	
一	生存幼虫率	0	— 47.7	10.4	0	— 21.5	4.6	4.0	— 33.1	17.0	17.2	
	蛹・成虫率	50.3	— 100	63.9	70.0	— 96.9	82.0	71.1	— 95.9	83.3	47.6	
般	寄生蜂による死亡率	0	— 16.9	5.8	0	— 19.7	6.0	0	— 6.0	1.4	13.9	
管 内 訳	トビコバチ	0	— 12.7	1.6	0	— 12.0	3.2	0	— 6.0	0.7	10.3	
	ヒメコバチ	0	— 12.9	4.2	0	— 16.2	2.8	0	— 6.0	0.7	4.0	
	コマユバチ	0	— 0	0	0	— 0	0	0	— 0	0	$\frac{0.7}{0.6}$	
理	不明死率											
園 内 訳	幼虫	0	— 38.2	10.7	0	— 4.1	1.2	0	— 8.7	3.4	21.5	
	蛹	0	— 13.3	5.6	1.1	— 30.0	7.4	0	— 10.8	4.4	3.8	
	不 在	0	— 11.9	3.1	0	— 20.1	3.4	0	— 20.9	6.2	7.9	
	寄主・寄生蜂指數	0	— 0.24	0.10	0	— 0.27	0.08	0	— 0.08	0.02	0.92	
	調査園数			6			5			5	16	
粗	生存幼虫率	0	— 17.9	6.8	0.4	— 25.3	14.2	10.9	— 44.8	23.5	9.6	
	蛹・成虫率	12.8	— 93.5	54.7	11.3	— 56.7	33.5	11.5	— 90.9	39.5	29.7	
放	寄生蜂による死亡率	3.0	— 74.6	21.7	26.8	— 86.6	49.8	0	— 68.4	33.5	28.7	
管 内 訳	トビコバチ	0	— 32.8	9.9	1.7	— 73.5	20.4	0	— 57.9	13.4	13.6	
	ヒメコバチ	0	— 41.8	11.8	9.3	— 55.7	25.4	0	— 44.2	19.0	11.1	
	コマユバチ	0	— 0	0	0	— 20.1	4.0	0	— 5.6	1.1	$\frac{2.8}{1.3}$	
理	不明死数										1.	
園 内 訳	幼虫	0.8	— 10.9	6.5	0	— 7.6	3.6	1.8	— 24.2	12.4	33.8	
	蛹	0	— 3.0	1.0	0	— 6.0	2.1	0	— 1.8	0.7	3.9	
	不 在	0	— 30.3	10.6	1.3	— 25.2	10.9	0	— 51.3	11.5	1.8	
	寄主・寄生蜂指數	0.06	— 5.83	1.14	0.47	— 7.66	2.67	0	— 2.99	1.35	3.7	

これらの死亡要因別に平均値と範囲をもって示している。

この場合も一般管理園と粗放園に区別したが、両者の間では蛹化率、寄生蜂による死亡率などで明らかな差が認められた。すなわち、蛹化率では各世代とも一般管理園で高く、特に第2、第3世代では80%を越す高い蛹化

率で、これらの世代では粗放園との差が30%以上あった。しかし、第1世代では一般園で64%、粗放園で55%と差は小さく、第4世代では一般園でも蛹化率40%台に低下したため、粗放園との差は15%程度であった。このような蛹化率の世代による変動は、殺虫剤の散布による影響

をよく反映したものということができる。

一方、寄生蜂による死亡率の変動は蛹化率と逆にすべての世代で粗放園において高い値を示した。すなわち、粗放園では第1世代で22%とやや低かったが、第2世代では50%と高まり、第3世代と第4世代は30%前後であった。これに対し、一般園では第4世代で14%を示したのを除けば、10%以下であった。寄生蜂のうち、主な種類はキンモンホソガトビコバチとヒメコバチ科のものであり、これら寄生蜂の寄生率が、各世代とも粗放園で一般管理園よりも低い値であった。このような寄生率の動きは一般管理園において殺虫剤散布の影響を示唆するもので、このことが逆に蛹化率の高まりを招いているとみなされる。

また、Pa指數は上記のような蛹化率と寄生蜂による死亡率の動きからみても明らかなように、粗放園で高く、一般管理園で低かった。すなわち、一般管理園では薬剤の影響を受けない第4世代で0.92とやや高かったが、他の世代は0.1又はそれ以下であった。これに対し、粗放園ではいずれの世代でも1以上であり、第4世代では3.7と特に高い値であった。

寄生蜂の出現園地割合でみると、第21表に示したように一般管理園では第1～第3世代でいずれの寄生蜂もまったく認められなかった園が4/4程度あったのに対し、粗放園では第3世代で1例あつただけである。しかし、第4世代では一般管理園の1園で寄生蜂が認められなかつた外はすべての園で少なくともいずれかの寄生蜂が認められた。また、寄生蜂の種類別ではキンモンホソガトビコバチの場合、第1世代で出現割合が低く、第2世代以降で高まり、特に第4世代で高かった。しかし、いずれの世代でも粗放園の方が一般園より出現割合が高かった。

ヒメコバチ科の寄生蜂はキンモンホソガトビコバチ同様、比較的出現頻度が高いが、第1世代で特に低い傾向はなく、また、第4世代で出現割合が高まる傾向は、その他

第21表 キンモンホソガトビコバチの各世代における寄生蜂の出現園地割合 (1968)

項目	一般管理園				粗放管理園			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
調査園数	8	9	13	36	6	5	5	16
寄生蜂全体	6	6	7	35	6	5	4	16
キンモンホソガトビコバチ	1	5	4	29	3	5	4	15
ヒメコバチ類	6	3	5	27	5	5	4	14
ホリガタムライコバチ	0	0	0	6	0	1	1	9
ヒメバチ類	0	0	0	18	0	0	0	7
Pa > 0.5	0	0	0	7	2	4	4	12

注： I～IVは世代を表す。

の世代で出現割合の低い一般管理園で認められた。コマユバチ科の寄生蜂は粗放園だけでみられ、特に第4世代で出現割合が高かった。ヒメバチ科の1種は第4世代だけでみられ、一般管理園、粗放園ともほぼ半数の園地で認められた。

次に、Pa指數が0.5以上を示した園地の出現割合をみると、一般管理園では第1～3世代では0であり、第4世代では36園中7園だけであった。これに対し、粗放園ではいずれの世代でも認められ、特に第2世代以降は高い頻度で現われた。

次に個々の園地別にキンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類、Pa指數について世代間の変動をみると第22表のようであった。すなわち、キンモンホソガトビコバ

第22表 寄生蜂2種の寄生率並びにPa指數の世代間変動

管理状態	場所	キンモンホソガトビコバチ				ヒメコバチ類				寄主・寄生蜂指數			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
一般管理	大根子	0	0	0	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0.05
	八幡崎	0	2.4	6.0	1.6	9.1	0	0	0.5	0.15	0.03	0.07	0.03
	後瀬	0	0	1.8	45.3	(2)	0	0	0	—	0	0.02	1.40
	碇ヶ関	12.7	—	0.9	7.1	4.2	—	0.3	1.3	0.24	—	0.01	0.11
	久吉A	32.8	1.7	7.4	4.5	0	1.7	1.9	0	5.83	0.02	0.02	0.05
粗放管理	蔵館	—	0.9	0	0	—	0.9	0.4	0.9	—	0.02	0.05	0.03
	境松	—	3.5	0	0.7	—	16.2	6.0	5.5	—	0.27	0.08	0.16
	松木平	0	—	0.5	4.8	12.9	—	29.6	22.8	0.17	—	0.81	1.05
	久吉B	16.2	1.7	7.4	4.5	41.8	32.3	44.2	46.0	0.24	0.69	1.35	3.61
放任	大沢迦	0	3.3	1.3	14.3	3.5	9.3	10.6	23.6	0.04	1.08	1.52	0.95
	高崎	0	73.5	57.9	1.6	5.6	13.1	10.5	14.6	0.06	7.66	2.99	32.40

チでは各世代とも5%以下の極めて低い寄生率で経過したところといずれかの世代で10%以上の寄生率を示したところがあり、前者には大部分の一般管理園が含まれた。また、後者は第1世代で特に高い寄生率を示した碇ヶ関、久吉A、Bの3園と逆に第4世代で高寄生率をみた後潟、大沢迦の2園が対照的であり、さらに両者の中間的な第2、第3世代で高寄生率となったところとして高崎があった。これら高寄生率を示したところの約半数は寄生率の激しい変動が認められた。全調査園地のうち第1世代からキンモンホソガトビコバチの寄生があったのは碇ヶ関と久吉A、Bの3園だけで、これらの園はいずれも山間地にあり、年間の有効温量が他の場所より少ないとみなされる場所に当る。

ヒメコバチ類では年間5%の低寄生率で経過したところが5園みられ、これはいずれも一般管理園である。中でも大根子と後潟では4世代ともまったく寄生を認めな

かった。一方、各世代とも高い寄生率で経過したところは高崎、松木平、久吉Bで、これらは粗放園又は放任園であった。また、ある世代で一時的に高寄生率を示したところとして八幡崎と境松があり、大沢迦では世代の進行と共に高まる傾向を認めた。しかし、ヒメコバチ類の寄生率における世代間の変動幅は全般にキンモンホソガトビコバチの場合よりも小さかった。

vi 寄生率の年次変動

次に、キンモンホソガトビコバチ寄生率とPa指数について園地ごとに1966年から1972年の間に少なくとも3年間調査を行った園地について、第4世代における年次変動をみると第23表のようであった。キンモンホソガトビコバチでは一般管理園の場合、猿賀、松木平、乳井、碇ヶ関、金木などで一時的に高い寄生率を示す例があったが、約6割の園では10%以下の寄生率で変動していた。

第23表 キンモンホソガ第4世代におけるキンモンホソガトビコバチ寄生率及びPa指数の年次変動

管理状態	場 所	キンモンホソガトビコバチ						Pa 指 数					
		1966	1967	1968	1969	1970	1972	1966	1967	1968	1969	1970	1972
一般園	尾上町猿賀	6.5	22.4	0.9	—	—	—	0.07	0.34	0.02	—	—	—
	八幡崎B	—	7.9	9.5	4.8	—	0	—	0.10	0.18	0.11	—	—
	A	—	—	1.6	2.0	—	0.6	—	—	0.03	0.03	—	0.28
平賀町唐竹	7.1	—	0	0	3.6	—	0.1	—	0.11	0.008	0.05	—	—
田舎館村大根子	—	—	0.3	0	0	—	—	—	0.005	0.01	0.005	—	—
りんご試(標準区)	6.5	3.3	0.6	5.3	—	0.3	0.08	0.09	0.31	0.20	—	0.17	—
弘前市松木平	43.5	—	4.8	—	—	10.2	0.88	—	1.05	—	—	0.12	—
	乳井	11.6	30.2	3.3	—	—	3.4	0.17	2.35	0.14	—	—	0.09
	小栗山	0	—	0	—	—	1.0	0.03	—	0	—	—	0.01
大鰐町駒木	7.7	0	0	0	—	0	0.09	0.02	0.03	0.02	—	0.09	—
碇ヶ関村碇ヶ関	14.1	1.1	7.1	10.3	—	9.7	0.22	0.01	0.11	0.13	—	0.17	—
	久吉A	3.4	5.6	2.5	0.6	—	0	0.09	0.13	0.05	0.02	—	0.04
浪岡町北中野	8.3	—	0	—	—	0	0.10	—	0.06	—	—	0.009	—
青森市新城A	2.6	—	0.4	1.1	—	—	0.19	—	0.10	0.37	—	—	—
金木町	4.0	3.2	—	24.8	—	0	0.05	0.08	—	0.51	—	0.05	—
粗放園	りんご試(殺菌剤園C)	—	49.4	61.2	69.9	—	54.7	—	3.76	4.53	14.96	—	1.98
	浪岡町大沢迦	3.1	6.1	14.3	12.8	—	—	0.35	0.21	0.95	0.24	—	—
	青森市新城B	8.2	5.8	10.5	—	33.8	27.1	0.62	0.07	1.60	—	1.67	0.55
	青森市雲谷	1.2	6.0	13.9	—	30.7	42.5	0.22	0.09	0.52	—	0.76	0.99
	後潟	7.3	35.6	45.3	35.4	—	42.0	0.12	0.62	1.40	11.42	—	1.10
	鰐ヶ沢町中村	37.8	—	—	—	76.6	33.3	1.02	—	—	—	9.77	0.73

一方、粗放園ではすべての園で10%を越えて変動し、特にりんご試Bでは49~70%の範囲で変動し、中村では33~77%で、後潟の1967年以降では35~45%の範囲で比較的高率安定型を示した。しかし、新城、大沢迦、雲谷などでは調査年次の前半で低く、後半で高まる傾向を示し、中村では0から76.6%の間で激しく変動した。

Pa指数についてみると、一般管理園では松木平、乳井及び金木で0.5を越えて変動したが、他の園地ではすべて0.5以下で動いており、0.1以下で変動している園が4例あった。粗放園では0.5を越えないような園地はみられず、特にりんご試Bでは、ほぼ2以上の値で変動し、1969年は15と最高の値を記録した。その他にトビコ

第24表 キンモンホソガ第4世代における死亡要因の圃場による違い

年次	場所	圃場別	生存蛹 (%)	寄生蜂(%)			死因不明(%)			Pa指数
				キンモンホソガ トビコバチ	ヒメコ バチ類	合計	幼虫	蛹	不 在	
1969	黒石市りんご試	A*	5.0	69.9	4.4	74.8	8.8	1.5	9.8	14.96
		B	66.5	0	5.0	5.0	17.7	5.4	5.4	0.08
		C	67.5	5.3	7.9	13.2	12.3	4.4	2.6	0.20
	尾上町八幡崎	A	66.9	2.0	0	2.0	13.9	7.3	9.9	0.03
		B*	51.5	4.8	0.8	5.6	13.0	25.5	4.3	0.11
		C	36.5	4.1	4.1	8.2	0	55.4	0	0.22
	平賀町唐竹	A	60.2	0	0.5	0.5	11.3	14.0	14.0	0.008
		B	28.5	26.5	11.3	39.3	12.0	2.6	16.6	1.38
	碇ヶ関村久吉	A	56.4	0.6	0.7	1.3	16.2	7.5	18.5	0.02
		B*	4.9	14.7	33.3	48.0	24.5	7.0	15.4	9.80
	田舎館村大根子	A	34.3	0	0.4	0.4	41.4	9.6	14.3	0.01
		B*	56.7	0.2	0.2	0.4	4.9	26.0	12.0	0.007
	浪岡町大釈迦	A	57.6	12.8	1.1	13.9	0	12.8	13.8	0.24
		B*	5.5	1.0	1.5	2.5	44.3	3.0	44.8	0.45
		C*	39.9	0.7	1.7	4.9	34.7	3.2	19.5	0.12
	青森市後瀬	A	43.7	6.1	0.6	7.9	26.3	4.3	15.9	0.18
		B**	3.1	35.4	0	35.4	0	0	46.2	11.42
	三戸町三戸	A	65.6	5.2	0	5.2	—	29.2	—	0.08
		B	71.3	4.2	0	4.2	—	23.3	—	0.06
1970	平賀町唐竹	A	90.5	3.6	0.5	4.1	1.4	2.3	1.8	0.05
		B	81.7	6.4	0.4	6.8	5.6	2.0	4.0	0.08
		C	88.2	7.1	1.2	8.3	0.8	1.6	1.2	0.09
	尾上町八幡崎	A	75.2	0	4.7	4.7	0.6	2.9	16.5	0.06
		B*	60.5	2.4	4.8	7.2	0.4	1.6	30.2	0.12
		C	36.5	21.8	3.8	27.5	2.3	9.0	24.8	0.75
	田舎館村大根子	A	91.9	0	0.5	0.5	0	6.3	1.4	0.005
		B*	85.1	0	3.7	3.7	1.2	2.5	7.4	0.004
	田舎館村諏訪堂	A	97.1	1.0	0	1.0	0.5	1.4	0	0.01
		B*	97.1	0	0	0	0	1.0	1.9	0
	青森市新城	A*	32.0	28.1	25.2	62.4	4.2	1.3	0	1.92
		B*	24.3	33.8	0	40.7	4.6	1.0	29.3	1.67
	青森市雲谷	A	54.5	14.1	16.3	30.9	1.8	2.7	10.0	0.57
		B**	27.0	37.3	1.9	44.3	1.9	1.4	25.4	1.64

注： * は粗放園、 ** は放任園、 他は一般管理園

バチの高い寄生率を認めた後渕、中村などでも10前後の高い値まで変動した。

VII 同一地点内の園地間差

1969年には20地点について密度調査をしたが、そのうち、8地点については2~4圃場を調査できたので、第24表にあげた地点における園地間の違いについて述べる。このうち、同一地点で一般管理園と粗放園の両方を調査できたのは、りんご試、久吉、大根子、大糀迦、後渕で、八幡崎、唐竹、三戸は一般管理園だけである。管理の良否による死亡の差異は明らかに認められ、粗放園では一般に生存蛹の比率が低く、寄生蜂による死亡や不明死が高い傾向があった。粗放園における寄生蜂の中ではキンモンホソガトビコバチがりんご試と後渕で、ヒメコバチ類が久吉で高い寄生率を示し、これらの圃場ではPa指数が10又はそれ以上の高い値であった。しかし、粗放園でも大根子と大糀迦では有力な寄生蜂がみられず、特にキンモンホソガトビコバチの密度が1%以下の低い寄生率であった。

一般園だけで調査した地点でも唐竹のように園地によ

りかなり異なった死亡を認めた例もあったが、一般にはどの園でも寄生蜂の寄生率が低く、Pa指数が0.3以下のところがほとんどであった。唐竹Bは例外的にキンモンホソガトビコバチ及びヒメコバチ類の寄生率が比較的高く、Pa指数も1.38を認めた。この園はすぐそばにある唐竹Aとは異なった散布体系をとっていた。このように一般管理園でも散布体系が異なる場合はキンモンホソガの死亡要因及び死亡率にも大きな違いがあることが分かった。

VIII 一次伸長葉と二次伸長葉における違い

越冬世代では同じ新梢の中でも一次伸長葉と二次伸長葉で、キンモンホソガの密度に差が認められ、一般に二次で高密度である。しかし、両者での寄生蜂による寄生率や蛹の生存率に差があるかどうかはあまり検討されていない。ここでは4園において一次葉と二次葉についての分解調査を実施し、その結果を第25表に示した。すなわち、蛹の生存率、寄生蜂による寄生率、Pa指数とも園地によって異なり、一定の傾向がみられなかった。しかし、八幡崎Aではキンモンホソガトビコバチの寄生率

第25表 リンゴ樹の1次及び2次伸長葉におけるキンモンホソガ生存率並びにその寄生蜂による寄生率

場所	キンモンホソガ 生存蛹		キンモンホソガ トビコバチ		ヒメコバチ類		幼虫不明死		不在		Pa指數	
	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次	1次	2次
尾上町八幡崎 A	75.3	58.8	0	13.2	4.7	17.3	0.6	1.1	16.5	6.6	0.06	0.56
" " B	60.5	69.9	2.4	13.1	4.8	2.3	0.4	0	1.6	2.3	0.12	0.25
" " C	36.5	60.6	21.8	4.1	3.8	2.9	2.3	2.4	9.0	2.4	0.75	0.12
青森市雲谷 A	54.5	47.4	14.1	30.7	16.3	2.1	1.8	0.4	10.0	14.5	0.57	0.76

が一次で0%、二次で13.2%と差が大きく、ヒメコバチの寄生率も二次で高かった。これに対し、八幡崎Cではキンモンホソガトビコバチの寄生率が一次で21.8%，二次で4.1%と八幡崎Aの場合とまったく逆で、大きな差がみられた。寄生蜂の寄生活動はかなり集中的に行われることも考えられるので、抽出数や方法を吟味して、さらに精度の高い調査が必要である。

IX 蛹の奇形

1972年越冬世代の調査で38園中24園で蛹の奇形が確認され、園ごとの奇形蛹率は平均1.08%で、弘前市鬼沢では最高の9.2%であった。この場合の鬼沢における葉当たり潜孔密度は0.1と低く、また、鬼沢に次いで高い奇形率を認めた妙堂崎、森田でも葉当たり密度がそれぞれ0.01以下、0.18と低かった。このような状況からみて奇形の出現は殺虫剤の散布、リンゴ葉の餌としてあるいは生活

空間としての質的変化に何らかの関連があると考えられる。

考 察

キンモンホソガの死亡要因の実態を調査した事例はいくつか報告されている（豊島 1958, 高橋・成田 1963, 山田ら 1970, 氏家 1976a, 1980, SEKITA & YAMADA 1979）。これらの報告によると死亡要因は寄生や捕食によるものが主で、外に共食いや原因不明の死亡を認めている。中でも寄生蜂はキンモンホソガの最も高い死亡率をもたらす要因となっており、同様の傾向はリンゴ樹を食草とする他の *Phyllonoryctera* 属の種でも認められている（POTTINGER & LELOUX 1971, MAIER 1984, VAN DRIESCHE & TAUB 1983, BALÁZS 1984）。氏家（1976, 1980）はキンモンホソガ及びその二次寄生蜂として日本各地から5科37種を確認し、そのうち、青森県からは4

科16種を認め、その大部分はヒメコバチ科に属するものであった。本調査では5科23種の寄生蜂を認め、その78%がヒメコバチ科の種であり、すべて氏家が全国から記録した種の範囲に含まれている。第26表に示したように

リンゴ樹寄生の *Phyllonoryctera* 属に寄生する寄生蜂の種構成は世界的にみてもヒメコバチ科の種が圧倒的に多く、この属における一般的な特性とみなされる。なお、キンモンホソガの発育段階別にみた死亡要因については

第26表 リンゴ樹を寄主とする *Phyllonoryctera* spp. の寄生蜂の種類

寄 生 蜂 の 種 類	文 献
Ichneumonidae	
<i>Phygadeuon</i> sp.	氏家 ('76, '80)
<i>Scambus planatus</i> HALTIG	氏家 ('76, '80)
<i>Scambus</i> sp.	MAIER ('82)
<i>Gelis</i> sp.	MAIER ('84)
Braconidae	
<i>Apanteles ornigis</i> WEED (= <i>Photetes ornigis</i> (W.))	MAIER ('82, '84), WEIRES et al ('80), POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>A. bicolor</i> NEES (= <i>A. pedias</i> NIXON)	CELLI ('64), BALÁZS ('84), PETROVA ('70)
<i>A. arsiba</i> NIXON	PETROVA ('70)
<i>A. circumscriptus</i> (NEES)	PETROVA ('70)
<i>A. laevigatus</i> RATTZ	CELLI ('70)
<i>A. lautellus</i> MARSH	CELLI ('70)
<i>A. kuwayamai</i> WATANABE	氏家 ('76, '80)
Pteromalidae	
<i>Pteromalus (Habrocytus)</i> sp.	氏家 ('76, '80), PETROVA ('70)
<i>Trichomalus</i> sp.	MAIER ('84)
Encyrtidae	
<i>Holcothorax testaceipes</i> RATTZ	氏家 ('76, '80), BALÁZS ('84)
<i>Bothriothorax olavicornis</i> DALM	BALÁZS ('84)
Eulophidae	
<i>Simpiesis sericeicornis</i> (NEES)	BALÁZS ('84), CELLI ('64, '70), PETROVA ('70), 氏家 ('76, '80)
<i>S. gordius</i> (WALK.)	BALÁZS ('84), CELLI ('64), PETROVA ('70)
<i>S. gregori</i> BOUCK	BALÁZS ('84),
<i>S. albiscapus</i> ERD.	BALÁZS ('84)
<i>S. acale</i> (WALK.)	BALÁZS ('84), 氏家 ('76, '80)
<i>S. bimaculatipennis</i> (GIRANLT)	MAIER ('82, '84), WEIRES et al ('80), POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>S. conica</i> (PROVANCHER)	MAIER ('82, '84), WEIRES et al ('80)
<i>S. marylandensis</i> GIRAULT	MAIER ('82, '84), WEIRES et al ('80), POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>S. nigripes</i> ASHMEAD	POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>S. laevifrons</i> KAMijo	氏家 ('76, '80)
<i>S. ringonietiae</i> KAMijo	氏家 ('76, '80)
<i>S. sp.</i>	氏家 ('76, '80)
<i>Colpoclypeus florus</i> (WALK.)	氏家 ('76, '80)
<i>Pnigatio longulus</i> ZETT.	BALÁZS ('84)
<i>P. agraulis</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>P. smirinthisida</i> BOUCEK	BALÁZS ('84)
<i>P. soemius</i> (WALKE)	BALÁZS ('84)
<i>P. pectinicornis</i> (L.)	BALÁZS ('84)
<i>P. maculipes</i> (CRAWFORD)	BALÁZS ('84)
<i>P. minio</i> (WALKER)	MAIER ('82, '84), WEIRES et al ('80), POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>P. sp.</i>	MAIER ('82)
<i>Achrysocharoides gahani</i> (MILLER)	MAIER ('82)
<i>A. atys</i> WALK.	MAIER ('84)
<i>A. spp.</i>	BALÁZS ('84)
<i>Chrysocaris albipes</i> ASHMEAD	氏家 ('80), PETROVA ('70)
<i>C. ujiyei</i> KAMijo	氏家 ('76, '80)
<i>C. nephereus</i> (WALK.)	氏家 ('76, '80)
<i>C. prodice</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>C. amarus</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>C. orchestis</i> (RATTZ)	BALÁZS ('84)
<i>C. novellus</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>C. laomedon</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>C. niveipes</i> THOMS.	BALÁZS ('84)

<i>C.</i>	<i>cilla</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>C.</i>	<i>nitetis</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>C.</i>	spp.	氏家 ('80), MAIER ('82, '84), CELLI ('64), POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>Horismenus fraternus</i> (FITCH.)		MAIER ('82, '84), POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>Achrysocharella formosa</i> WESTW.		CELLI ('70)
<i>Pediobius saulius</i> WALK.		PETROVA ('70)
<i>P.</i>	sp.	氏家 ('76, '80)
<i>Cotterellia japonica</i> KAMIJO		氏家 ('76, '80)
<i>Closterocerus trifasciatus</i> WESTWOOD		氏家 ('80), CELLI ('64, '70)
<i>C.</i>	sp.	MAIER ('82, '84)
<i>Tetrastichus eucus</i> (WALK.)		BALÁZS ('84)
<i>T.</i>	<i>galactopus</i> (RATZ.)	BALÁZS ('84)
<i>T.</i>	<i>amethystinus</i> RATZ.	CELLI ('64)
<i>T.</i>	spp.	POTTINGER & LE ROUX ('71), 氏家 ('80)
<i>Stenomesius japonicus</i> ASHMEAD		氏家 ('76, '80)
<i>Elachertus inunctus</i> NEES		氏家 ('76, '80), BALÁZS ('84)
<i>E.</i>	<i>artaeus</i> (WALK.)	BALÁZS ('84)
<i>Cirrospilus lyneus</i> WALKER		氏家 ('76, '80), BALÁZS ('84)
<i>C.</i>	<i>vittatus</i> WALKER	氏家 ('80)
<i>C.</i>	<i>diallus</i> WALKER	氏家 ('80), CELLI ('64)
<i>C.</i>	<i>talitzkii</i> B.	PETROVA ('70)
<i>C.</i>	<i>pictus</i> N.	PETROVA ('70), CELLI ('64)
<i>C.</i>	<i>cinctithorax</i> GIRAUT	POTTINGER & LE ROUX ('71)
<i>C.</i>	spp.	MAIER ('82, '84), 氏家 ('76, '80)
<i>Zagranosoma multilineatum</i> ASHMEAD		POTTINGER & LE ROUX ('71)
Elasmidae		
<i>Elasmus westwoodi</i> G.		PETROVA ('70)
Eupelmidae		
<i>Eupelmella vesicularis</i> RATZIUS		POTTINGER & LE ROUX ('71), MAIER ('84)

注： *Epilampsis* sp. (POTTINGER & LE LOUX 1971), *Kratochviliana* sp. (BALÁZS 1984, CELLI 1964) はに準じて *Chrysocaris* spp. に含めた。

この後で詳しく述べるので、ここでは死亡の実態という観点から 2, 3 の考察を試みる。

青森県におけるキンモンホソガの天敵として最も注目されるのはキンモンホソガトビコバチである。この種は従来より寄生率の高い寄生蜂として知られており（西谷 1916, 豊島 1958），また、近年においても日本国内のほとんどのりんご栽培地域で高い寄生率を示している（広瀬 1961, 高橋・成田 1963, 菅原ら 1963, 津川ら 1967, 山田ら 1977, 氏家 1976, 1980）。しかし、本調査で明らかなように最近における一般園ではほとんど寄生を認めない例も多くなり、これは殺虫剤散布の影響とみなされ、キンモンホソガ多発と無縁ではないものと考える。今後、本寄生蜂による寄生率の変化に対しても注目して行く必要があり、その観点からもこの実態調査の意義は大きいと考える。なお、キンモンホソガトビコバチはハンガリーでも *Phyllonoryctes blancardella* の有力な寄生蜂として知られている（BALÁZS 1984）。ホソガサムライコマユバチは青森市など 2, 3 の放任園や粗放園において高い寄生率を認めたが、一般管理園ではほとんど寄生を認めなかった。しかし、コマユバチ科の *Apanteles bicolor* NEES, *Apanteles laevigatus*

Ratz. などは歐州で、*Apanteles ornigis* WEED は北米大陸でそれぞれりんごの *Phyllonoryctes* 類に高い寄生率を示すことが知られている（CELLI 1970, PETROVA 1970, POTTINGER & LE ROUX 1971, BALÁZS 1984, MAIER 1984）。ホソガサムライコマユバチも殺虫剤の使用を制限した害虫管理体系の中ではむしろ有力な寄生蜂となりうるのではないかと想われる。

次いでヒメコバチ科の中で比較的寄生率が高く、出現頻度の高かったものとして *Sympiesis laevifrons* がある。本種は青森県内に広く分布し、完全な放任園よりもやや粗放な管理をしているところで高い寄生率を示した。これはキンモンホソガトビコバチ、ホツガサムライコマユバチなどの寄生蜂との競争があるためではないかと考えられる。欧州の *P. blancardella* では *Sympiesis sericeicornis* が有力な寄生蜂と記録されている（CELLI 1970, BALÁZS 1984）。日本でも東山、東海地方など暖地のりんご園では高い寄生率を示すが、北日本では低い寄生率であり（氏家 1980），青森県においてもその分布を確認できたものの高い寄生率のりんご園は認めなかった。また、カナダやアメリカでは *Sympiesis marylandensis* が高い寄生率を示す（WEIRES 1980, MAIER

1982, 1984)。このように *Sympiesis* の中の優占種が地域により異なる事実は地理的な隔離を除けば主に気候的な相違に基づくものと考えられる。

Pnigalio sp. はヒメコバチ科の中では *Sympiesis laevifrons* に次いで高い寄生率を認めた。本種の寄生率が高まる要因についてはまだ不明であるが、本種がギンモンハモグリガにも寄生できることと関連ある可能性がある(川嶋・山田 1982)。*Achrysocharoides* sp. のように山間地で局部的に高寄生率を示す例はリンゴ以外の樹種に寄生するホソガ類と交流できるような環境条件が関係あると考えられる。

以上のように寄生蜂の中ではキンモンホソガトビコバチ、*Sympiesis laevifrons*、*Pnigalio* sp. などが青森県の一般園場で優位を占めているが、キンモンホソガの総合防除を推進する際の素材としては放任園や粗放園に残されている天敵にも注目すべきであり、ホソガサムライコマユバチ、*Achrysocharoides* sp. なども見逃すことができない。また、その後の防除体系の変化によってこれら寄生蜂の優占種も変化する可能性が大きく、今後のキンモンホソガの密度変動と共に注目して行く必要がある。

次にキンモンホソガの捕食者はこの調査ではすべて潜孔の形状や幼虫の死骸など捕食を受けた後の状況から推測したため、捕食者の種を確定することは困難であった。しかし、捕食後の潜孔の状態などから、鳥、狩蜂、吸収性昆虫などの存在が推定される。いずれにしても、多くの一般園では捕食者による死亡がごく少ないものであり、発生動態の主要因とはなり難いと考える。しかし、一部の放任園や粗放園では無視できない場合もあり、そのような場所での変動解析には注意を要する。

幼虫の不明死はその取扱いが難しい例が多い。すなわち、調査時の潜孔の状態から死亡時の発育程度は推定できるが、調査時点でそれら死亡要因を判別することは困難な例が多いからである。しかし、通常の防除を行っている園では寄生蜂や捕食者が一般に少く、そのような条件下で認められる TF の不明死はほぼ農薬によるものとみなすことができる。農薬による影響は薬剤の種類によって大きく変わるので厳密には農薬の散布経過と対比して推定すべきである。

次にキンモンホソガの死亡が世代、栽培管理などによって変っているかどうかについて検討する。

I 世代による死亡要因の差異

多化性昆虫の場合、世代により特有の死亡要因が働くことがありうる。キンモンホソガでも越冬世代では特に他の世代と異った要因が作用するが、そのうち、越冬期

については別の項で述べることにする。さて、寄生性昆虫のうち、世代によって寄生率が著しく変るものとして、第1世代に対するキンモンホソガトビコバチと第4世代における *Scambus planatus* があり、前者は場所によって第1世代にまったく寄生を認めないので、この原因は別項で述べるように蜂の休眠性の差に負うものと考えられる。後者は第4世代にのみ寄生を認め、他の世代ではあまり寄生がないもので、これは他の例でも報告されているように寄主転換を行っているためと考えられる(氏家 1976a)。その他の寄生蜂では一般に第1世代と第4世代で寄生率の高まる例が多く、これは恐らく殺虫剤散布の前と後という背景に負うとみられ、他に第1世代では越冬期における寄主の密度低下に伴う相対的な寄生率の高まりもあると考えられる。一方、捕食者の中で、チビドロバチはその羽化時期から考えて、キンモンホソガの第1世代には間に合わず(山田 未発表)また、第4世代でも活動数が減少するので、これらの世代における捕食は少ないと考えられる。

次に寄主植物の落葉や摘葉における死亡は第4世代で多いとみなされる。放任園や粗放園では8月ころからいろいろな原因で落葉が多くなり、そのため、第3世代でも大きな影響を受けることがある。カナダの *P. blanchardella* では風による落葉を死亡要因としてあげている(POTTINGER & LE ROUX 1971)。我が国では台風時を除いて、風による落葉は少なく、褐斑病、斑点落葉病、ハダニの加害などによって起る落葉が主体である。また摘葉は果実の着色を促進するための作業として行うもので、9月中旬～10月上旬に実施され、キンモンホソガが第4世代の SF から蛹までの期間に当る。摘葉された葉の幼虫はほとんど死するが、蛹化直前の幼虫、前蛹、蛹はあまり影響を受けないので、摘葉の時期によって死亡率に与える程度は変わる。しかし、摘葉率は一般にごく低いものであり、また、この後の越冬期に強力な死亡要因が働いて高い死亡率を伴うため、この程度の摘葉が翌年の第1世代発生密度に強く関与することはあまりないと考えられる。

II 栽培管理と死亡要因

栽培管理がキンモンホソガの生存過程に与える影響は直接的なものと間接的なものが考えられる。すなわち、直接的なものとしては農薬散布が最も大きく、これは農薬の種類によって影響度に大きな違いがある。しかし殺虫剤による TF や蛹に対する影響は SF、卵、成虫などに対する影響に比較して小さく、このため防除適期は成虫期から SF の多い時期とされている。(氏家 1969, 1973, 青森県りんご課 1984, 山田 1979, 1984)。また農

薬散布の二次的な影響として、寄生蜂や捕食者を殺すことがあげられる。キンモンホソガトビコバチは現在青森県のりんご園で常用されているほとんどの殺虫剤に対して、極めて高い感受性を示す（菅原 1969, 氏家・若公 1970, 山田・川嶋 1983）。しかし、最近カナダのりんご園では *P. blancardella* がある種の有機りん剤に抵抗性を獲得した例（PREE et al. 1980）やその有力な寄生蜂である *Apanteles ornatus* WEED. に対して寄主よりも感受性の低い殺虫剤のあることが知られ（HAGLEY et al. 1981），散布体系だから、発生動態に与える影響を推定することが困難な場合もある。農薬散布の間接的な影響として、今ひとつ重要なのは、殺菌剤散布による葉の保護効果として落葉率を低下させ、落葉時期を遅らせることがある。これにより、第4世代の生存率は飛躍的に高まる。一方、無散布園では落葉が8月ごろから起こり、10月にはごく少数の葉しか残っていない。このような場合、キンモンホソガは残っている葉に集中的な産卵を行い、そこでは密度依存的な共食いが激しくなるため、TFに対する寄生蜂の比率が高まって、寄生率が急増し、密度の低減が起こりうる。

散布以外の栽培管理で樹上のTF又は蛹に与える直接的な影響は前述の摘葉位であり、発生動態解析上あまり

問題とならないものとみなされる。

iii 死亡要因の地域差

青森県内のりんご栽培地は奥羽山脈の西と東に大きく分けることができ、西側の津軽地方は東側の南部地方と比較して冬期に積雪が多く、夏期の温量がやや多い（三上 1977）。りんご栽培面積の比率は津軽地方で88.6%，南部地方で11.4%である。（青森県りんご課 1984）。しかし、東西による死亡要因の違いは越冬期を除くとあまり認められず、キンモンホソガトビコバチの第1世代に対する寄生率が南部地方でやや高い傾向がみられる程度である。また、標高や地形により平野、台地、傾斜地、山間地などに区別できるが、ここでは山間地を林地などに囲まれた小集団のりんご園とみなすこととし、それ以外は、いずれも集団栽培地として取り扱った。生存過程の中で集団栽培地と山間地の間で差の目だったものは寄生蜂の種構成であり、そのような違いの原因については先に述べたとおりである。次に山間地のうちでも標高の高いところでは温量の差に伴う発生時期並びに発育の遅延がみられ、これが越冬世代での生存率に影響を与えていた可能性が認められた。

IV 生命表の作成とその事例

害虫の発生動態を解析する上で、生命表の作成は極めて重要な作業の一つである。しかも、キンモンホソガのような多化性の昆虫では、世代による生命表の差異を考慮しなければならぬので、全世代にわたって生命表を作成して検討する必要がある。同じ多化性の害虫でもハダニやアブラムシのように世代の進行により齢構成が安定するものでは、発生動態解析に別な手法を応用できる（志賀1970, PIELOU 1974）。キンモンホソガは年間4～5世代を経過し、齢構成の安定化までは至らず、一般に部分的な世代の重なりを生ずる。このような昆虫では生命表作成が非常に困難であるが、キンモンホソガでは一旦産卵されるとその直下に潜孔を形成し、羽化までその中で生活するため、1回の標本抽出で、成虫期を除いた1世代の生存過程を知ることが可能である。しかし、発育の初期においては潜孔の融合や共食いによる種内競争があるため、羽化終了時だけの調査ではそれらの原因による死亡を見落すおそれがあり、また、卵数の確認も他の個体の潜孔上に産まれたりすると難しい。このため、世代の初期に1回、後期に1回抽出する程度の調査で簡単に生命表を作成するよう試みることとした。

調査方法

i 卵期における密度推定と死亡要因

1975年にりんご試無散布園にあるりんご樹の枝を直径70cm、長さ80cmの寒冷紗の網で囲い、その中に第2世代成虫を多数放して産卵させた。翌日網を除去し、被覆期間中に産み付けられた卵に目印をつけ、これらの卵について生死を追跡調査した。網は夕方にかけ、翌朝に除去し、網かけ前に産付されていた卵並びに幼虫は別に目印をしておいた。別に第3世代を対象として7月23日から8月16日までの期間、3日間隔で、デリシャス系品種及びふじの新梢を4本ずつ採集し、室内で、それに着生する全葉についてキンモンホソガの卵と幼虫の生死別個体数を調査した。毎回の調査葉数は100～150枚であった。

ii 生命表の作成

1973年にりんご試一般管理園において次のような調査を実施した。

(i) 各世代のTF個体がみえ始める時期に、第1世代では果そう、第2世代以降では新梢中位葉を任意に抽出した。抽出葉は実体顕微鏡下で観察しながら発育段階別

第30表 黒石市福民におけるキンモンホソガの後期死亡 (1973)

項目	第1世代	第2世代
調査月日	6月28日	8月3日
調査葉数	205	210
潜孔数	284	535
T F	23	172
生存虫	0	36
死虫	23	136
ヒメコバチ	4	119
トビコバチ	3	1
捕食 A *	2	0
捕食 B **	0	0
不明	14	16
前蛹	18	1
生存虫	0	0
死虫	18	1
ヒメコバチ	3	0
不明	15	1
蛹	16	33
生存虫	12	25
死虫	4	8
ヒメコバチ	1	0
ヒメバチ	0	0
奇形	0	0
不明	3	8
成虫	227	329
T Fの密度 (100葉当り)	43.7 ± 2.6	89.6 ± 5.3

注: * 潜孔破壊による捕食。 ** 吸収による捕食。

が可能である。

一方、T F以降の死亡過程は第Ⅲ章で各地産のもので調査したと同様にテント型潜孔の分解によってほぼ追跡することができた。すなわち、第1世代、第2世代共に、調査時点では生存虫の84~95%が羽化終了しており、S Fで起ったような生存虫の取扱いによる誤差はごく小さいとみなされる。この際、それぞれの発育段階における死亡率はT F、前蛹、蛹、成虫について、それぞれT F死亡/(T F死亡+前蛹+蛹+成虫)、前蛹死亡/(前蛹死亡+蛹+成虫)、蛹死亡/(蛹死亡+成虫)、成虫死亡/(成虫死亡+羽化脱出虫)によって求めた。また、それぞれの発育段階内の要因別死亡率については、死亡要因の作用する時期の早晚を区別できないため、その発育段階内では同時に作用するものとみなした。

分解調査における死亡要因や死亡時の発育段階は潜孔内に残されている遺留品によって多くの場合判定が可能である。ところで、テント型潜孔の園内密度は、標本抽出によって推定したものであり、平均密度はその標準誤

差と共に表示した。

さて、これらの調査資料を基にして生命表を作成したところ、第31表及び第32表のようになった。ここで生存

第31表 黒石市福民におけるキンモンホソガ第1世代の生命表

発育段階	生存虫	死亡要因	死亡率	
卵	1000	103.0 ± 17.3 不明	(0.001) 0.001	
S F	999	102.0 共食 不明	0.428 0 0.428(0.019)	
T F	571	43.7 ± 2.6 (100.1)	(0.081) ヒメコバチ科 キンモンホソガヒコザ 捕食A 捕食B 不明	0.014 0.011 0.007 0 0.049
前蛹	525	40.2 (92.0)	ヒメコバチ科 不明	0.069 0.058
蛹	489	37.4 (85.7)	ヒメコバチ科 奇形 不明	0.017 0.004 0 0.013
成虫	481	36.8	脱出失敗	(0) 0
脱出成虫	481	全死亡	0.644(0.183)	

虫(ℓ_x)の初期密度は100葉当たり平均密度と1,000個体とした場合の両方で示した。卵の密度調査結果から、その後の生存率を加味して求められるT Fの初期密度と後日の調査で得たテント型潜孔の密度とは一致しないことがある。これは、標本抽出による誤差の範囲を超えることもあり、また、一般にはテント型潜孔>卵となる例も少くない。これは理論上矛盾する。このような矛盾は卵密調査時における卵の見落しによるものと考えられる。このため、生命表作成にあたって、100葉(花そう)当たりの密度として ℓ_x を表わす場合には、テント型潜孔密度を基準として、S F及び卵の生存率を加味し、卵及びS Fの初期密度を逆算することとした。しかし、中には第31表に示した第1世代の場合のように密度調査の結果で卵>テント型潜孔でありながら、卵及びS Fの死亡要因調査結果からは説明できないような事例もある。この場合は、卵密度調査時からテント型潜孔調査時の間で花そう基部葉の落葉が起っており、これが花そう基部葉に多く寄生するこの世代のテント型潜孔密度を減じたとみな

第32表 黒石市福民におけるキンモンホソガ第2世代の生命表

発育段階	生存虫	死亡要因	死亡率
卵	1000 (168.4)	46.0 ± 3.1 不明	0.022
S F	978	164.7 共食 不明	(0.456) 0 0.456
T F	532	89.6 ± 5.3 ヒメコバチ科 キンモンホソガヒコサ 捕食A 捕食B 不明	(0.316) 0.241 0.002 0 0 0.073
前蛹	364	61.3 ヒメコバチ科 不明	(0.003) 0 0.003
蛹	363	61.1 ヒメコバチ科 奇形 不明	(0.024) 0 0 0.024
成虫	354	59.6 脱出失敗 全死亡	(0) 0 0.625

される外、卵密度調査後、テント型潜孔形成に至る間に殺虫剤散布が行なわれ、それによって多くのS Fが死亡したと考えられた。このため、第31表では「S F初期密度—テント型潜孔密度」をS Fの総死亡率とみなし、それよりさらにS F死亡要因調査で得られた死亡分を差し引いた残りを原因不明の死亡として補正した。

ところで、得られた生命表の内容をみると、この圃場では第1世代の場合、S Fの不明死が最も高い死亡率を示し、S FからT Fにかけて密度の低下が著しい。これは、落花10日後ごろの殺虫剤散布の影響とみなされる。次いでT F、前蛹などの不明死が多く、寄生蜂など生物的要因による死亡は少ない。これは一般散布を行っている園での特徴的生命表とみなすことができる。この傾向は第2世代の生命表においてもほとんど変らず、T Fのヒメコバチによる寄生率が若干高まった程度である。つまり、一般散布園では殺虫剤の影響が非常に強く、そのため、殺虫剤の種類や散布時期によるキンモンホソガの死亡率の変化によって、世代内の生存率が大きく変り、密度変動を激しくする恐れがある。

iii 粗放な管理をしている2,3現地園場における生命表

1976年と1977年に山間地にあって粗放な管理を行ってい

第33表 キンモンホソガ越冬世代樹上葉の生命表(1) (1976)

発育段階	死亡要因	原子	金木	飯詰	大駿迦	弥生	川原平
		lx 100 dx	lx 100 dx	lx 100 dx	lx 100 dx	lx 100 dx	lx 100 dx
T F		1000 (362)	1000 (505)	1000 (500)	1000 (1217)	1000 (293)	1000 (390)
	ヒメコバチ	8.3	37.2	43.0	34.5	28.3	0.3
	トビコバチ	7.2	17.4	0.4	0.1	11.6	21.3
	ヒメバチ	0.3	1.4	0.8	0.3	2.7	9.1
	コマユバチ	0	2.0	0.2	0	0	1.1
	捕食	0.6	0.2	} 21.3	} 15.5	1.2	0
	不明	20.2	31.1			26.0	44.8
	計	36.5	89.3	65.7	50.3	69.8	76.5
前蛹		635	107	343	344	302	235
	ヒメコバチ	0	0	0	0	0	0
	不明	0	0	0	0.4	0	3.5
	計	0	0	0	0.4	0	3.5
蛹		635	107	343	344	344	227
	ヒメコバチ	0	0	0	0	3.2	0
	ヒメバチ	0	0	0	0	0	1.2
	奇形	} 16.2	9.4	} 3.0	} 12.2	} 17.5	12.0
	不明		1.9				
	計	16.2	11.3	3.0	12.2	20.7	18.1
越冬蛹		532	95	333	332	240	186
	全死亡(%)	46.8	90.5	66.7	56.5	76.0	81.4
採集月日		10月26日	10月26日	10月26日	10月26日	10月17日	10月27日
備考		幼木粗放園	成木粗放園	若木粗放園	一般管理	粗放園	無散布園

注: () は調査数

る園を主体にTF以降の生命表を作成したが、そのうち、1976年は越冬世代について調べたものでは第33、34表のようであった。すなわち、いずれの地域でもTFでの死亡率が最も高く、死亡要因が多岐にわたるほか、園地によ

る差も大きかった。次いで蛹の死亡率が高く、その死亡要因はほとんど奇形または不明によるものであった。TFの死亡要因のうち、寄生蜂による死亡が大部分の場所で多く、寄生蜂の優占種は地域により差がみられた。す

第34表 キンモンホソガ越冬世代の樹上葉における生命表(2) (1976)

発育段階	死亡要因	碇ヶ関A *	碇ヶ関A	碇ヶ関B	湯の沢
		$\ell x 100 dx$			
TF		1000 (537)	1000 (1030)	1000 (559)	1000 (504)
	ヒメコバチ	47.9	47.2	30.7	9.1
	トビコバチ	24.7	20.2	48.9	56.0
	ヒメバチ	0	0	0	0
	コマユバチ	0	0	0	0
	捕食	9.5	0.3	0	0
	不明	5.6	31.0	5.8	9.5
	計	87.7	98.8	85.4	74.6
前蛹		123	12	146	254
	ヒメコバチ	3.3	0	0	0
	不明	0	11.1	0	0
	計	3.3	11.1	0	0
蛹		119	11	146	254
	ヒメコバチ	11.1	0	0	0
	ヒメバチ	0	0	0	0
	奇形	0	0	0	0
	不明	1.9	20.0	2.0	2.0
	計	13.0	20.0	2.0	2.0
越冬蛹			9	143	249
成虫		104			
全死亡 (%)		89.6	99.1	85.7	75.1
採集月日		8月26日	10月2日	10月2日	10月2日
備考		粗放園	粗放園	粗放園	放任園

注: * は第3世代、() は調査数

なわち、ヒメコバチ科のものが多かったのは金木、飯詰、大沢迦、弥生、碇ヶ関Aであり、キンモンホソガトビコバチが優位を占めたところは川原平、碇ヶ関B、湯の沢であった。キンモンホソガトビコバチを除いた寄生蜂の種構成は翌年の春期に羽化したものについて調査した結果第35表のようであった。全体では3科13種が確認され、特にヒメコバチ科のものが種類、個体数共に多く認められた。*Scambus planatus* は碇ヶ関と湯の沢を除いた6園で0.3~9.1%の寄生率で認められた。これに対し、ホソガサムライコマユバチと *Pteromalus* sp. は湯の沢と金木だけで認められた。

ヒメコバチ科の中では *Sympiesis lavifrons* が圧倒的に多く、次いで *Pnigali* sp. が多かった。

Achrysocharoides sp. は湯の沢でしか認められず、他の2,3の種は個体数が非常に少く、散発的に認められた。

なお、碇ヶ関Aでは第3世代についても調査したが、第4世代に比較して各発育段階共、不明死が少なかった外、TFの捕食や寄生蜂による蛹の死亡が多い傾向がみられた。

1977年は第1~3世代のものについて調査し、第36表のような生命表を得ることができた。第1世代は八幡崎、長崎、久吉、葛川の4か所で調査した。死亡の大多数はTFに集中し、次いで蛹の死亡が多かった。すなわち、TFの死亡率は54~87%であり、蛹の死亡率は最高でも13%であり、その他の発育段階では10%以下であった。TFにおける死亡要因は越冬世代同様、ヒメコバチ類とキンモンホソガトビコバチが多く、次いでホソガサムライコマユバチが久吉と葛川でやや多くみられた程度である。この世代では、どの場所でもキンモンホソガトビコバチがヒメコバチ類より高い寄生率を示し、特に八幡崎ではヒメコバチ類の寄生率が低かったため、その差が大きか

第35表 1976年秋期に得られた寄生蜂の種類別個体数

種類別	原子	金木	飯詰	大沢迦	弥生	川原平	碇ヶ関A	碇ヶ関B	湯の沢
<i>Scambus planatus</i>	2	0	1	2	6	23	0	2	6
ホソガサムライコマユバチ	0	5	0	0	0	0	0	0	2
<i>Pteromalus</i> sp.	0	2	0	0	0	0	0	0	1
<i>Cirrospilus</i> sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sympiesis laevifrons</i>	11	183	168	289	26	0	81	38	3
<i>S. sericeicornis</i>	0	2	0	1	0	0	0	0	0
<i>Pnigalio</i> sp.	1	19	5	4	3	0	6	0	2
<i>Pediobius</i> sp.	0	2	0	0	0	0	0	1	0
<i>Chrisocharis albipes</i>	0	2	1	0	0	0	0	0	0
<i>Achrysocharoides</i> sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	90

った。

第2世代については黒森でだけ調査した。ここではTF期における84%の死亡だけで、前蛹及び蛹の死亡はまっ

たく認められなかった。また、TFの死亡要因ではキンモンホソガトビコバチによるものが圧倒的で、外にヒメコバチ科に含まれる寄生蜂が1%余認められ、原因不明

第36表 キンモンホソガ第1～3世代の生命表（1977）

発育段階	死 要 因	八幡崎	黒石市長崎	久吉	葛川	黒森	田代平	中野	大川原
		$\ell x 100 dx$							
TF		1000	53.7	1000	86.6	1000	75.7	1000	74.3
	ヒメコバチ	4.3	32.0	24.3	22.2	1.3		23.7	19.7
	トビコバチ	40.6	48.5	32.4	26.9	66.9	42.4	3.2	1.8
	コマユバチ	0	1.0	13.5	10.5	0	0	0	0
	ヒメバチ	0	0	0	0.3	0	0	0	0
	捕食	0	0	5.4	0	0.6	0	0.5	0
	不明	8.8	5.2	0	3.5	15.0	3.0	3.2	3.2
前蛹		463	0	134	0	243	0	257	1.1
	ヒメコバチ	0	0	0	0	0	0	0.8	0
	不明	0	0	0	1.1	0	0	0	0
蛹		463	3.1	134	9.0	243	0	254	12.5
	ヒメコバチ	0	0	0	1.6	0	0	0	0
	捕食	0	0	0	3.1	0	0	0	0
	奇形	0.9	0	0	0	0	0	0	0
	不明	2.2	9.0	0	7.8	0	11.8	2.3	3.2
成虫		449	122	243	222	162	481	672	728
	羽化失敗	0	0	0	0	0	0	0	0
全死亡率(%)		55.1	87.8	75.7	77.8	83.8	51.9	32.8	
世代	1	1	1	1	2	3	3	3	
調査月日	6月29日	7月1日	7月5日	7月7日	8月16日	8月26日	8月25日	8月26日	
調査潜孔数	1235	97	37	342	515	66	186	218	

のものが15%程あった。

第3世代は田代平、南中野、大川原の3か所で調査した。いずれの場所でも他の世代と同じようにTFの死亡が圧倒的に多く、蛹の死亡は高いところで12%弱であった。しかし、TFの死亡率は3か所共、これまで述べた

場所よりも低く、25～46%の範囲にあった。死亡要因では、田代平の場合、キンモンホソガトビコバチがTF死亡のほとんどを占め、ヒメコバチ類は認められなかったのに対し、外の2か所は逆にヒメコバチ類による死亡が大半を占め、少數のキンモンホソガトビコバチを認めた。

IV 野生植物上における生命表

1973年に弘前市の市街地の *Malus scheideckri* 及びズミに寄生したものについて4世代にわたって調査した

結果から、生命表を作成したところ第37表のようであった。ここでは卵の初期密度を1,000として表わした。さらに、表の下には別の抽出調査によって得られた各世代

第37表 弘前市高崎のズミにおける生命表 (1973)

発育段階	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		ℓ_x	100 d_x	ℓ_x	100 d_x	ℓ_x	100 d_x	ℓ_x	100 d_x
卵		1000		1000		1000		1000	
	不明	0		0.9		0.9		0.2	
S F		1000	6.3	991	24.9	991		998	
	不明	6.3		24.9		27.7		44.7	
T F		937	30.8	744	75.7	716	80.1	552	96.3
	ヒメコバチ	26.9		69.8		52.6		19.3	
	トビコバチ	0		0		10.6		16.0	
	コマユバチ	0.5		0		0		0	
	ヒメバチ	0		0		0		0	
	捕食	3.4		5.4		0		0	
	不明	0		0.6		17.2		61.0	
前蛹		648	0	181	0	142	0	21	0
	ヒメコバチ	0		0		0		0	
		0		0		0		0	
		0		0		0		0	
蛹		648	1.5	181	2.4	142	3.4	21	28.0
	ヒメコバチ	1.5		1.2		0		0	
	ヒメバチ	0		0		0		0	
	奇形	0		0		0		0	
	不明	0		1.2		3.4		28.0	
成虫		638		177		137		15	
	羽化失敗	0		0		0		0	
脱出成虫		638		177		137		—	
全死亡率(%)		36.2		82.3		86.3		98.5	
卵期密度		37.1 ± 10.0		179.2 ± 22.4		887.0 ± 65.7		1738.3 ± 213.2	
T F 密度		23.6 ± 4.8		136.3 ± 18.3		541.0 ± 30.8		202.5 ± 18.1	
分解調査数	S F	49		286		544		1930	
	T F	208		361		731		671	

ごとの卵期と T F における 100 果そろ当り平均虫数並びに生命表調査のために調査した個体数を表示した。これによって生命表と発生密度の関係がある程度知ることができ、また調査数は生命表の精度の指標となる。このようにズミにおけるキンモンホソガの死亡過程は S F, T F, 蛹の段階で世代間の変動が大きく、全体的に世代の後半程死亡率が高まった。発育段階ごとの死亡率は T F > S F > 蛹の順に高く、卵と前蛹ではごくわずかであり、無視できる程度のものであった。

S F における死亡はすべて不明死としたが、後半の世代では密度の高まりと共に共食いによる死亡が増加した。しかし、S F では発育不全や捕食による死亡もあ

り、特に葉が硬化する第4世代では発育不全も無視できない。このため、共食いによる死亡と発育不全による死亡は潜孔が融合している場合、両者の死因を区別できないので、生命表ではすべて不明死として扱った。

T F における死亡は寄生蜂によるものが多く、特に第2世代と第3世代ではヒメコバチ科 (*Simpiesis laevifrons* が主体) によって50%以上の死亡を認めた。しかし、第1世代でのヒメコバチは T F の死亡要因の中で最高の死亡率を示したものの27%と低く、第4世代では不明死が61%と急増したことあって、ヒメコバチによる死亡は19%に低下した。キンモンホソガトビコバチによる死亡は第3世代で11%、第4世代で16%あり、前

半の2世代では寄生を認めなかった。

蛹の死亡要因はヒメコバチ科による寄生と不明死であり、その死亡率は第4世代の不明死が28%と高かったのを例外としていずれも5%以下であった。

以上のように、ここでは世代内生存率が世代の経過と共に低下し、第1世代で63.8%と特に高く、第2、第3世代ではそれぞれ18%と14%でやや高かったが、第4世代では3%に低下した。このように第4世代では明らかに次世代の密度低下をもたらす程の低生存率であり、外の世代では次世代の増加が予想される生存率であった。実際2~3世代では前世代より増加しており、特に第2世代では第1世代の約5倍の密度に達した。このような世

代内生存率の違いはS FとT Fの死亡に依存しており、第1~3世代では前述のように寄生蜂が最も強く係っていたが、第4世代ではS F及びT Fの不明死に依存していた。第4世代の不明死は共食い以外によるものが多く中でも *Malus scheidekeri* ではテント型潜孔の作成に失敗していることからこの寄主はキンモンホソガにとってあまり好適な食餌植物ではないものと考えられる。

1976年は野生状態にある軍馬平、駒の台、田代平のズミと相馬村のリンゴ園の農道側にあって無散布状態のズミにおけるキンモンホソガについて生命表を作った。相馬村のものを除けば調査個体数が少なく精度は低いが、リンゴ園とまったく隔離された山林又は原野の中における生命表とし

第38表 ズミにおけるキンモンホソガの生命表

発育段階	死亡要因	駒の台		相馬		軍馬平		田代平		二庄内	
		$\ell x 100 dx$									
S F		79		888		133		20		—	—
	ヒメコバチ	3		0.3		1.5		0			
	共食	0		0		0.8		0			
	捕食	0		21.4		2.3		0			
	不明	0		1.3		3.0		10			
	計	3		22.9		7.6		10			
T F		77		685		123		18		169	
	ヒメコバチ	11		62.5		8.1		7		30.2	
	トビコバチ	23		0.2		35.8		0		23.1	
	捕食	43		17.2		8.9		{ A 17 B 28		39.1	
	発育不全	—		—		1.6		11		—	
	不明	0		7.2		6.5		6		6.5	
	計	76		96.3		60.9		69		98.9	
前蛹		18		25		48		6		2	
	不明	0		0		0		33		0	
蛹		18		25		48		4		2	
	ヒメコバチ	8		0		0		0		0	
	不明	0		0		4.2		75		100	
	計	8		0		4.2		75		100	
越冬蛹		—		25		—		1		—	
成虫		17		—		46		—		0	
全死亡率		78		97.1		65.4		95		100	
採集月日		8月26日		10月10日		8月27日		10月13日		7月11日	
備考		森林地の野生状態		リンゴ園に近いが無散布状態		林地内の野生状態		同左		リンゴ園伐採跡地	

て注目できる。これらの生命表は第38表に示したようであり、場所によってかなり異なっていた。すなわち、高密度で共食いが多く、21%の不明死をみた相馬村のものを除けばS Fの死亡はいずれも低いものであった。T Fの死亡は、駒の台で吸収型の捕食者によるものが最も多く、次いでキンモンホソガトビコバチ23%，ヒメコ

バチ11%の順であった。これに対し、距離的に駒の台と数キロしか離れていない軍馬平ではキンモンホソガトビコバチによる死亡が36%と圧倒的に高く、外の要因による死亡はいずれも10%以下であった。相馬村でのT Fの死亡は63%が *Sympiesis laevifrons* を主体にしたヒメコバチ科の寄生蜂によるもので、外に吸収型の捕食者

によるものが17%とやや多かった程度である。田代平のTFでは潜孔を破る型の捕食による死亡が28%と高く、外に吸収型の捕食によるもの17%，発育不全が11%あった。しかし、ここでは寄生蜂による死亡が少なく、わずかにヒメコバチによるものが5.6%で、キンモンホソガトビコバチは認められなかった。ちなみに田代平は八甲田山の北側中腹標高約600mにあって、外の場所よりもはるかに冷涼な気象条件下にある。

1977年7月11日の調査例は黒石市二庄内のリンゴ園を伐採放任してから数年経っている場所のズミから採集したもので、全面雑草や灌木に覆われていた。周囲は山林に囲まれ、リンゴ園はまったくない。ここでは第38表に示したような生命表が得られ、TFで99%死亡し、残りも蛹で全部死亡していた。TFの高い死亡はヒメコバチ科の寄生蜂、キンモンホソガトビコバチ並びに潜孔を破って捕殺する型の捕食虫によるものであった。また、蛹の死亡には捕食と不明があったが、その比率は個体数が少ないため言及できない。これら野生植物における採集地ごとの全死亡率には65.4～100%の違いがあった。このうち調査時期が接近し、世代を同じくするとみなされる駒の台と軍馬平、相馬と田代平に分けて比較すると8月に調査した前者で低く、10月調査の後者では95%以上の高率で、弘前市高崎の場合と類似していた。7月10日の二庄内では100%死亡し、第4世代以外でもこのように高い死亡率が起りうることは注目される。また、全死亡率に強く関与する死亡要因は場所によりかなり異っており、駒の台では寄生蜂とTFの捕食、相馬ではヒメコバチ類とSF及びTFの捕食、軍馬平ではキンモンホソガトビコバチ、田代平ではTFの捕食、二庄内では捕食、ヒメコバチ、キンモンホソガトビコバチなどとなっていた。このようにキンモンホソガの生存過程は場所や環境によって大分異っているものとみなされる。

V 発育段階と死亡要因

実態調査や生命表調査の中でキンモンホソガのいろいろな死亡要因が明らかとなつたが、ここで死亡要因とその特性について従来の知見を含めて検討する。

卵の死亡要因として氏家(1976a)は草食性昆虫による食害、ふ化不能及び落下をあげている。草食性昆虫、中でもモンクロシャチホコ、リンゴスガなどりん麪目幼虫により葉と共に卵が食害されるような例は調査園地以外の無散布園でたびたび認めた。ふ化不能卵を生ずる原因には第一に不受精卵がある。キンモンホソガは非交尾虫でも産卵するがあり、強制産卵させるような実験では交尾しない雌がたびたび生じ、自然状態で産卵されたものよりも不受精卵の増加するおそれがある。しかし、

野外では非交尾雌はほとんど認められず、世代によっては交尾が数回に及んでいることから、野外における非交尾虫による不受精卵の数はごく稀であり、個体群動態を論ずる上でほとんど無視できるものと考えられる。この際、交尾虫によって産卵された卵はほとんどふ化するが、実験的には寿命の尽きる間際に産卵される卵でふ化率が極端に低下するという*Ph. blanckardella* の報告がある(Trimble 1984)。

卵がふ化しない別な原因としては発育途中での生理的な死亡や外因による死亡が考えられ、外因としては殺虫剤、寄生蜂の影響をあげることができる。氏家(1982)はキンモンホソガトビコバチを放飼すると卵の死亡率が高まる原因として、蜂による捕食があるのではないかと考えた。しかし、この点に関してWANG(私信)はキンモンホソガトビコバチが寄主の卵を捕食しないと結論している。ただ、産卵行動による刺戟や寄生蜂卵の死亡などによって寄主卵の死亡する例がないかどうかの検討は必要である。一般散布園における生命表では後述のように卵の不明死が多くなる事例があり、その原因是殺虫剤散布によると考えられた。最近のリンゴ園で一般に使用されている殺虫剤のキンモンホソガに対する殺卵力は硫酸ニコチンが特に強く、サリチオン、DDVP、DEP、BRPなどは卵齢の進んだものに強い傾向があり、また、MEP、CYP、ダイアジノン、CYAP、PAP、マラソンなど多くの有機りん剤は一般に弱い(津川ら1966a、山田1984、山田、川嶋1983)。

キンモンホソガ卵の捕食者として確認されたものはまだない。しかし、POTTINGER & LEROUX(1971)は*Ph. blanckardella* の卵の捕食者としてダニ類の*Typhlodromus sp.* と *Pergamasus crassipes* (LINNAEUS) をあげている。同属のダニはわが国にも生息しているので、これら捕食性ダニがキンモンホソガの卵を捕食している可能性がある。卵の落下は気象条件、リンゴ葉の生育などによって起ると考えられるが、それを考察できる資料はほとんどない。

SF期における死亡要因は共食い、捕食、寄生蜂、食葉性昆蟲による食害、殺虫剤などが知られている(氏家1976a, SEKITA & YAMADA 1979)。

共食いは2個体以上の潜孔が重複した場合に起るもので、ほとんどの場合1個体を残して死亡する。SFの捕食者として種類の確定できたものはまだない。しかし、潜孔の中で体液を失いミイラ化した状態で死亡している個体がしばしば認められ、これは吸収口をもった捕食者による可能性が指摘されている(氏家 1976a)。SFは葉裏の表皮と密着しており、虫体部が表皮を盛り上げるような状況で生活しているため、捕食性のカメムシ類など

が葉の上から攻撃することは充分考えられる。実際、口吻を差し込んだとみなされる小孔を中心に潜孔上の表皮が汚染された状態で死亡しているのを認めることができる。*Ph. blanckardella* では S F, T F を含めた幼虫期の捕食者としてカメムシ類の *Hyaliodes harti* KNIGHT, *Hy. vitripennis* SAY やシジュウカラ科の *Parus atricapillus* L., ゴジュウカラ科の *Sitta carolinensis* LATH. などの鳥類が報告されている。

(POTTINGER & LE ROUX 1971)。

氏家(1976a)は S F 期に産卵し、同時に死亡させる寄生蜂として *Cirrospilus* sp. を、また、死亡させないが、S F に産卵するものとしてホソガサムライコマユバチをあげている。本調査では *Sympiesis laevifrons* 及び *Ciosterocerus* sp. を S F の潜孔内から得ることができた。*Sympiesis laevifrons* は T F 直前まで発育した S F にも寄生できる。*Cirrospilus* sp. の場合も同じく発育の進んだ S F に寄生するとされている。*Ciosterocerus* sp. は平賀町平六で数例だけ認めたが、すべて S F の潜孔から羽化した。キンモンホソガに寄生するこの属の寄生蜂としては *Cl. trifasciatus* WESTWOOD が知られている (KAMIJO 1978)。

殺虫剤による S F の死亡個体は他の要因、例えば病死、栄養不良による餓死、共食いによる死亡などと外観的に区別しにくい。ただし、S F で死亡させるような微生物は今のところ確認されていないし、餓死する例も少ないので潜孔の交叉がない状態で、捕食と考えられない S F 不明死は殺虫剤による可能性が強い。S F に対して強い殺虫力をもつ農薬にはサリチオン、DDVP, 硫酸ニコチン、カルタップなどがあり、MEP, PAP, ダイアジノン、CYAP, DMTP, クロルビリホス、MPPなどの有機りん剤やNACは弱い (津川ら1966a, 高橋・成田1967, 山田1974, 山田・川嶋1983)。なお、近年、カナダでは *Ph. blanckardella* が一部の有機りん剤に抵抗性を獲得した例が報告されており (PREE et al. 1980), キンモンホソガでも散布経歴の違いによって感受性が異っていることも考えられる。無散布園や放任園では落葉による死亡が世代によって無視できないことがある。この際、落葉の原因には褐斑病、斑点落葉病、オウトウハダニなどいろいろな場合がある。

リンゴを加害する *Phyllonorycter* 類の T F における死亡要因に寄生蜂、捕食昆虫、鳥、落葉、殺虫剤などが主要なもので、中でも寄生蜂はこの発育形態で最も多くの種類が確認されている (POTTINGER & LE ROUX 1971, 氏家 1976a, SEKITA & YAMADA 1979, 青森りんご試験1981, MAIER 1982, 1984)。これら寄生蜂の寄生及びその発育段階、寄生性などは上記の報告に詳しいの

で省略することとし、ここでは潜孔分解調査時に認められる寄生の状況と寄生蜂の種類について写真を示すに留める (図版 1・2・3)。

T F の捕食者として確認できたものにチビドロバチがある。この狩蜂は葉の裏側からテント型潜孔を食い破り、幼虫を麻痺させてから巣に運ぶ。このため、潜孔を破壊した痕跡が残り、他の捕食者と区別できる。この蜂によるものとは別に主として葉の表側から潜孔を破り、捕食している例が特に山林に近いリンゴ園で多く認められ、これは恐らく小鳥によるものとみなされる。*Ph. blanckardella* ではそのような鳥類として前記の 2 種が知られており、キンモンホソガでも食痕の大きさなどからみて、カラ類を中心とした鳥によって捕食されたと考えられる。

また、キンモンホソガにも寄生する *Scambus planatus* は産卵前にキンモンホソガを捕食し、捕食を行なわないものは産卵しない (氏家 1976a)。さらに別の捕食者として S F の場合と同様に吸収口をもった昆虫類が考えられる。これによるとみなされる T F の死がいは S F の場合と同様に体壁を残して偏平となったものやミイラ化したものなどがある。

その外に原因不明の死亡虫を認めることができる。の中には恐らく病気、殺虫剤、寄生蜂又は捕食者による殺害などが含まれると考えられる。しかし、調査時における死亡状況からではそれらを区別できない例も少なくない。T F の殺虫剤に対する感受性は潜孔の外側から処理した場合には S F に比較して全般に低い (津川ら 1966a, 山田 1974)。しかし、この場合の低い原因是潜孔の形態的な差違も係っているとみなされる。

蛹の時期に寄主から脱出または産卵する寄生蜂に *Scambus planatus*, *Habrocytus* sp., *Sympiesis* spp., *Chrysocharis* sp. が知られている (氏家 1976a)。また、*Ph. blanckardella* 又は *Ph. crataegella* では *Scambus* sp. が蛹に寄生し、*Sympiesis* の 3 種と *Horismenus fraternus* は T F と共に蛹にも寄生する (MAIER 1982, 1984)。これらのうち、*Scambus*, *Habrocytus*, *Chrysocharis* は内部寄生し、他は外部寄生性である。キンモンホソガの蛹を捕食する天敵として確認できたものはまだない。しかし、T F の場合と同様に小鳥によるとみなされる潜孔の破壊が認められている。なお、*Ph. blanckardella* ではダニ類の *Allothrombium lerouxi* MOSS, メクラカメムシ科の *Liocoris solidaginis* KEITON, マキバサシガメ科の 2 種、オサムシ科の数種並びに幼虫の場合と同様の鳥類 2 種が蛹の捕食天敵として知られている (POTTINGER & LE ROUX 1971)。

奇形は図版3-Fに示したようにプロセテリー、メタセテリーおよびその中間的なものがあり、一般に腹部が蛹化し、前半が蛹化し切れない個体が多い。奇形は一般に越冬世代で幾分多い傾向があったが、農薬の影響を確認することはできなかった。さらに原因不明の蛹の死亡もみられ、それには病気、農薬などによるものが考えられ、それらを外観的に区別することは困難である。また、越冬期の場合は冬期間の独特的な死亡要因が関与するが、これについては別項で述べた。

成虫の死亡で、その要因が確認されているものは捕食、潜孔からの脱出失敗、奇形などがある。捕食はトビイロケアリによるものとハエトリグモの1種によるもの、造網性のクモによるものが観察されている程度で、その数は極めて少ない。*Ph. blanckardella* ではクモ類の外にナミケダニ科の *Allothrombium lerouxi* Moss. による捕食を認めている(POTTINGER & LE ROUX 1971)。脱出失敗は潜孔の内部で羽化したためにそこから脱出できずにより死亡したもので、調査期間中に何回か観察された。その他、産卵数を調査するために飼育した成虫の中にごく少数例ではあるが、交尾したにもかかわらず、まったく産卵しないか、数卵しか産まない個体が認められた。これは解剖の結果、体液が異常な濁りを生じておらず、何らかの病気によるものではないかと考えられる。

考 察

一般に世代の重なりが不完全な昆虫の生命表を作成する場合には定期的な発育形態別の個体数を記録する方法がとられる(宮下ら 1956, KIRITANI & HOKYO 1963, SOUTHWOOD & JEPSON 1962, 長田・伊藤 1974)。キンモンホソガも青森県では不完全な世代の重なりを示すが、発育が早く、年4世代も発生するため、年間を通じた定期調査を行う場合には抽出回数を多くする必要があり、調査に多大の労力を要する。また、調査場所によっては抽出により除去される個体群密度の低下を無視できなくなるおそれがある。

今回実施したような簡易的手法による生命表作成は抽出回数が少なくてすむので発生予察など実用的な面での利用価値が高いと考える。しかし、この手法にもいろいろな問題が残されていることは前述のとおりであり、今後さらに改善が望まれる。

さて、キンモンホソガの生命表はこれまで幾つか報告されたが、いずれも一部の世代についてだけ調査したものである(山田・小山 1974, 山田ら 1977, 氏家 1976a, SEKITA & YAMADA 1979, 山田・川嶋 1983)。これらの報告並びにこれまで調査することのできた生命表から

みて、重要な死亡要因としては共食い、S F不明死、*Sympiesis laevifrons* 及びキンモンホソガトビコバチによる寄生、T Fの不明死などをあげることができる。これらの死亡要因が世代内生存率に占める重要性は場所や世代によってかなり異なる例が示されており、本報の調査結果でも同様の傾向であった。このことはまた、これらの要因がキンモンホソガの発生動態に強く係わっている可能性を示唆する。SEKITA & YAMADA (1979)は第4世代におけるこれら死亡要因の特性を調べ、キンモンホソガトビコバチ、*Sympiesis* sp., S F不明死、T F不明死などは寄主の葉当たり潜孔数に対して密度非依存的であり、共食いでは明らかに密度依存的であること、また、共食い、キンモンホソガトビコバチはリンゴ葉に對して集中分布を示し、他の要因は機会的であることを明らかにした。このような特性は発生動態を解析する上で参考になるもので、本報では後章で若干の検討を加えた。

なお、農薬散布園は無散布園に比べると殺虫剤によるみられる S F と T F の不明死が増加する反面、寄生蜂の寄生率が低下し、全体としては世代内総死亡率が低下する傾向がある(山田ら 1977, 氏家 1976a)。このことに関しては後章で詳しく検討する。

次に、生命表における ℓ_x の消長は明らかに T F 期に急激な減少がみられ、その前後の発育形態では緩かな傾斜を示している。これは後述するように農薬の散布を行っていない場所における他の調査例でも共通しており、キンモンホソガの一般的な生存過程を反映しているとみられる。しかし、産下卵から羽化に至る比率は一般に高く、羽化成虫が順調に産卵でき、また、寄主植物の落葉があり生じない条件であれば、個体群密度は世代と共に増加するものと考えられる。

キンモンホソガと同属のリンゴを加害するハモグリガでは *Phyllonorycter blanckardella*, *Phyllonorycter crataegula* などの生命表が報告されているが、T F 期に高い死亡率を伴う点はキンモンホソガと近似している(POTTINGER & LE ROUX 1971, VAN DRIESCHE & TAUB 1983)。

さらにわが国における落葉果樹の害虫であるモモハモグリガ、ナシチビガ、ギンモンハモグリガなどでも生命表又は生存曲線が示されている(成瀬 1978, 藤家 1978a, 1979, 1984, 関田・山田 1978)。これらはいずれもキンモンホソガと同様に近年多発が問題となっている害虫であり、その生命表をみると世代内の生存率が共通して高い傾向がある。しかし、現実にはこれら害虫が絶えず高密度で発生している訳ではないので発生変動の要因を解明することはこれら害虫の管理を試みる上でも極め

て重要な課題と考えられる。

V 越冬期における死亡要因と生存率

キンモンホソガは越冬期だけ地表面という特殊な環境下で過ごす。すなわち、越冬世代の蛹は落葉の潜孔に入ったままの状態で11月から翌年の4月まで厳しい冬の気象条件下を越えなければならない。キンモンホソガの周年発生経過でも分るように越冬世代から第1世代に至る過程で激しい密度の低下があり、これは越冬を境に起る場合が多い（氏家 1982, 山田 1984）。）。

キンモンホソガの発生動態において、越冬期の生死は極めて大きな役割を果しており、その生存過程を解明することは動態解析上欠くことができない。

調査方法

| 越冬期における生存率の実態

1971～1980年に場内の3～4園、津軽地方の数園、三戸町の3～5園において12月と3～4月に同一園から落葉を採集した。12月の場合はキンモンホソガのテント状潜孔を分解して発育段階別の生存率並びに各種天敵による寄生率を調査した。3～4月採集の落葉は数日間室温下で風乾した後、ポリエチレン袋に入れてキンモンホソガ並びにその寄生蜂が羽化終了するまで室温又は外気の通ずる部屋に置き、その後、羽化虫が死亡してから落葉を除去し、残った残渣物を水の上に浮かべ、その中からキンモンホソガの成虫並びに各種寄生蜂の成虫を実体顕微鏡下で選別し、記録した。

なお、落葉の採集は1園10樹、1樹から南北2方向にそれぞれ樹幹より2m離れた地点で25cm×25cmの針金枠内にある落葉を集めた。また、12月の分解調査で得られた寄生蜂はそのまま小型シャーレ（径5cm×高さ1.5cm）に収容して外気の通ずる部屋に保管し、翌春羽化したものについて種類、性別などを調査した。

II 越冬条件と死亡率

1978～1980年に一般圃場から採集した被害葉を場内のC3園に25cm×25cmの枠を用いて落葉密度の異なる区を設定した。すなわち、枠当たり25, 50, 100, 200枚とし、枠全体にはば均等になるように、いざれについても4反覆して配置した。翌春、消雪後になるべく落葉の乾燥している日を選んで採集し、ポリ袋に収容して|と同じように保管しておいた。この際、ポリ袋内に水滴が生ずるようなものは袋から出して、室内で2～3日風乾した後再び袋に収容した。なお、別に、50枚ずつの被害葉をポリ袋又はサラン袋に入れて百葉箱内に置いた区も設け、

ポリ袋のものは翌春落葉採集時に一旦袋から出し、風乾させた後に再び新しいポリ袋に入れて羽化させた。羽化虫の調査は|と同じ方法で行った。

1980年は12月9日（南部地方）と12月11日（りんご試）に、それぞれ25cm×25cmの枠内に50葉敷きつめ、1地区5反覆とした。また、落葉が風で飛ばされないように荒い金網で覆った。設置場所は三戸郡名久井農業高等学校圃場（草地）、青森県農業試験場藤坂支場（裸地）、青森県畑作園芸試験場五戸圃場（草生）、りんご試C3園（草生）とした。被害葉はりんご試産のものをすべての場所で使用し、外に名久井農業高等学校圃場で採集した被害葉を同圃場内とりんご試C3園にそれぞれ2枠分を追加して設置した。翌春落葉を回収し、ポリ袋に入れて羽化させた。なお、落葉の回収日はりんご試のものは4月上旬、その他のものは3月27日とした。

III 越冬期の気象条件と第1回成虫発生量

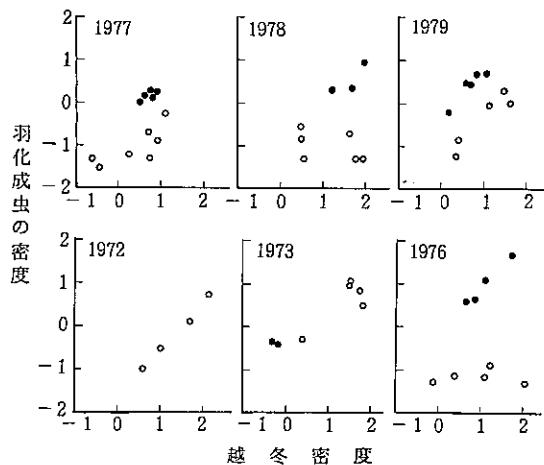
方法|で述べた1971～1980年の資料のうち、りんご試圃場と南部町及び三戸町の現地圃場で調査したキンモンホソガの越冬率に関する資料を使用し、それぞれりんご試、名久井農業高校で観測した気象資料と対比して検討した。

結果

| 越冬成功率

個々の調査園における越冬前と越冬後におけるキンモンホソガ並びに寄生蜂の密度は動態解析を行った園については生命表分析の項にあげたが、その他の園については省略した。

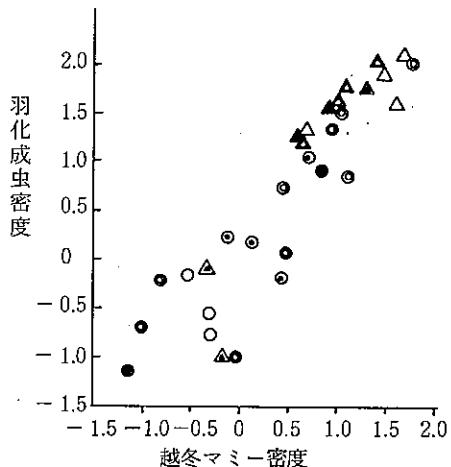
これらの資料の中からキンモンホソガ、キンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類、*Scambus planatus* の枠当たり平均密度を取り出し、対数変換した後、越冬前と越冬後の密度を対比して検討した。キンモンホソガでは越冬密度に対して翌春羽化する成虫密度は非常にばらつきが大きかった。これは年により越冬成功率の差が大きいためと考えられたので、年次ごとに分けたところ第9図のようになった。これでもわかるように津軽地方と南部地方では明らかに越冬成功率に差があり、南部地方ではほとんどの場合高い生存率を示した。また、単年度でみると越冬前後の密度にはほぼ直線関係を認めることができ、特に生存率が比較的高い南部地方ではその傾向がより明瞭であった。しかし、津軽地方では生存率が全般に



第9図 キンモンホソガの越冬密度に対する羽化成虫密度の関係
(●:南部地方, ○:津軽地方)

低いばかりでなく、園地による違いも大きく、春期の羽化数がごく少ないため、密度推定の誤差も大きいとみなすことができる。このため生存率が比較的高かった1972, 1973, 1979年などを除くと越冬前後の相関関係も認められない。このように津軽地方と南部地方での生存率の差や年次間の差は冬期間の気候条件と関連あるものと考えられる。

一方、キンモンホソガトビコバチでは越冬前のマミー密度に対する羽化成虫数の関係は両者を対数に変換した場合、第10図のようであった。すなわち、津軽地方では

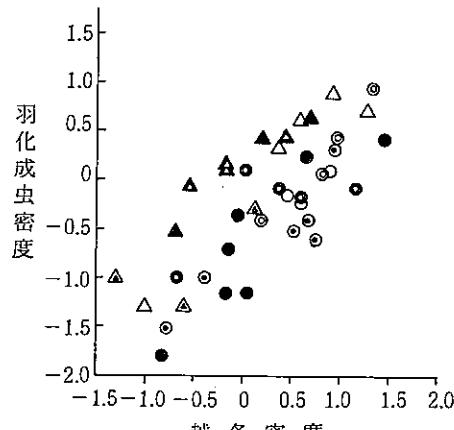


第10図 キンモンホソガトビコバチの越冬密度と羽化成虫密度の関係
(○, △: '76, ◎, ▲: '77, ●, ▲: '78, ○, △: '79, ◎: '80, 丸は津軽, 三角は南部)

回帰直線が $y = 1.014x - 0.027$ となり、この際 $n = 19$, $r^2 = 0.744$ であり、南部地方では同じく $y = 1.283x + 0.166$, $n = 13$, $r^2 = 0.817$ であった。ここで南部地

方における勾配が1より大きくなったのは低密度であった1977年の越冬成功率が特に低かったためとみなされる。また両地方のものをこみにしてもキンモンホソガの場合よりはるかに高い相関関係がみられ、直線で回帰すると $y = 1.198x + 0.659$ となり、この際 $n = 31$, $r^2 = 0.807$ であった。しかし、高密度での点の分布からみて、全般に南部地方での生存率が津軽地方よりも高いものとみなされる。全般に低密度で点のばらつきが大きく、越冬前密度が枠当たり4以上では比較的安定した関係が得られた。一方、年次による越冬成功率の違いはキンモンホソガに比較すれば小さいことが分った。このように寄主であるキンモンホソガの場合に比較して安定した関係がみられたのは越冬期間中の環境条件に対してキンモンホソガよりも鈍感な反応を示しているためとみられる。キンモンホソガトビコバチの越冬世代では1マミーに平均10.7個体が入っているので、少なくとも9%以上の生存率があれば第12図における $y = x$ と $y = 1.03 + x$ の直線に狭まれたところに分布するはずである。事実、高密度の側では大部分のもので、そのような分布を示したが、低密度側では約半分のものが $y = x$ よりも下側に分布した。これは低密度側で越冬成功率が低下したとみるよりはむしろ密度推定上の誤差によるものではないかと考えられる。このため、ここでは越冬成功率の密度依存性については論議しないこととする。

ヒメコバチ類の場合は第11図に示したように全体でみ



第11図 ヒメコバチ類の越冬密度と羽化成虫密度の関係
(記号は第10図と同じ)

ると越冬前後の密度間における相関関係はキンモンホソガの場合よりも低かった。しかし、津軽地方と南部地方による生存率の違いによって生じたとみられる分布のかたよりが認められた。すなわち、地域別では南部地方での生存率が高く、津軽地方で低かった。年次別では県南の場合、1976年と1977年の点が低めに分布し、1978年以

降はやや高めに分布した。特に越冬前より越冬後の密度が高くなったものは密度推定上の誤差の外に *Pediobius* のようにキンモンホソガトビコバチの二次寄生にもなりうるものに由来することも考えられる。また、南部地方と津軽地方における生存率の違いはキンモンホソガに比較すると小さいが、キンモンホソガトビコバチよりは大きい傾向を認めた。ところで、ヒメコバチ類の場合は複数の種類が混在しているため、種により越冬成功率に差があると、種構成如何により越冬成功率が変わることもありうる。そこで、この調査にあてられた場所及び年次についてヒメコバチ類として取扱った寄生蜂（ごく少数のコガネバチ科を含む）の種構成を定点における発生動態の項にあげた。これでも明らかなように場所及び年次により優占種が変化しており、全般的には *Sympiesis leaeefrons* が優勢であったが、時には *Pnigalio* sp. と *Chrysotoxum* spp. が優占する例がたびたび認められた。*Scambus planatus* ではいずれの場合も低密度であるため、標本抽出による誤差が大きいことも反映し、第12図のように非常にばらつきが大きく、年次或いは地域による生存率の差も判然としなかった。

第39表 越冬条件による羽化成虫密度とキンモンホソガ死蛹の翅斑形成率

設置場所	枠当たり 葉数	キンモンホソガ	トビコバチ	<i>Scambus</i>	S L *	死蛹の翅斑形成の有無	
		$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	調査数 ***	形成率
草生園	25	3.5 ± 2.38	53.5 ± 13.67	2.0 ± 1.63	1.5 ± 0.58	40 (2)	57.5 %
"	50	3.0 ± 1.41	92.8 ± 21.62	3.8 ± 1.71	1.0 ± 0	113 (2)	56.6
"	100	12.3 ± 4.27	198.0 ± 59.17	4.5 ± 1.91	6.5 ± 3.87	153 (1)	42.5
"	200	24.0 ± 7.44	825.3 ± 430.76	3.8 ± 2.50	9.5 ± 3.11	187 (1)	46.0
停滞水区	50	2.0 ± 2.71	50.8 ± 31.45	0.25 ± 0.50	1.3 ± 0.96	98 (2)	23.5
清耕園	50	9.8 ± 3.20	30.5 ± 20.07	4.3 ± 3.20	4.3 ± 3.20	101 (2)	40.6
百葉箱(網)	50	116.0 ± 16.39	271.5 ± 67.87	2.3 ± 1.50	2.3 ± 1.50	42 (2)	48.9 **
百葉箱(ボリ)	50	117.0 ± 11.40	253.3 ± 94.30	2.8 ± 2.22	2.8 ± 2.22	39 (2)	56.4 **

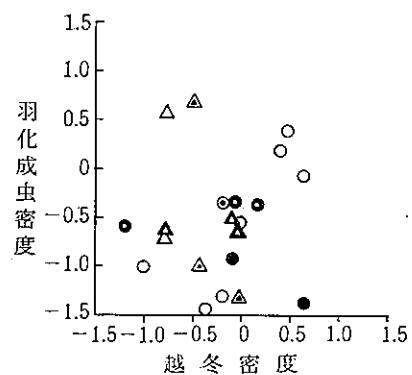
注：* *Sympiesis laeefrons* KAMIJO

** 潜孔内で羽化したもののがそれぞれ3, 1個体含まれる。

*** 調査数は死亡蛹数、() は調査枠(袋)数

ヒメバチ、*Sympiesis laeefrons* 等の寄生蜂が若干存在していた。

越冬条件を変えた各区における春期の羽化虫数は第39表のようであった。キンモンホソガでは枠当たり落葉密度の高いもの程羽化数が多い傾向を示し、50枚区を除けばほぼ落葉密度に比例していた。また、50枚ずつを清耕、草生並びに草生で春期融雪水が溜り易いような灌地に設置した場合では停滞水の溜るところでの羽化数が少なく、清耕条件で多かった。この際、停滞水の溜る条件では枠による羽化数の変異も他に比較して大きい傾向を示した。なお、百葉箱内で越冬させたものは網袋に入れて乾燥す



第12図 *Scambus planatus* の越冬密度と羽化成虫密度
(記号は第10図と同じ)

ii 越冬条件と生存率

1978年秋季に供試した落葉は黒石市南中野のキンモンホソガ多発園から採集したもので、越冬前の密度調査は行わなかったが、1葉平均3個体位のキンモンホソガの蛹を認めている。その他、キンモンホソガトビコバチ、

るようになしたものもボリ袋に入れて過湿になる条件においていたものも羽化虫数に差なく、いずれも116個体程度であり、地表においていたものの11倍以上の数であった。これは2袋ずつについて調査した死亡蛹数からみて70%以上の生存率に相当する。このように地表に設置した落葉内の死亡率は非常に高かったと推定される。一方、死亡蛹の発育段階をみると落葉密度の低いもので翅斑形成後に死亡した個体が多い傾向を認めたが、その差は有意でなかった。また、百葉箱や清耕区の死亡蛹でも翅斑形成率はかなりふれていた。しかし、停滞水の溜る条件では明らかに翅斑形成後に死亡した個体が少なく、翅斑形成

以前にすでに多くの個体が死亡していたとみなされる。

トビコバチの羽化数は25~100枚区ではほぼ落葉密度に比例していたが、200枚区で特に多く、これは4反覆のうち2例で1,000個体以上の羽化があったことによるもので、他の2例では450個体前後の羽化数であった。また、枠当たり50枚として越冬条件を変えた場合では清耕園で少なく、次いで停滞水が溜る場所、草生の正常な場所の順に多くなった。しかし、百葉箱内に置いたものに比較すると明らかに少なく、約1/4又はそれ以下であった。

Scambus planatus では羽化数がいずれも少なく、百葉箱内のものと大差はなかったが、停滞水の溜る場所のものでは特に少なかった。

Sympiesis laevifrons でも全体に羽化虫数が少なく、誤差も大きいが、落葉密度を変えた場合の羽化数はほぼその密度に比例した羽化数を認めた。しかし、50枚区では清耕園で特に少なく、百葉箱内のものは明らかに多かった。

1979年から1980年の春にかけての試験では供試葉を場

内のC 3圃から採集したものを4反覆分使用し、同じくA 5圃産のものを1区設けた。地表での設置場所は前年と同じC 3圃で、ここは草生で停滞水があまりないとみなされる場所であった。また、飼育室に置いたものはサラン袋に50枚ずつ入れて、年中外気が通じ、日の当たらないような条件下にあった。なお、越冬前におけるキンモンホソガの生存蛹、冬種寄生蜂などの密度は第IX章の殺菌剤園並びに標準園の越冬前落葉調査の項にあげた。

C 3圃産の各区におけるキンモンホソガとその寄生蜂の羽化数は第40表に示した。すなわち、キンモンホソガでは50枚区で羽化虫がなかったほかは枠当たり葉数の増加につれて羽化成虫も増加したが、全般に少なく、200枚区でも平均1.75個体に留まった。しかし、飼育室区では平均19.3個体の羽化をみており、地表に設置したものの10倍以上であった。*Scambus planatus* は各区とも平均0.5個体以下の羽化であり、飼育室区で特に多い傾向も認められなかった。キンモンホソガトビコバチでは落葉の密度とほぼ比例して多くなっていた。ただ、

第40表 越冬期の条件とキンモンホソガ並びにその寄生蜂の羽化数 (1980)

種類	25枚区	50枚区	100枚区	200枚区	飼育室区
キンモンホソガ	0.25 ± 0.50	0	0.50 ± 0.58	1.75 ± 1.26	19.3 ± 10.21
寄生蜂					
<i>Scambus planatus</i>	0.25 ± 0.50	0.50 ± 1.00	0.25 ± 0.50	0.50 ± 1.00	0.50 ± 0.58
キンモンホソガトビコバチ	51.8 ± 54.45	113.5 ± 75.59	254.8 ± 83.50	324.0 ± 156.81	465.0 ± 191.98
<i>Cirrospilus</i> spp.	0.50 ± 0.58	0.25 ± 0.50	1.25 ± 0.96	1.75 ± 2.87	0.75 ± 0.50
<i>Sympiesis laevifrons</i>	1.25 ± 0.96	1.0 ± 0.82	4.25 ± 3.30	8.0 ± 3.92	17.0 ± 6.98
<i>Pnigalio</i> sp.	0.75 ± 0.96	2.0 ± 1.41	5.75 ± 4.43	11.3 ± 9.11	9.0 ± 3.16
<i>Pediobius</i> sp.	0	0	0.25 ± 0.50	0.50 ± 0.58	0.25 ± 0.50
<i>Chrysocharis ujiyei</i>	0.25 ± 0.50	0	0.50 ± 0.58	0	0.50 ± 1.00
<i>Ch. albipes</i>	0	0	0	0	0.25 ± 0.50
<i>Achrysocharella</i> sp.	0	0.25 ± 0.50	0	0	0

注) 25~200枚区は25×25cm枠当たり葉数、飼育室区はサラン布袋に50枚入。

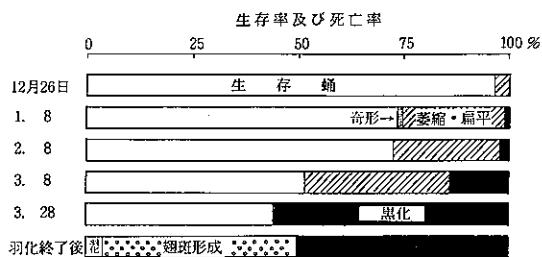
200枚区では前年と逆に葉数に対して羽化数が幾分少なかった。*Cirrospilus* spp., *Sympiesis* sp., *Pnigalio* sp.などはほぼ落葉数に依存して羽化数も多くなったが、飼育室区での羽化数は地表に置いた場合よりも葉当たり羽化数が多く、特に *Sympiesis* sp. ではその傾向が強く認められた。その他の寄生蜂では羽化数が少なく、区間の特徴を把握できなかった。

枠当たりの落葉数を変えて越冬させたのは越冬期の死亡率における密度依存性の有無を実験的に検討するためである。キンモンホソガでは越冬率が極めて低く、枠による違いも大きいため、明確な結果は得られなかつたが、密度依存的な傾向を認めるることはできなかつた。キンモンホソガトビコバチの場合は越冬率がキンモンホソガに

比較して高いことは確認できたが、死亡が密度依存的であるとはいえない。 *Sympiesis laevifrons* と *Pnigalio* sp. の場合も1980年のものでみると、越冬期死亡率に密度依存性があるとはいえない。1979年の試験では密度が低いため、密度依存性の検討ができなかつた。*Scambus planatus*, *Cirrospilus* spp. などの寄生蜂でも低密度のため密度推定誤差が大きく、密度依存性の検討は困難であった。

III 越冬期における死亡過程

1978年秋から1979年春期にかけてのキンモンホソガ越冬蛹の生存率と死亡過程は第13図のようであった。なお、各調査時には約100~200個体を調査した。根雪に入る



第13図 キンモンホソガ越冬期間中の死亡過程
(1978~1979)

前の12月26日の調査では96.5%の蛹が生存していたが、それより13日後の1月8日では74.1%に低下し、この際の蛹の死亡状況は部分的に凹んだり、圧縮されたような形で偏平になっているものが主体であり、ごく一部のものが黒変していた。その後2月8日までの1ヶ月間はその比率がほとんど変りなく、さらに1ヶ月後の3月8日になると約50%の生存率に低下し、死亡時の状態も萎縮型のものと黒化型のものが多くなった。3月下旬になると幾分死亡率が高まったが、40%の生存率を維持し、ほ

とんどの死亡蛹は黒化型であった。5月中旬ころキンモンホソガの羽化が終了してからの調査では死亡蛹が96%もあり、そのうち約半数は越冬後に発育が進行し、翅斑が形成されてから死亡したものであった。このように積雪期間中に死亡するものは約半数で、消雪後羽化直前まで発育が進んでから再び大きな死亡が起っていると推定された。

IV 地域による越冬期死亡率の違い

1980~1981年に越冬条件を一定として、越冬場所の違いによる死亡率の差を明らかにしようとした。越冬場所としては津軽地方のりんご試験場と対比するため南部地方の積雪量が異なる3か所を選定し、降雪前にそれぞれ落葉を配置しておき、翌春の羽化数をみたところ第41表のようであった。りんご試標準園の落葉を配置したものでみると、場所により羽化数に大きな差がみられたものはキンモンホソガであり、名久井、藤坂、五戸（畑作園芸試験場）、黒石（りんご試）の順に羽化数が多かった。これは冬期間の積雪量の多い順位とほぼ一致する。

第41表 キンモンホソガ越冬後羽化数の地域差 (1980~1981)

設置場所	りんご試供試葉産地	藤坂支場		畠作園試		名久井農		名久井農		りんご試同左
		りんご試標準園	同	同	左	同	左	名久井農	同	
設置枠数	5	5	5	5	5	5	5	2	2	
供試葉マイン数	296.4±10.2	308.8±39.3	283.0±9.5	276.8±13.6	214.5±0.7	187.0±21.2				
キンモンホソガ ♀	2.00±1.58	32.20±12.46	3.00±1.41	61.20±12.93	23.50±6.36	0				
♂	2.20±1.64	33.80±11.90	2.60±1.95	64.40±11.53	16.00±2.83	0				
計	4.20±3.03	70.00±25.64	5.60±3.21	125.60±24.04	39.50±3.54	0				
キンモンホソガトビコナ	10.00±14.74	30.80±24.65	4.80±9.15	25.80±15.32	225.50±88.39	11.00±8.49				
<i>Scambus planatus</i> ♀	0.80±0.84	0.80±1.30	0	0.60±0.89	0.50±0.71	0				
♂	1.80±1.92	2.40±1.34	1.80±2.39	4.60±2.19	2.50±0.71	0				
計	2.60±2.19	3.20±2.17	1.80±2.39	5.20±2.59	3.00±1.41	0				
コマユバチ	0	0	0.20±0.45	0	0	0	0	0	0	
<i>S. laevifrons</i> ♀	0	0.20±0.45	0.20±0.45	0.20±0.45	4.00±0.00	0.50±0.71				
♂	0	0.40±0.55	0	0	5.50±0.71	0				
ヒ <i>Pnigalio</i> sp.(A) ♀	1.80±1.64	3.40±2.70	1.00±1.22	3.40±2.79	1.00±1.41	0				
♂	0.80±0.45	2.60±2.41	0.60±0.55	1.20±1.30	0.50±0.71	0				
メ <i>Cirrospilus diallus</i> ♀	0.20±0.45	0.20±0.45	0	1.00±1.22	0	0				
♂	0.20±0.45	0	0	0.20±0.45	0	0				
コ <i>Crysocharis ujiyei</i> ♀	1.00±1.00	1.40±1.34	0.40±0.55	2.40±2.30	0.50±0.71	0				
♂	0	1.00±1.22	0	0.40±0.55	0	0				
バ <i>C. albipes</i> ♀	0	0.20±0.45	0.40±0.89	0.20±0.45	0	0				
♂	0.40±0.89	0	0.20±0.45	0	0	0				
チ <i>C. sp.(pentheus?)</i> ♀	0	0	0	0	0	0				
♂	0.20±0.45	0	0.20±0.45	0	0	0				
科 <i>Pediobius</i> sp. ♀	0	0.20±0.45	0	0	0.50±0.71	0				
♂	0	0	0	0	0.50±0.71	1.00±1.41				
ヒメコバチ 計	4.60±1.52	9.60±6.43	3.00±2.00	9.00±3.67	12.50±2.12	1.50±0.71				

第42表 りんご試標準園産の落葉を使用した場合の各調査地点における越冬成功率

種類	100潜孔当り越冬前密度	越冬成功率 (%)			
		りんご試	藤坂支場	畑作園試	名久井農
キンモンホソガ	85.48	1.66	26.52	2.31	53.08
キンモンホソガトビコバチ (マミー)	1.17	27.45	81.16	13.80	75.84
<i>Scambus planatus</i>	1.61	54.48	64.40	39.51	116.68
ヒメコバチ類	7.05	22.01	44.10	15.04	46.12
不明死	4.87	—	—	—	—

注： キンモンホソガトビコバチは1マミー当り10.5個体として計算した。

りんご試標準園産の落葉を越冬前に分解調査した結果では第42表に示したようにテント状潜孔100個当りの平均蛹数が85.48個であった。これより各地点別の越冬成功率を求めるとき第42表のようであり、キンモンホソガの越冬成功率は最も高い名久井でも53%程度であった。また、名久井農業高校産の落葉を使用した場合も第43表にみられるようにキンモンホソガ越冬成功率は黒石よりも名久井で明らかに高かった。各種寄生蜂の越冬成功率はりん

ご試産のものでは名久井と藤坂で高く、黒石と五戸で低かったが、キンモンホソガのように顕著な差はなかった。しかし、名久井農業高校産のものではキンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類、*Scambus planatus*共にかなり大きな違いであった。このように産地により越冬成功率に差を生ずる原因としてはこれら寄生蜂の気候適応性に違いのあることが考えられるが、これに関しては今後、実験的な証明が必要である。

第43表 名久井農業高校産落葉を使用した場合の各調査地点における越冬成功率

種類	100潜孔当り越冬前密度*	越冬成功率 (%)	
		名久井農	りんご試
キンモンホソガ	44.16	41.70	0
キンモンホソガトビコバチ (マミー)	20.99	47.70	2.33
<i>Scambus planatus</i>	1.78	78.57	0
ヒメコバチ類	10.69	54.51	6.54
その他	21.98	—	—

注： * 調査数：被害葉138枚、テント型潜孔503個

キンモンホソガトビコバチは1マミー当り10.5個体として計算した。

V 越冬期生存率と気候

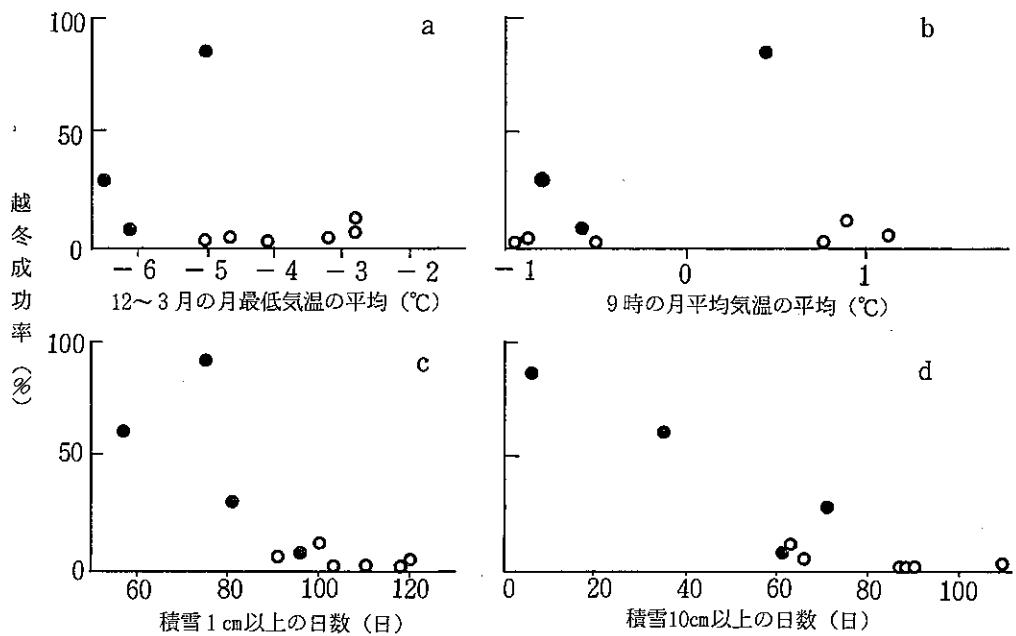
気象資料の整っている場内の4園並びに三戸地区(三戸町と南部町)の5園における調査結果を使用して検討した。すなわち、1つは場内4園のうち越冬成功率の算出が可能な園について年ごとに全体の平均を求め、これをその冬の気象資料と対比した。同様に三戸地区的平均を求め、南部町名久井での気象観測資料との関係を検討した。

使用した気象資料は12月から3月までの気温並びに積雪量であり、積雪については1cm以上又は10cm以上の積雪があった日数と日ごとの累積雪積量を求めた。気温は平均温度の代りに9時気温の月平均値を使用し、それのさらに12~3月の平均値を求めた。また最低気温についても月平均値を用いて12~3月の平均と2、3月の平均値を求めた。これらの値とキンモンホソガの越冬成功率及びVARLEY & GRADWELL (1960)が生命表分析で用いたK値との関係を

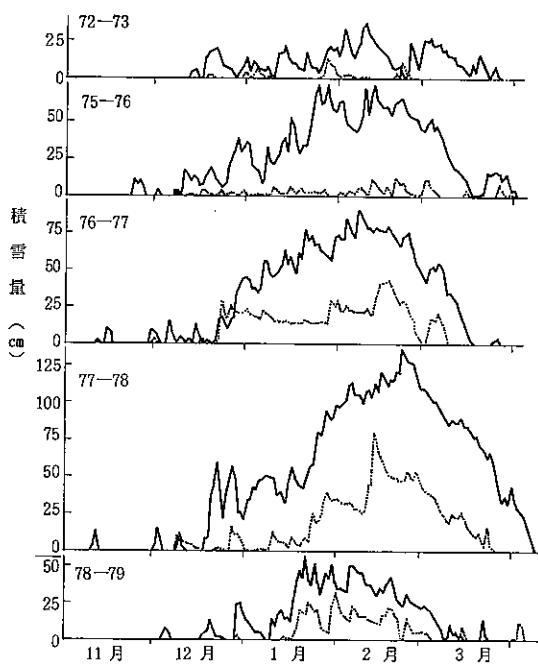
検討した。すなわち、越冬成功率をy軸とし、気象資料をx軸にとって図示すると第14図a~dのようであり、積雪との関係が深いとみなされた。特に10cm以上の積雪日数との間に高い負の相関が認められ、積雪量も無視できないとみなされた。

そこで積雪量と日数を合わせて表現する値として累積積雪量(m)を使用することとした。すなわち、この値は第15図の積雪量変動曲線の示す图形の面積に相当する。この値と越冬成功率の関係を変換なしに示すと第16図のようになる。すなわち、キンモンホソガの越冬成功率は累積積雪量が少ない程高く、多くなれば直線的に低下してゆき、その関係はほぼ20m位まで続き、それ以上の積雪ではほぼ一定の低い水準で越冬成功率が維持されていた。

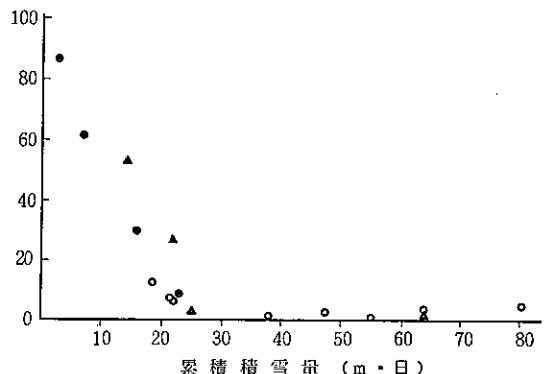
このような関係から越冬期の生存率を予測する予察式を求めるため、累積積雪量を対数変換し、越冬成功率を逆正弦変換並びにKとして求めて両者との回帰関係を検討した。ここで逆正弦変換の場合には直線回帰とすれば、



第14図 キンモンホソガ越冬成功率と冬期間の積雪及び気温との関係
○：津軽，●：南部



第15図 黒石市と名川町における種雪量
(—：黒石市, ---：名川町)



第16図 累積積雪量とキンモンホソガの越冬成功率の関係
(●, ▲：南部, ○, △：津軽, 三角印は'80～'81年の落葉配置法による)

$$y' = 43.88 x' + 82.801$$

となり、 $n=16$, $r^2=0.789$ であった。この際、 x' , y' はそれぞれ、累積積雪量の対数値とキンモンホソガ越冬成功率の逆正弦変換値である。また、1981年の落葉配置による資料を除いた $n=12$ では

$$y' = 43.20 x' + 81.025$$

となり、 $r^2=0.841$ である。

一方、 K と累積積雪量の対数値との関係は逆正弦変換の場合と同様に $n=12$ の場合と $n=16$ の場合、それぞれ

$$K = 1.597 x' - 0.921 \quad r^2 = 0.826$$

$$K = 1.641 \ x' - 1.052 \quad r^2 = 0.756$$

となつた。

このように累積積雪量とキンモンホソガの越冬成功率との関係は変換によって直線で表示することは可能であり、これを発生予察に利用することもできよう。しかし、変換した場合でもむしろ曲線を描いて変化している様子がうかがわれた。すなわち、 $\log x$ と K の関係では $\log x$ が 1.2 までは K が緩かに増加し、1.2 から 1.4 の間で急激に高まり、1.4 以上では再び緩かな増加となっている。 $\log x$ と $\sin^{-1}\sqrt{y}$ との関係では 1.2 まで緩かな減少、1.2 ～ 1.4 で急減、1.4 以上では横這又は幾分増加する傾向を示している。このような動きは累積積雪量が 15m から 25m の間で越冬成功率が急激に低下することを意味し、また、25m 以上ではほぼ安定した低越冬成功率であることを示す。

考 察

キンモンホソガは蛹で落葉内において越冬するため、越冬期には新たな死亡要因として低温、凍結、積雪、乾燥、浸水、地表性捕食者などが係ってくる。

キンモンホソガの越冬期における生存率は積雪量と密接な関連があり、このため多雪地と少雪地で越冬成功率に大きな差のあることはすでに一部報告した(山田・川嶋 1970)。その後、少雪である盛岡市と多雪である秋田県雄勝郡の比較で同様のことが確認された(氏家 1982)。しかし、アラスカの落葉下に、まゆを作つて越冬する *Rheumaptera hastata* (L.) では積雪の多い条件下で越冬蛹の生存率が高く、それは多雪下で高温なためである(WERNER 1978)。キンモンホソガの場合に積雪の多い条件で越冬成功率が低下する原因是越冬期間中の潜孔分解調査で明らかのように、積雪下における凍死、圧死、落葉密着による羽化不能などが多くなるためである。この際、百葉箱内での越冬成功率が非常に高いことからみて、北日本の冬期に現われる程度の低温には比較的耐えうることがうかがわれる。積雪下における地表面の状況は積雪のない場合に比較して温度変動は小さいが、絶えず湿った条件にあり、さらに、融雪期には落葉が水中に没してその中で凍結することもたびたびある。また、雪の重みと地面の凍結によって落葉同志が密着状態となり、消雪後もそのままである(図版 2-E)。密着した落葉の間に挟まれたキンモンホソガの潜孔内で蛹が押し潰され、偏平になつたり、翅斑形成に至りながら羽化できない個体が存在することはその間の圧迫の強さを示唆する。同一園場においても落葉の置かれた局所的地形の違いや草生の有無によってキンモンホソガの越冬率に差を生ずる場合があった。すなわち、清耕地よりも草生地で、窪地よりも高まつた場所で越冬成功率が高かった。Ph.

blancardella では樹と樹の中間部よりも樹幹付近の地面で越冬蛹の生存率が高い例があり、その原因として乾燥と霜をあげている(POTTINGER & LE ROUX 1971)。このように局所的な生存率の差をもたらしている要因は多雪下における死亡過程を推定する上でも重要なと考えられる。

P. blancardella ではオサムシなど地表性捕食者による食害、ヒメミミズ、ツリミミズ、軟体動物などによる落葉の腐植化や潜孔破壊による蛹の欠失、雪、霜、地温による影響などが越冬期の死亡をもたらす要因とされている。(RAW 1962, POTTINGER & LE ROUX 1971)。

青森県のリンゴ園においても各種のオサムシ科甲虫の存在が知られているが、キンモンホソガが越冬蛹の捕食に関しては確認されていない(小山・山田 1975 a, 1975 b, 1979, 1980)。また、リンゴ園におけるミミズ類の生棲密度は極めて低いことが知られており(望月ら 1955), 実際、冬期間にこれらの動物が直接的又は間接的に当年の落葉の腐植化を促進させているような例は、放任園を除いてほとんど認められない。

ところで、青森県では奥羽山脈の東と西で積雪量に大きな差があり、西側の津軽地方では積雪が多く、毎年キンモンホソガが越冬蛹の高死亡率を伴う。これに対し東側の南部地方では積雪の少ない年には越冬蛹の生存率は高い。しかし、南部地方の少雪年でも樹当たり密度における越冬世代から第1世代への激しい減少は共通して認められる。このことは越冬蛹の高死亡率以外にも密度変動に係る重要な要因のあることが考えられる。そのような要因は少なくとも越冬世代の羽化後TFに至る間に起つているとみなされるから、成虫の寿命、産卵、卵及びSFの生存率などに關係あると推察される。*P. blancardella* では寄生蜂の越冬成功率が寄主の越冬成功率よりも高く、このため、第1世代幼虫の死亡率が高まる(POTTINGER & LE ROUX 1971)。キンモンホソガにおいても多雪地ではキンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類、ホソガサムライコマコバチなどで寄主よりも高い生存率を認めた。しかし、第1世代の激しい密度低下は寄生蜂の活動だけでは説明できない。今後、キンモンホソガの越冬成功率が高い南部地方における越冬世代からの増殖過程と第1世代前半の生存過程について分析することが肝要である。

ところで、キンモンホソガ及びその寄生蜂ども越冬期死亡率の密度依存性はあまりないものとみなされた。しかし、越冬時の密度が葉数に支配される場合は、積雪の多い場所で重なつた葉が密着してその間に挟まれた潜孔のキンモンホソガが羽化できなくなることを考えれば、葉の重なり程度が落葉密度に依存し、それが死亡率に反

映されることも考えられる。ただ、現実には落葉が幾重にもなるような事例は吹き溜るような場所を除けば少ないので、はっきりした密度依存性として表われないものと考えられる。特に南部地方では積雪量が少なく、葉の

密着するような状態にあまりならないため、羽化率も高く、上記のような形での密度依存性がより出にくいものと考えられる。

VI 寄生蜂の生態に関する調査

死亡要因の実態調査や生命表からも明らかなようにいろいろな寄生蜂がキンモンホソガの生存過程に係っている。各種の寄生蜂がどのような形で寄主並びに他の寄生蜂と係りをもっているかを解明することは生命表分析、寄生蜂の保護並びに利用、発生変動の要因分析などを行う場合に重要であるばかりでなく、キンモンホソガの合理的な防除を行う上でも欠くことのできない研究課題である。キンモンホソガの寄生蜂は大きく分けるとヒメバチ科、コマユバチ科、トビコバチ科、ヒメコバチ科の4群に含めることができ、したがって、その生態も群によって異なることが予想される。これら寄生蜂の生態については一部の項目すでに報告例がある(SEKITA & YAMADA 1979, 氏家 1976, 1980)。このため、今回調査した中には従来の知見と重複する部分もあるが、そのような場合には地域性という観点から検討することとした。

調査方法

i 性比

1969~1979年における主として秋期の越冬世代における潜孔の分解調査によって得た寄生蜂を常温で羽化させ、種ごとにその性別を明らかにした。

ii 成虫の寿命

1965~1966年の春期に羽化した *Sympiesis leevifrons*, *Scambus planatus* 及びキンモンホソガトビコバチの各越冬世代成虫を供試した。これらの成虫を羽化当日から小型管瓶(直径3~30mm, 長さ40~80mm)で個体別又は雌雄の対で飼育した。餌は脱脂綿に水を浸して与えるか、10%程度に薄めた蜂蜜を管瓶の壁面に少量付着させて与えた。これを10~20°Cの室温又は15, 20, 25°Cで、16L 8Dの光周期条件下に置いて、成虫が死亡するまでの日数を調査した。なお、キンモンホソガトビコバチについては9月に得られた第3世代成虫についても同様に調査した。

iii 寄主当り寄生数

1 寄主から複数の個体が羽化する寄生蜂として, *Achrysocharoides* sp. とキンモンホソガトビコバチについて調査した。前者については1968年の地域別寄生率

調査のうち、本種の寄生が多かった2, 3の地域のものを供試し、潜孔当りの蛹数又は蛹の脱殻数を調べた。後者は1965~1976年に同様の寄生率調査の際に得られたマミーを保存しておき、比較的多くの個体が得られた場所のものについて、マミー内のまゆ数を調査した。

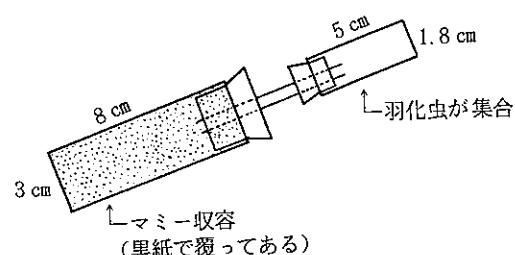
IV 越冬世代の羽化時期

キンモンホソガトビコバチを除く各種寄生蜂の羽化時期を明らかにするため次の二つの方法で調査した。

(i) 1968, 1977年秋期に採集した各種寄生蜂の越冬虫を小型シャーレに入れたまま、外気の通じる飼育室(以下野外飼育室という)におき、春期に羽化してくる個体を、毎日、種類とその性別を分けて記録した。

(ii) 1978年春期にりんご試C3圃に簡易網室を設置し、野外から採集した落葉を入れておき、ヒメコバチ科寄生蜂の羽化消長を調査した。

キンモンホソガトビコバチの常温における羽化時期を明らかにするために1967~1970年及び1975~1976年の秋期に採集したマミーを使用した。マミーは小型シャーレに入れ、外気の通じる野外飼育室で翌春まで保管しておいた。マミーごとの羽化を調べる場合は4月下旬に内径2mm、長さ25mmの管瓶にマミーを1個ずつ入れて綿栓をした上、水で湿度調整したデシケータに収容し、それを野外飼育室に置いた。また、マミーを一括して羽化消長を調べる場合は大型の管瓶を使って、第17図のような簡単な装置を作り、これを同じく野外飼育室に置いた。調査は毎日の羽化数を記録して行った。なお、1969年には羽化終了後にまゆ内で死亡した個体数と死亡時の発育形態を調べ、生存率を求めた。



第17図 キンモンホソガトビコバチ羽化消長調査に用いた容器

V 越冬後の発育と温度

キンモンホソガトビコバチ以外の各種寄生蜂は1965年及び1978年の秋期に採集したものを供試した。産地ごとに小型シャーレに入れて、野外飼育室に保管しておき、1966年2~4月及び1979年3月2日に加温した。この際、1966年は温度を20又は25°C、湿度を飽和食塩水で調整し、1979年は20°Cとし、湿度は同様とした。調査は毎日行い、羽化個体の種、性別などを記録した。

キンモンホソガトビコバチでは1964年11月17日に、りんご試験場から採集したマミーを2群に分け、一方を5°Cの定温器内に、他方を網蓋をした幼虫飼育瓶に入れてほ場の地表面に置き、それぞれ12月上旬から翌年4月までの間に随時取り出し、20°Cで加温し、羽化までの所要日数を調べた。加温時はマミーごとの羽化消長を調査したのと同じ方法でデシケータに入れ、湿度を調整した。さらに、キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化型と性別の関係を明らかにするため、1968年秋期に採集したマミーを野外で越冬させ、1969年1月31日に20°Cで加温し、雌雄ごとの羽化消長を調査した。加温方法は前記と同様である。また、常温での性別羽化消長を明らかにするため、野外飼育室においてマミー別羽化調査法に準じて調査した。

VI キンモンホソガトビコバチの周年経過

1965年と1967年にりんご試験場において、キンモンホソガの各世代における蛹化期ごろに被害葉を採集し、キンモンホソガトビコバチによる寄主のマミーとマミー形

成に至らない老熟幼虫を集めた。これを一括してトビコバチ羽化調査用の管瓶に入れ、外気の通じる飼育室内で羽化消長を調査した。なお、越冬世代については前述のように常温における羽化調査法に準じた。

結果

I ヒメバチ類、ヒメコバチ類などの性比

年次ごとに、秋に採集したものと春に採集したものを分け、それぞれ、すべての園から得たものを一括して寄生蜂の種類ごとに調査個体と雌の比率を示したのが第44及び45表である。すなわち、*Scambus planatus* は雄の比率が非常に高く、雌は平均値で20%程度であった。*Habrocytus* sp. は調査個体数が少ないが、雌雄ほぼ半数ずつであった。*Sympiesis laevifrons* は最も個体数が多く、年次によりかなり変動しており、雌が23.6~84.8%で、平均すると雌よりも雄の方が若干多い程度であった。*Pnigalio* sp. の雌は年により31.4~63.8%の幅があったが、平均すればほぼ50%であった。*Chrysocharis albipes* は雌が44.4~83.3%であり、平均値では60.4%と雌が幾分高い比率を示したが、春期の落葉から羽化したものでは53%とほぼ半数であった。*Pediobius* sp. は54.5~59.1%が雌で、幾分雌が多めであった。*Achrysocharella* sp. と *Achrysocharoides* sp. はいずれも60%前後が雌であり、若干雌の比率が高かった。その他 *Sympiesis sercicornis*, *Chrysocharis ujiyei*, *Cirrospilus* sp., *Tetrastichus* sp., *Elachertus* sp. などは調査個体数が少なくはっきりしな

第44表 *Scambus* sp. *Pteromalus* sp. 及びヒメコバチ類越冬世代の性比

採集時期	<i>Scambus</i>		<i>Pteromalus</i>		<i>Sympiesis laev.</i>		<i>Sympiesis serc.</i>		<i>Pnigalio</i> sp.		<i>Chrysocharis albipes</i>		<i>Chrysocharis ujiyei</i>	
	調査数 (N)	雌率 (♀%)	N	♀%	N	♀%	N	♀%	N	♀%	N	♀%	N	♀%
1969秋	37	(14)	2	(1)	337	45.4	15	(15)	4	(2)	16	(11)		
70"	12	(4)	6	(3)	561	84.8	1	(1)	5	(1)	2	(2)		
72"	9	(2)			19	(6)	2	(1)	44	(32)	35	(21)		
73"	5	(0)			95	50.5			16	(10)	12	(11)		
74"	41	(17)			35	(25)	12	(7)	7	(5)	78	83.3		
75"	22	(1)			517	23.6	7	(7)	255	31.4	72	44.4	2	(2)
76春	15	(1)			158	25.9	9	(8)	113	34.5	73	53.4		
秋	109	27.5			1832	32.6			163	38.0	7	(3)	12	(8)
77春	21	(3)			112	47.3			9	(5)	11	(6)		
秋					409	51.8	7	(3)	94	63.8	14	(3)	22	(13)
78春	13	(5)	8	(4)	104	51.9			86	60.5	4	(3)	6	(4)
秋	133	12.0	2	(1)	438	48.4	14	(10)	264	58.0	13	(1)	23	(15)
79春	48	(9)	2	(1)	396	47.7			108	61.1	11	(10)	6	(0)
平均		19.8			46.4					49.6		60.4		

注：() 内数値は雌の個体数で、平均値の計算からは除いた。

第45表 ヒメコバチ類越冬世代における性比

採集時期	<i>Pediobius</i>		<i>Achrysocharella</i>		<i>Achrysocharoides</i>		<i>Cirrospilus</i>		<i>Tetrastichus</i>		<i>Pteromalus</i>	
	N	♀率	N	♀率	N	♀率	N	♀率	N	♀率	N	♀率
1969秋	159	59.1	37	(26)			7	(3)			1	(0)
70"	27	(14)	182	59.3							1	(0)
74"	22	(1)			209	55.5	1	(1)				
75"	78	55.1			5	(3)	2	(2)	5	(1)	4	(1)
76春	66	54.5	3	(3)			2	(1)	4	(3)	1	(0)
秋	14	(2)			231	68.8	1	(1)	2	(1)	14	(6)
77春	1	(0)					1	(1)			1	(1)
秋	4	(4)	2	(2)	12	(5)	10	(5)	2	(0)		
78春	2	(0)			1	(1)	8	(3)			1	(1)
79春	49	(18)	27	(20)			4	(3)				

注：() 内は雌の個体数

いが、いずれも雌雄両性を生じた。

II キンモンホソガトビコバチの性比

前記羽化調査で得られた成虫について、その性別を明らかにできた分のうち、羽化個体数が100個以上あるものについて、産地別に性比を示すと第46~47表のようであった。すなわち、1969年の場合はすべての場所で雌の比率が高く、52.4~86.8%の範囲にあり、これらを平均すると68.1%であった。1971年の場合も青森市雲谷の一次伸長葉とりんご試ふじの場合を除けばすべて雌の比率が高く、この場合の全園の平均は65.6%であった。すなわち、両年とも雄と雌の比率がほぼ1:2の割合であった。

III 各種寄生蜂成虫の寿命

(1) *Sympiesis laevifrons* KAMIJO室温下における *Sympiesis laevifrons* の寿命は第第46表 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の性比
(1969)

場所	調査数	雌の比率
黒石市りんご試A	1259	71.2%
" " B	2551	67.2
浪岡町大沢迦	156	56.4
岩木町枯木平	168	67.3
青森市新城	217	63.6
" 白旗野	553	66.2
" 雲谷	317	71.6
むつ市赤川	778	77.0
" 大川目	1053	58.9
十和田市伝法寺	232	84.5
田子町	341	79.5
八戸市	104	53.8
宮城県仙台市	628	65.6
山形県	1600	52.4
福島市A	1087	86.8
" B	2027	77.7

第47表 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の性比 (1971)

場所	調査数	雌の比率	場所	調査数	雌の比率
黒石市りんご試	1606	59.9%	黒石市りんご試	1140	57.1%
" " (ふじ2次上)	547	72.4	" " (ふじ)	447	49.9
" " (" 下)	793	77.2	" " 2号園(1次)	164	55.5
青森市雲谷(1次)	269	41.6	" " " (2次)	465	67.1
" " (2次)	1192	66.8	田舎館村畠中 A	987	58.6
鰐ヶ沢町中村(2次)	2218	80.3	" " B	501	68.7
五戸町	708	64.1	" " C	395	71.4
長野市	991	63.5	" " D	363	67.2
福島市	1557	66.0	鰐ヶ沢町中村	2332	71.0
宮城県仙台市	868	75.5	長野市	1410	70.9
岩手県盛岡市	1232	67.5	宮城県仙台市	842	70.8

注：左半分は加温調査で、右半分は室内で羽化したもの

第48表 室内における *Sympiesis laevifrons* の寿命 (1966)

性別	調査数	範囲	平均	標準偏差
♂	13個体	3~33日	17.4日	±11.61
♀	12	7~32	21.2	±9.11

48表のようであった。すなわち、平均寿命は雄で17.4日、雌で21.2日であり、個体により1か月位の差がみられたが、小型の寄生蜂としてはかなり長寿であった。

(ii) *Scambus planatus* HARTIG

この寄生蜂は第49表に示したように、室温下で雄が平均19.4日生存し、定温では15°Cの場合で17.1日、20°Cで11.9、25°Cで12.4日であった。20°Cで若干短命であったのは調査個体数が少ないための誤差とみなされる。

第49表 *Scambus planatus* 成虫の寿命 (1966)

飼育条件	性別	N	範囲	平均	標準偏差
飼育室内	♂	45	3~31	19.4	±7.04
	♀	1	—	(14)	
25°C	♂	7	7~16	12.4	±3.52
	♀	2	5~8	(6.5)	
20°C	♂	4	5~24	11.9	±7.18
	♀	1	—	(14)	
15°C	♂	14	8~26	17.1	±4.87

雌の場合は調査個体数が少なく判然としない。

(iii) キンモンホソガトビコバチ

室温及び15, 20, 25°Cの定温下でのキンモンホソガトビコバチの寿命は第50表のようであった。すなわち、4

第50表 キンモンホソガトビコバチの寿命 (1966)

飼育温度	餌	性別	個体数	範囲	平均	標準偏差	備考
室温	なし	♀	12個体	1~3日	2.3日	±0.83日	1965年6月の成虫
		♂	64	1~5	2.1	±0.90	
		計	76	1~5	2.1	±0.92	
水	(♀+♂)		22	2~8	4.1	±2.52	1965年4~5月の成虫
	蜂蜜	♀	31	1~14	4.5	±3.56	
		♂	49	1~7	1.9	±1.24	
		計	80	1~14	2.9	±2.78	
25°C	水	♀	16	1~2	1.1	1.07	1966年9月の成虫
		♂	11	1~3	1.6	0.74	
	蜜	♀	10	1~6	2.9	1.97	
		♂	8	1~5	1.9	1.22	
20°C	水	♀	7	1~2	1.4	0.68	1966年9月の成虫
		♂	3	1~2	2.0	0.71	
	蜜	♀	9	2~4	2.6	0.55	
		♂	12	1~3	2.2	0.75	
15°C	水	♀	4	1~5	3.5	1.46	
		♂	3	2~7	4.7	1.84	
	蜜	♀	7	1~9	3.4	2.74	
		♂	10	1~6	3.0	1.61	

~5月ごろの室温下では水を与えた場合、平均で4日間生存したが、6月ごろの成虫で餌をまったくやらないものでは2日位しか生きなかった。一方、定温下の場合は25°Cで、水を与えたものが1~1.6日、蜂蜜を与えたものが2~3日間生き、20°Cではそれぞれ1.4~2日と2.2~2.6日であり、15°Cでは同様に3.5~4.7日と3~3.4日であった。これらの調査結果からみて、本種の寿命は極めて短く、5~6月の気温条件下でも3~7日程度の寿命しかないものと考えられる。また、蜂蜜を与えると若干長寿となる傾向はあるが、それ程顕著なものではなかった。

のではなかった。

IV 寄主当たり寄生数

(i) *Achrysocharoides* sp. と *Achrysocharella* sp.

調査結果は第51表のとおりである。すなわち、*Achrysocharoides* sp. の寄主当たり虫数は1個体の場合が多いが、場所によって若干違いがみられ、産地ごとの平均では1.32~1.96であり、これら全体をさらに平均すると1.60であった。これに対し、*Achrysocharella* sp. は若干多く、平均で2.09個体であった。

第51表 *Achrysocharella* sp. と *Achrysocharoides* sp. の 1 寄主当たり虫数

世代	場所	1 寄主当たり虫数					計	平均
		1匹	2匹	3匹	4匹	5匹		
1	碇ヶ関村久吉 B	7	2	4	1	0	14	1.93
2	" A	15	2	7	0	0	24	1.67
"	B	10	4	3	0	0	17	1.59
"	C	1	0	3	0	0	4	—
4	岩木町岳(ズミ)	8	10	4	0	1	23	1.96
	浪岡町大沢迦	19	16	4	1	0	40	1.78
	むつ市大川目 A	8	5	1	0	0	14	1.50
"	B	41	17	1	0	0	59	1.32
	碇ヶ関村久吉	13	5	1	0	0	19	1.37
4	福島県園試*	14	14	16	1	0	45	2.09

注: *は *Achrysocharella*, 他は *Achrysocharoides*。*を除いた全体の平均と標準偏差は 1.60 ± 0.799 (n = 215)

第52表 *Achrysocharoides* sp. の寄主当たり蛹数(1976)

場所	採集月日	寄主当たり蛹数(個体)				平均
		1	2	3	4	
碇ヶ関村湯の沢	11月25日	15	11	2	0	1.54
平賀町平六(A)	7月16日	23	4	3	1	1.42
" (A)	10月30日	24	13	4	0	1.51
" (B)	10月30日	30	36	1	0	1.57
合 計		92	64	10	1	1.52

第53表 平六における *Achrysocharoides* sp. の寄主当たり蛹数(1977)

世代	1 寄主当たり蛹数			平均
	1	2	3	
第1世代	2	1	1	1.75
第2世代	14	8	3	1.56
第3世代	5	2	1	1.50
第4世代	16	9	0	1.36
計	37	20	5	1.48

V 各種寄生蜂の越冬世代における羽化期

1966年に加温した場合の加温後羽化までの所要日数は第56及び57表のようであった。すなわち、25°Cで加温した場合、寄主であるキンモンホソガは平均7.7日で羽化したのに対し、*Scambus planatus* では約8日かかって羽化し、ホソガサムライコマユバチは17.8日かかった。また、*Scambus planatus* は幼虫態で越冬しているが、加温後蛹化するまでは3~4日、蛹期間が4~5日であった。一方、自然条件に近い状態においてホソガサムライコマユバチは5月29日から6月3日の間に羽化し、50%羽化日は5月30日であった。これは寄主の羽化時期より20日以上遅い。

1969年に野外飼育室内でみた各地産の羽化消長は第18図のとおりである。産地による羽化期の違いはあまりないようであり、*Scambus planatus* が4月下旬、ヒメコバチ類が5月上旬~中旬に羽化した。これらの産地のキンモンホソガ越冬蛹の羽化期は同条件でいずれも4月15日から4月30日ころであり、ほぼ*Scambus planatus* の羽化期と同じであった。なお、ヒメコバチ類の種構成は、久吉、大川目、蛇浦、宮城県、福島県は *Chrysoscharoides* spp.、その他は *Sympiesis laevifrons*

1976年の調査では、*Achrysocharoides* sp. が平賀町平六、碇ヶ関村湯の沢などで多く認められ、1寄主に1~4個体が寄生していた。比較的寄生の多かった4例について調査した結果は第52表のよう寄主当たり平均1.5個体を認めた。

1977年の平賀町平六産のものでは第53表のように世代によって若干変り、早い世代ほど寄主当たりの蛹数が多い傾向を示したが、調査個体数が少ない例もあり、また、第51表及52表の結果と矛盾する世代もあるので、再検討を要する。

(ii) キンモンホソガトビコバチ

1965年は第4世代について13例、1973年は第2世代2例、1975年は第4世代7例、1976年は第1世代5例、第2世代3例、第3世代1例を調査し、第54及び55表のような結果を得た。これからも明らかのように第1~3世代よりも第4世代で少ない傾向を示し、世代ごとの平均値を求める第1世代12.2、第2世代12.2、第3世代11.8、第4世代10.7であった。第3世代は1例しかなかったため、除外するとしても第1世代、第2世代に比較して第4世代は明らかに少ないとみなされる。

第54表 キンモンホソガトビコバチのマミー当りまゆ数

調査年次	世代	場所	調査数 (マミー)	1寄主当たりまゆ数			死率	個体(まゆ)
				範囲	平均	標準偏差		
1965	4	平賀町沖館A	117個	5~19	10.5	±0.70	—	—
		" " B	91	6~20	11.9	0.73	—	—
		" " C	30	7~15	11.1	0.99	—	—
		" " D	64	7~16	10.8	0.74	—	—
		" " E	176	5~17	10.0	0.47	—	—
		唐竹	131	4~18	10.5	0.69	—	—
		黒石市りんご試A	76	6~16	10.4	0.59	—	—
		" " B	96	6~16	10.6	0.58	—	—
		鰯ヶ沢町中村	98	6~17	10.6	0.67	—	—
		森田村	98	4~18	10.7	0.61	—	—
		青森市田茂木野	30	6~18	12.1	1.05	—	—
		" 新城	12	—	9.6	—	—	—
		" 霧谷	10	—	9.2	—	—	—
		黒石市りんご試	36	2~20	12.4	3.54	—	—
1973	2	田舎館村畠中	90	8~23	14.9	3.22	—	—
		黒石市一の渡	591	4~19	10.5	2.42	—	—
		碇ヶ関村	1163	3~20	10.9	2.99	—	—
		大鰐町	197	4~21	10.9	2.68	—	—
		平賀町葛川	524	4~19	11.4	2.82	—	—
		三戸町梅内	292	3~20	10.4	2.71	—	—
		南部町	160	4~19	10.8	2.60	—	—
		" 大向	346	4~18	11.4	2.63	—	—
		黒石市りんご試A	37	6~20	12.4	4.07	5.4	18.9
		" " B	7	7~19	11.7	4.34	0	42.7
1976	1	" 浅瀬石	19	3~18	12.6	3.68	5.3	8.8
		平賀町平六A	104	4~23	12.8	4.41	0	25.4
		" " B	134	4~20	11.5	3.92	10.1	26.9
		黒石市りんご試	41	3~18	9.9	2.98	0	20.5
		" 浅瀬石	91	3~20	12.0	3.78	2.2	14.4
		田舎館村畠中	179	5~20	12.0	2.86	69.7	81.9
		碇ヶ関村	87	3~21	11.8	3.37	6.9	25.2

第56表 キンモンホソガ及びその寄生蜂2種の越冬世代における加温後羽化までの所要日数 (25°C, 76%) (1966)

加温月日	種名	個体数	範囲	平均	標準偏差
2月23日	キンモンホソガ	67	7~9日	7.7日	0.61日
" 22日	<i>Scambus planatus</i>	7	7~12	8.7	1.83
" 24日	ホソガザムラ イコマユバチ	6	16~20	17.8	1.46

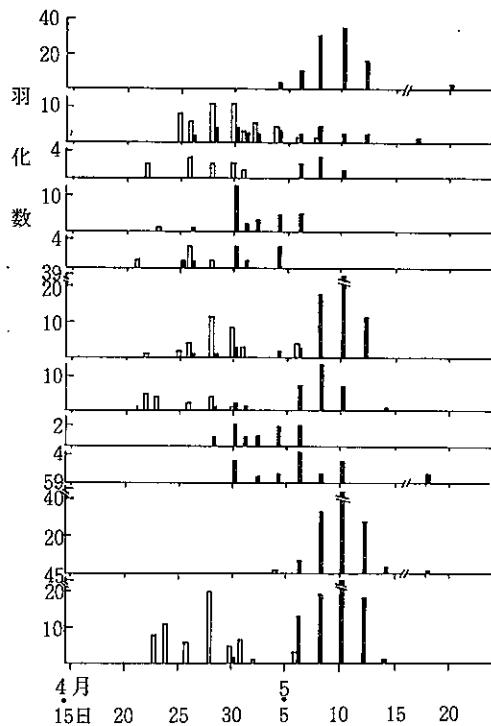
第57表 *Scambus planatus*の加温後羽化までの所要日数 (1966)

加温時期	個体数	幼虫期間	蛹期間
2月下旬	25°C 7	2.9 ± 0.83*	5.1 ± 0.64*
3・中	25 3	4.0	4.3
4・上	20 6	—	9.6 ± 0.80

* 平均士標準偏差

第55表 キンモンホソガトビコバチのマミー当りまゆ数

調査年次	世代	場所	調査マ ミー数	1寄主当りまゆ数		
				範囲	平均	標準偏差
1968	3	弘前市高崎	151	5~21	13.21	±2.94
		"	72	6~17	11.21	2.46
1969	4	黒石市一の渡	591	4~19	10.52	2.42
		平賀町葛川	542	4~19	11.63	3.09
		碇ヶ関村	1343	3~20	10.77	2.79
		大鰐町	209	4~21	10.99	2.65
		三戸町梅内	290	3~20	10.83	3.86
		南部町	160	4~19	10.78	2.60
	" 大向	346	4~18	11.44	2.63	

第18図 *Scambus planatus* (白) とヒメコバチ類 (黒) の羽化消長 (1969)

が主要なものであったので、ヒメコバチ類の羽化時期にみられた産地間差は種構成の違いによるところである。

1978年の野外飼育室における羽化期及びその消長は第58表のようであった。すなわち、比較的羽化時期の早いものは *Chrysocharis albepis* であり、50%羽化日は雄が4月19日、雌が4月22日であった。しかし、この場合は *Cirrospilus* sp. に次いで個体数が少ないため、今後の調査で若干変るおそれもある。次いで *Pnigalio* sp. と *Chrysocharis albepis* が早く羽化し、両者とも50%羽化日が雄で4月22日、雌で4月23日であった。さらに、

Sympiesis laevifrons はこれらより若干遅れて羽化し、50%羽化日が雄では4月26日、雌では5月1日であった。最も遅れて羽化したのは *Achrysocharoides* sp. であり、50%羽化日は雄で5月1日、雌で5月4日であった。なお、*Sympiesis sericeicornis* は5月上旬に雄が羽化し、*Pediobius* sp. は5月中旬とかなり遅れて雄が羽化した。これらの羽化時期は、自然条件の圃場におけるよりもかなり早く羽化しているとみられる。

1978年春期に圃場において、被害葉に網をかけて羽化消長をみたところ第58表よりも全般にかなり遅れて羽化した。すなわち、寄主であるキンモンホソガは5月5～10日に羽化した。これに対し、*Sympiesis laevifrons*

第58表 各種寄生蜂の羽化時期 (1978)

月・日	<i>Symp. laevifrons</i>		<i>Pnigalio</i> sp.		<i>Chry. ujiyei</i>		<i>Chry. albepis</i>		<i>Cirrospilus</i> sp.		<i>Achrysocharoides</i> sp.	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
4月17日					1							
18					3							
19					1	1					2	
20					4	3					1	
21					5	5	2			1	1	
22	3				13	11	—	5	5	1	2	1
23	3				4	16			1		1	
24	11				2	10	1	2				1
25	60					7						
26	44				1				1			
27	36	2				3			1			
28	21	3				2						
29	10	29										1
30	4	29										2
5・1	2	48						1				2
2		27										1
3	1	6										2
4		6										1
5		4										1
合計	195	154	34	58	8	12	7	3	2	4	7	5
50%羽化月日	4.26	5.1	4.22	4.23	4.22	4.23	4.19	4.22	—	—	5.1	5.4

は雄で5月7日が初発、5月19日が50%羽化日であった。雌は5月19日から6月12日まで羽化がみられ、6月1日が50%羽化日であった。*Chrysocharis ujiyei* は雌が5月8日から22日の間に羽化し、50%羽化日は5月15日であった。その他、*Pnigalio* sp. は5月6～14日に、

Cirrospilus sp. は5月11～20日に羽化したが、これらは個体数が少く、明確でない。しかし、種類による羽化の早晚は野外飼育室の場合と同じ傾向であった。

1979年3月2日に20°Cで加温した場合の羽化消長は第59表のようであった。*Pnigalio* sp. は加温後3日めで

第59表 20°Cで加温した場合のキンモンホソガ各種寄生蜂越冬世代の羽化消長 (1979)

加温後日数	<i>Pnigalio</i> sp.		<i>Sympiesis laevifrons</i>		<i>Chrysocharis ujiyei</i>		<i>Chrysocharis albipes</i>		<i>Scambus planatus</i>	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1日										
2										
3	2									
4	0	1								
5	2	1								
6	9	5					1		3	
7	19	16			1		0		14	
8	12	31			2		1		9	1
9	3	11				3	2	1	9	0
10		3				5	2		8	1
11		0	2			4	0		2	1
12		1	2			0	0			2
13		1				2	1			1
14		3				1				
15		3								
16		—								
17		21	2							
18		—	—							
19		—	—							
20		14	17							
21		5	5							
22		6	7							
23		—	—							
24		9	12							
25		3	6							
26		2	2							
27		0	5							
28		—	—							
29		3	11							
30			1							
31			8							
計	47	69	74	76	3	15	7	1	45	6

羽化するものがあり、50%羽化日は雄で8日、雌で8日めであった。*Sympiesis laevifrons* は雄が11～29日にみられ、羽化期間が相当長く、50%羽化日は19日ころであり、雌では17～31日に羽化し、50%羽化日が24日であり、雄よりも5日位遅れた。*Chrysocharis* の2種は6～14日の間に羽化し、*Pnigalio* sp. よりも幾

分遅れた。*Scambus planatus* は6～13日に羽化し、50%羽化日は雄で8日、雌で11日であり、*Chrysocharis* spp. とはほぼ同じ時期に羽化した。

1977年にキンモンホソガトビコバチの越冬世代に寄生した二次寄生蜂2種の野外飼育室における羽化時期は*Pediobius* sp.の場合、第60表のようであった。

第60表 キンモンホソガトビコバチに寄生した
Pediobius sp. の羽化時期 (1977)

場所	個体数	羽化期間	平均羽化日
平賀町平六	9	5・20～6・26	6・2日
碇ヶ関村湯の沢	6	5・27～6・9	6・1日
りんご試	3	5・28～6・9	6・5日
西目屋村川原平	2	5・22, 6・26	—
黒石市浅瀬石	2	5・29, 6・18	—

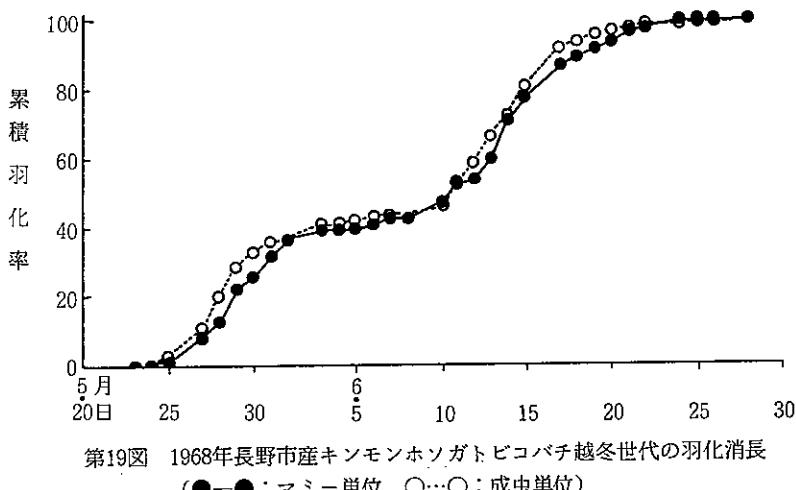
Pediobius sp. では後に述べるキンモンホソガトビコバチの休眠の浅い個体群が大部分羽化を終ったころから羽化し始め、休眠の深い個体群の羽化が終了してからもまだ羽化するものがあった。このように長期間にわたって羽化が行なわれるは寄主の羽化消長にみられる二峰型と関連して注目される。

Closterocerus sp. は5月2日から5月21日までの間に羽化し、平均では5月8日であった。これはキンモンホソガトビコバチの第2群の羽化期よりも10日以上早い。

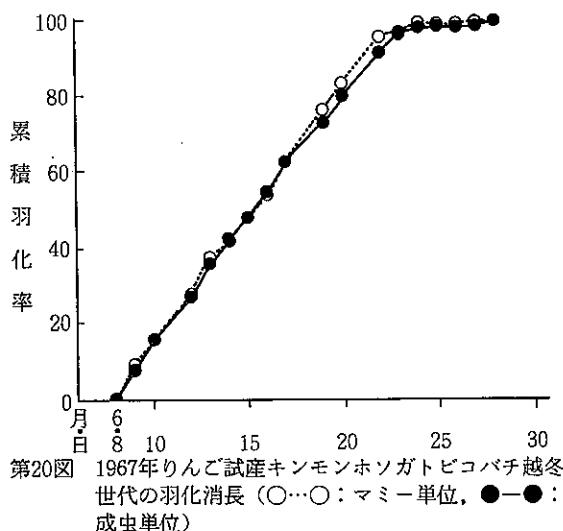
vi キンモンホソガトビコバチの羽化消長

寄生蜂の羽化が1個体でも認められたマミーを羽化マミーとし、マミー単位の羽化消長と羽化成虫数の消長をそれぞれ産地別に第19図と第20図に示した。ただし、りんご試の場合には羽化マミーと羽化成虫は同じ個体群に属するもので、長野産のものは両者が別々の個体群に由来するものである。

すなわち、1967年のりんご試産でも、1968年の長野産でも、羽化の始まったマミーの消長と羽化した成虫の消



第19図 1968年長野市産キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化消長
(●—●: マミー単位, ○…○: 成虫単位)



第20図 1967年りんご試産キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化消長 (○…○: マミー単位, ●—●: 成虫単位)

長とはほとんど並列しており、いずれの調査法でもキンモンホソガトビコバチの羽化期を把握できるとみなされる。しかし、りんご試産と長野産ではその羽化消長が大きく異なっており、前者ではほぼ直線的であったのに対し、長野産では明らかに羽化期が長く、S字曲線が重なった形の羽化曲線を示した。これは羽化の早い個体群と遅い個体群のあることを示唆するものであるが、このことに関しては後で詳しく述べる。このように、マミーからの羽化始めと成虫の羽化消長が一致するのは1つのマミーからの羽化がいっせいに行われるためとみなされる。実際に長野県のものでマミーごとに調査した結果では第61表のようであり、羽化が開始された当日のうちに半数以上が羽化し、翌日までには約90%が羽化した。このことは羽化時期の早晚がマミーの違いに由来することを意味する。

第61表 キンモンホソガトビコバチマミーの羽化期間と羽化消長

羽化開始日からの日数	当日	1日	2日	3日	4日	5日	6日	計
羽化数(匹)	1,138	585	180	45	20	13	7	1,988
羽化率(%)	57.2	29.4	9.1	2.3	1.0	0.7	0.4	

注：供試マミー数 172個

VII キンモンホソガトビコバチの越冬期における温度反応

加温開始から羽化までの日数は第62表のようであった。すなわち、圃場においても5°Cにおいても2月以降に加温すると、加温から羽化までの期間が安定化し、

この時期までにはほぼ休眠発育が終了するものとみなされる。圃場区と5°C区の比較では、5°C区の方が羽化までの所要日数において約5日短く、これは5°Cの下では圃場の積雪下にあるものより、加温前の段階で何かの形で発育が進行していたと考えざるを得ない。

第62表 キンモンホソガトビコバチ越冬まゆの20°Cにおける加温から羽化までの日数

加温月日	圃場に置いたもの				5°Cに保存したもの			
	平均	初発	終息	羽化数	平均	初発	終息	羽化数
12月5日	一日	一日	一日	一匹	一日	一日	一日	一匹
25	59.6 ± 0.6*	56	66	94		—	—	—
1月14日	58.9 ± 5.4	51	86	28	46.1 ± 1.8 *	39	54	66
2月6日	42.0 ± 3.3	23	55	52	37.3 ± 0.8	31	46	187
23日	42.3 ± 2.1	33	46	28	34.9 ± 1.3	28	50	117
3月6日 (5°Cは 5日)	40.3 ± 2.3	35	49	24	34.0 ± 0.7	30	40	113
15日	41.3 ± 1.2	36	60	133	35.7 ± 1.8	28	60	91
4月1日	42.7 ± 1.0	34	54	110	35.5 ± 0.8	28	50	182
9日	41.2 ± 0.8	36	47	94	33.0 ± 0.8	26	40	122

注：*印は±99%信頼限界

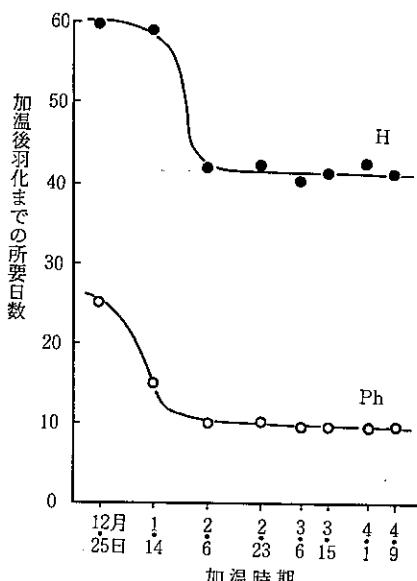
一方、キンモンホソガを同様にして加温処理した結果は、山田ら(1970)の報告に示したが、それより圃場に置いたものについて、各加温時期ごとの羽化までの平均所要日数をトビコバチとあわせて示すと第21図のようであつた。

すなわち、キンモンホソガの場合も2月上旬からは休眠発育が完了しているとみなされた。そこで、2月以降に加温した場合の羽化までの所要日数を平均するとキンモンホソガトビコバチで42日、キンモンホソガでは10日であり、この間32日の差が認められた。

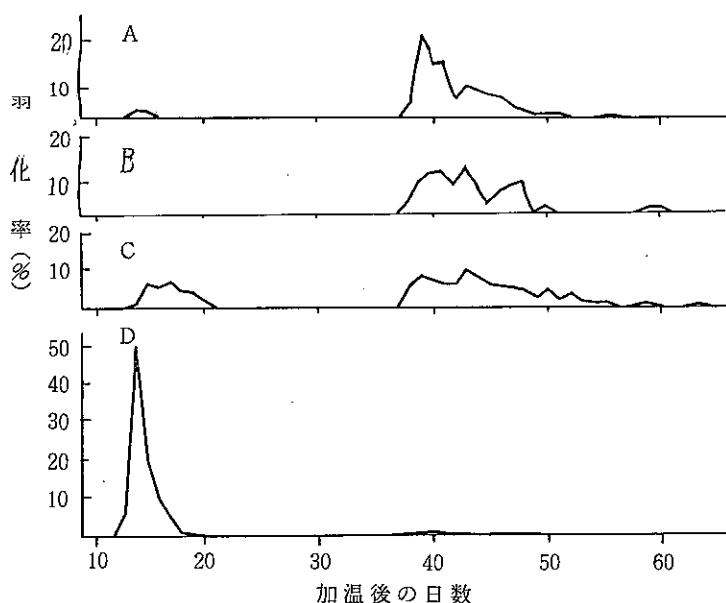
VIII キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化型

(Ⅰ) 産地による羽化消長の違い

第22図は1969~1971年にそれぞれ加温した場合の羽化消長から1969年の主な産地について図示したものである。りんご試産のものでは加温後14.5日でごく少数の羽化をみたものの、本格的な羽化は38日から始まり、40日ころが最盛期となって、50日ころまで続いた。山形県産のものは、羽化初発が加温後38日めであり、40~43日ころを最盛期として、60日後ころまで続いた。宮城県産では加



第21図 キンモンホソガおよびキンモンホソガトビコバチの越冬世代における20°C加温から羽化までの所要日数(H:キンモンホソガトビコバチ, Ph:キンモンホソガ)



第22図 20°Cで加温した場合のキンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化消長 (A: 黒石市産, B: 天童市産, C: 仙台市産, D: 福島市産)

第63表 20°Cに加温した場合のキンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化特性

調査年次	場所	羽化虫数	第1群の比率
1969	黒石市りんご試	571 個体	3.2 %
	尾上町八幡崎	207	88.4
	青森市後瀬	314	0
	むつ市大川目 **	984	93.7
	十和田市深持 **	117	100
	五戸町 **	133	82.7
	三戸町 **	70	74.8
	南部町大向 **	80	6.3
	山形県天童市*	403	0
	宮城県仙台市*	1212	27.9
	福島市 *	1068	98.6
1970	黒石市りんご試	552	0 ~ 1
	山形県天童市*	499	0
	宮城県仙台市*	629	22 ~ 28
	福島市 *	600	57 ~ 64
1971	黒石市りんご試	1606	0.2
	五戸町 **	708	18.8
	宮城県仙台市 *	868	71.0
	福島市 *	1577	66.3
	岩手県盛岡市 *	1232	0
	長野市 *	991	16.8

注: * 県外, ** 南部地域, 他は津軽地域。

温17日めころを最高とする山と42 ~ 3日ころを最高とする山の2峰型となり、その中間は明らかな谷となって、約2週間の非羽化期間を認めた。福島県産では加温後14日めに羽化最盛日を迎えるが、20日後まではほとんどの個体が羽化を終り、その後ごく一部のものが40日後ころに羽化した。このように、キンモンホソガトビコバチには加温後15日前後の早い時期に羽化する個体群と加温後40日前後で羽化する個体群のあることが明らかになった。今、加温後30日までに羽化する個体群を第1群、30日以降に羽化するものを第2群とすれば、前者の比率は黒石で3.2%, 山形県で0%, 宮城県で27.9%, 福島県で98.6%となる。产地ごとに第1群の比率で表わすと第63表のようであった。

1970年加温の場合もこの傾向は変らず、仙台市産と福島市産で若干前半の羽化率が低下した程度であった。

さらに、1971年の場合にも仙台市産、福島市産で前年通り、第1群と第2群が比較的均衡した割合で混在し、りんご試産では第2群の比率が圧倒的に高かった。また、長野市産のものは第2群が多く、第1群も16.8%認められた。盛岡市産のものはすべて加温後30日以降に羽化し、第1群がみられなかった。

一方、加温しないで、野外飼育室で羽化させた場合、その羽化消長は外気温の変化に伴って乱れがちであるが、それでも2つの群が明らかに認められ、その年の羽化消長から第1群と第2群を区分して、第1群の占める比率を示すと第64表のようであった。これより明らかのように、全体的な傾向は加温処理した場合と同様であり、県外の場合、福島市で第1群の比率が高く、天童市と盛岡市では第2群が大部分を占め、長野市と仙台市では両者の比率が近接した2峰型の羽化消長を示した。一方、県内の場合は黒石市りんご試、田舎館村、平賀町唐竹、岩木町岳、浪岡町大糸込、大鰐町藏館、鰐ヶ沢町松代などで第2群が大部分を占め、黒石市一の渡、碇ヶ関村及び同村久吉、青森市雲谷、十和田市深持及び伝法寺、田子町などで年によって80%以上の第1群が認められた。その他の場所では第1群の比率で10~80%占めるものが多かった。

このような羽化型は同一場所でも年による変動が認め

第64表 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の産地別羽化特性

調査年次	場所	供試マミー数	羽化虫数	第1群の比率	調査年次	場所	供試マミー数	羽化虫数	第1群の比率
1967	黒石市りんご試		908 個体	0 %	1971	田舎館村田舎館	436 個体	0 %	
1968	" "	200	1105	0		" 畑中	693	4.8	
	長野市*	500	3163	43.0		平賀町唐竹	537	4.1	
1969	黒石市りんご試		3810	0.7		大鰐町	290	0.7	
	田舎館村		73	0		" 蔵館	313	4.0	
	岩木町岳		74	0		碇ヶ関村	382	37.7	
	" 枯木平		168	0		" 久吉A	305	60.1	
	浪岡町大糸迦		156	0		" " B	719	79.9	
	碇ヶ関村碇ヶ関		92	79.0		鰺ヶ沢町松代	2743	0.6	
	" 久吉A		115	100		浪岡町大糸迦	2127	5.0	
	" " B		75	83.0		鰺ヶ沢町中村A	1092	0	
	青森市白旗野		553	2.4		" " B	3199	0.3	
	" 新城		217	47.0		青森市雲谷	1725	51.4	
	" 雲谷		283	82.0		" 新城	1487	12.3	
	むつ市大川目**		1053	66.0		三戸町**	748	10.5	
	" 角違**		83	28.0		" 泉山**	609	16.8	
	" 赤川**		773	35.9		五戸町**	1625	11.4	
	十和田市深持**		65	100		岩手県盛岡市*	1403	0.9	
	" 伝法寺**		232	85.5		宮城県仙台市*	904	72.6	
	八戸市高館**		104	67.3		長野市*	942	22.2	
	田子町**		341	82.1	1976	黒石市一の渡	1720	99	
	山形県*		1654	0		大鰐町	695	76	
	宮城県*		628	35.5		碇ヶ関村	1002	100	
	福島県*		3103	87.6		南部町大向**	666	2	
1971	黒石市りんご試		2554	0		三戸町梅内**	555	4	
	" " 2号園		352	0					

注: * 県外, ** 南部地域, 他は津軽地域。

られ、特に両群が均衡した比率で混在している場所で激しい傾向がある。例えば、りんご試では1967~1971年の5年間で第1群の比率が0~3.2%の範囲で比較的安定していたが、五戸町では1969年の加温したもので1群が82.7%あったものが1971年には11.4~18.8%に減少した。同様に変動の激しい例は碇ヶ関村、大鰐町、三戸町などでもみられ、県外の仙台市、福島市などでもかなりの変動幅が認められた。

県単位での羽化型の分布をみると第1群の比率が高い順位は福島市>仙台市・長野市>天童市・盛岡市・黒石市となり、暖地程高い傾向がみられた。一方、青森県内の分布をみると第1群の多いところは津軽地方よりも南部地方に広くみられた。しかし、津軽地方でも碇ヶ関村、青森市の山手など温量の少ないとされるところでもしろ第1群の比率が高く、南部地方の場合も、三戸町、南部町のように温量の高いところでよりも十和田市、田子町、むつ市などの低温量地域で、第1群の比率が高か

った。このように、県外の分布と県内の分布が温量という面からみると一見矛盾しているが、これは恐らく、寄主の発育程度並びに休眠時期と関連あるものと考えられる。なお、岩木町岳及び枯木平は標高が420~450mと非常に高い場所にあり、前記の碇ヶ関村、青森市雲谷などよりさらに温量が少ない。このため、キンモンホソガの発生回数は黒石市のような平野部に比較して1回少なくなっていると考えられる。このような場所で再び第1群の比率が低下していることは注目される。

1969年のキンモンホソガトビコバチ羽化消長調査の際に調べた産地ごとの完全羽化マミー率、まゆ当り羽化率、発育段階別死亡率、マミー当りまゆ数などを第65表に示した。なお、ここで、完全羽化マミーはマミー内のすべての個体が羽化を完了したものを指し、この比率は0~51.8%の範囲にあり、平均値は47.5%であった。まゆ当りの羽化率は11.5~98.6%で、平均73.9%であり、当然ながら完全羽化マミー率との間には高い相関関係

第65表 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の生存率及びマミー当りまゆ数（1969）

産地	マミー数	完全羽化 マミー数	まゆ数	まゆ当り 羽化率	死 亡 まゆ数	発育段階別死亡率			マミー当 りまゆ数
						幼虫	蛹	成虫	
青森市白旗野	49	69.4%	642	92.4%	49	0%	4.5%	3.1%	13.1
新城	24	75.0	296	92.9	21	0.3	0	6.8	12.3
雲谷	34	82.4	424	91.0	38	1.7	6.8	0.5	12.5
岩木町岳（ズミ）	23	60.9	146	80.8	28	0	19.2	0	(6.4)
枯木平	25	44.0	303	85.5	44	0	14.5	0	12.1
浪岡町大釧迦	12	0	218	11.5	193	3.7	25.7	59.2	18.2
" (ズミ)	27	7.4	325	53.8	150	10.8	0	35.4	12.0
黒石市りんご試	157	66.2	1972	92.6	147	2.6	1.9	3.0	12.6
田舎館村	11	45.5	132	98.0	29	7.6	11.4	3.0	12.0
尾上町八幡崎	23	47.8	305	80.7	59	0.7	4.6	14.1	11.3
碇ヶ関村	52	73.1	656	93.9	40	0.9	2.4	2.7	12.6
久吉A	11	81.8	141	98.6	2	0.7	0.7	0	12.6
" B	8	50.0	105	81.9	19	0	18.0	0	13.1
" C	10	30.0	127	66.1	43	0	12.6	21.3	12.7
むつ市赤川（放）	15	0	178	3.4	172	6.7	6.7	83.2	11.9
" (防)	62	71.0	815	94.4	46	3.6	0.1	2.0	13.2
角違	13	30.8	176	69.3	54	8.5	9.7	12.5	13.5
大川目	123	56.9	1544	70.1	461	2.1	5.3	22.5	12.6
田子町	41	39.0	493	79.7	100	7.9	7.9	4.5	12.0
十和田市伝法寺	42	42.9	451	90.2	44	4.0	4.7	1.1	10.7
沢田	23	34.8	226	27.5	147	1.4	0	49.5	12.5
五戸町	12	41.7	147	88.4	17	1.4	0	10.2	12.3
三戸町	7	28.6	93	36.6	59	0	19.4	44.1	13.2
八戸市高館	10	60.0	140	79.3	29	10.0	10.0	0.7	14.0
宮城県仙台市	117	30.8	1315	74.1	341	0.5	4.0	21.4	11.2
福島市A	172	62.2	1912	93.4	126	2.7	1.2	2.8	11.1
" B	96	49.0	1191	91.4	102	0.8	0.8	6.9	12.4
平均		47.45		73.90		2.91	7.11	15.20	12.60*
		± 22.35		± 25.41		± 3.31	± 7.02	± 20.97	± 13.43

注：*リンゴ以外の寄主植物（ズミ）から得たものであるため除外した。

($r=0.823$) が認められた。一方、まゆ内で死ごもりした個体の発育段階は成虫>蛹>幼虫の順に多く、それぞれの全まゆ数に対する死亡率は幼虫が 2.9%，蛹が 7.1%，成虫が 15.2% であった。特に成虫での死亡は産地により非常に大きな差があり、0%が 4か所あったのに対し、むつ市赤川のように 83.2% のところもあった。このような死亡率をもたらす原因は明らかでない。また、この調査では冬期間をほとんど同じ飼育条件で経過しているため、これをもって自然条件下での生存率を云々することはできない。

マミー当りのまゆ数はすでに述べたが、ここでは羽化調査に用いたマミーについてだけ調べた。全般に越冬世代としてはマミー当りのまゆ数が多く、これは羽化調査に当って貧弱なマミーを除いたためである。また、岩木町岳

のものはズミから得られたマミーで、幾分小型であった。

(ii) 秋期の採集時期と羽化時期

1976年越冬世代キンモンホソガトビコバチを9月中旬～12月中旬の間に1～数回同一園から採集し、それぞれについて羽化消長における第1群と第2群の比率をみたところ第66表のようであった。すなわち、

ア、採集月日の早いもの（キンモンホソガの第3世代に寄生）では前年秋に羽化した個体もあったが、一部越冬後に羽化したもののがみられた。

イ、羽化消長は産地により異なっていたが、第1群と第2群の羽化時期は1976年の場合6月5日が境となった。産地による羽化消長の差は第1群が多いか、第2群が多いかといった比率の差に基づくもので、第1群又は第2群の現われる時期は産地によりあまり差がみられなかった。

第66表 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化時期 (1977)

場所	採集月日	マミー数	羽化数	第1群の比率	マミー当たり羽化数	越冬前(前年) 羽化数
津軽 黒石市浅瀬石 "りんご試	10.21	53	281	100	5.30	
	10.30	106	370	100	3.49	
	12.9	56	258	99.6	5.44	
	9.18	52	32	100	0.62	184
	11.1	283	1539	99.6	5.44	
	12.9	24	50	100	2.08	
西目屋村川原平 碇ヶ関村碇ヶ関	10.27	95	458	58.1	4.82	
	11.25	67	320	61.9	4.78	
	10.2	141	840	32.9	5.96	
	11.5	96	746	72.5	7.77	
"湯の沢	10.13	123	522	97.3	4.24	
	11.25	212	1664	99.0	7.85	
	9.28	27	59	100	2.19	40
平賀町平六 田舎館村畠中	10.30	170	953	73.5	5.61	
	9.20	59	6	100	0.10	28
	11.26	30	157	100	5.23	
金木町 五所川原市原子 岩木町弥生	12.9	12	57	100	4.75	
	10.26	106	503	6.8	4.75	
	10.26	38	212	100	5.58	
県南 三戸町梅内 "三戸 "泉山 南部町南部 "大向	10.27	22	126	7.9	5.73	
	12.14	12	12	0	1.00	
	12.14	5	10	100	2.00	
	12.14	31	166	6.6	5.35	
	12.14	9	38	23.7	4.22	
	12.14	5	24	62.5	4.80	

ウ、羽化の大部分が第1群に入る単峰型であった地区は黒石市浅瀬石、りんご試、田舎館村畠中、五所川原市原子、碇ヶ関村湯の沢で、湯の沢を除いては津軽平野の平坦部のリンゴ園であった。一方、両群を認めた地区は西目屋村川原平、碇ヶ関村碇ヶ関、平賀町平六、金木町、岩木町弥生で、山間部、山際などリンゴ主産地の周辺部であった。

エ、同一地点で採集月日の異なる資料を比較すると、碇ヶ関では遅く採集したもので第1群の羽化がやや増加したが、他地域産のものは明確な差がみられなかった。

オ、第64表で分るようにりんご試産のものが1967~1971年では第1群の比率が低く、1%以下であったのが、1977年では逆に第2群が1%以下に変った。

(Ⅲ) 同一地域における園地の比較

このような発生型の差がもっと小範囲の栽培管理の異なる園地間にも認められるものかどうかについて検討するため、尾上町新山地区の水田内に孤立した約2.5haのリンゴ園集団について、園主別にキンモンホソガトビコバチを採集し、室内における羽化消長を調査した結果、

第67表のようであった。すなわち、いずれの園においても、第2群が多く、キンモンホソガの密度が低かったB園とG園でそれぞれ6.2と7.0%の第1群を認めた外は第2群だけであった。このような結果からみて、栽培管理は羽化型決定に重要とはいえない。

(Ⅳ) 新梢内の葉位と羽化型

同一園内でも徒長枝や二次伸長のある場合、キンモンホソガ越冬世代の産卵されるころにまだ生長を続いているものがある。このような場合、葉位により産卵時期が遅れるためにキンモンホソガの発育も遅れ、いろいろな発育形態が、葉位を追って認められることになる。このことは一方では休眠に入る時期が葉位によって変りうることを示唆している。このような条件の寄主にキンモンホソガトビコバチが寄生した場合にその羽化型に何らかの影響を与えるかどうかを検討するために以下の調査を実施した。

すなわち、1970年の最終世代キンモンホソガトビコバチを黒石市と青森市雲谷で新梢の葉位別に採集し、1971年2月1日に20~21°Cで加温して、羽化消長を調査した。

第67表 特定栽培集団（2.5 ha）におけるキンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化特性

園別	防除方法	羽化虫数	第1群 の比 率	第4世代* 寄主潜孔数	トビコバチ** 寄生率
A	定置配管共防	278 個体	0 %	12.0 個	6.7 %
A'	"	286	0	41.0	10.9
B	"	316	6.2	< 1.0	12.3
C	"	305	0	11.0	3.0
D	S S 共防	149	0	15.5	11.3
E	定置配管共防	132	0	1.5	3.2
F	個人防除	195	0	8.0	3.2
G	定置配管共防	129	7.0	0.6	4.2
H	個人防除	58	0	8.0	5.1
I	"	232	0	1.0	9.9
全 体	—	2070	1.4	—	—

注：* 新梢中位葉 100 枚当たり平均密度

** 調査潜孔数に対する比率

黒石市ではりんご試験場のふじの苗木で、新梢先端からの葉位別に 6 葉位以内、8～12 葉位、15 葉位以上の三段階に、雲谷では国光成木から発育の盛んな新梢を選び、その一次伸長葉と二次伸長葉に分けて採集した。

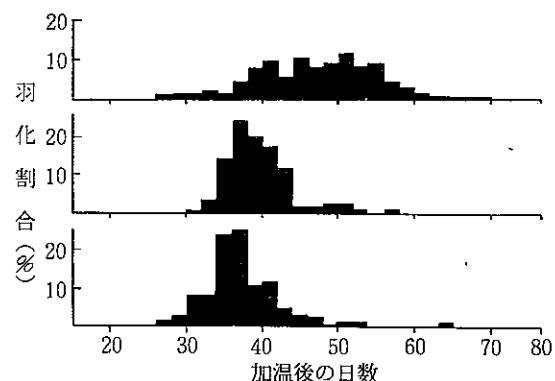
これらの調査結果は第 2 群の多いりんご試の場合、第 23 図のようであり、いずれの葉位のものも第 1 群とみなされる加温後 28 日までに羽化する個体は認められなかった。しかし、先端 6 葉位までのものでは羽化時期がさらに後方に延びる傾向があり、羽化消長を示す曲線も下位葉の場合よりもなだらかなものとなった。これは恐らく、先端に近い葉では発育の遅れた個体がそのまま越冬し、それらの個体が羽化までにより長い日数を要したためと考えられる。

キンモンホソガトビコバチの羽化消長が 2 峰型を示す雲谷の場合は第 24 図に示したように、葉位による羽化型の顕著な差は認められず、どちらも第 1 群が幾分多い 2 峰型を示した。しかし、一次葉では、二次葉よりも明らか第 2 群の比率が低い傾向を認めた。また、二次伸長葉の場合、第 2 群の羽化は非常に乱れて後方に延長し、加温後 60～70 日後でようやく羽化する個体もあり、りんご試の 1～6 葉位で認められたと同様の傾向で、その成因も同じと考えられる。両産地のものの比較から、第 1 群と第 2 群の分離にかかわる非遺伝的な要因を確認することはできなかった。

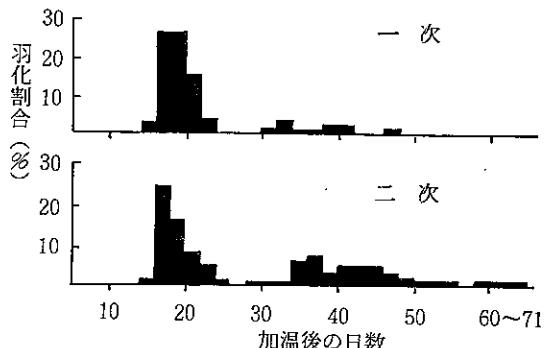
(v) 性別と羽化型

加温した場合の性別による羽化消長は第 25 図のようであった。すなわち、第 2 群の個体が多いりんご試産のものでは、少数あった第 1 群の個体はすべて雄であったが、これは例外的なものとみられる。

福島市産のものは第 1 群に属する個体が大部分を占め、



第23図 りんご試産キンモンホソガトビコバチ羽化期の新梢葉位による違い
上：先端 6 葉以内、(547 個体)
中：8～12 葉位 (793 個体)
下：15 葉位以上 (446 個体)



第24図 青森市雲谷産キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化期における一次伸長葉と二次伸長葉による違い。

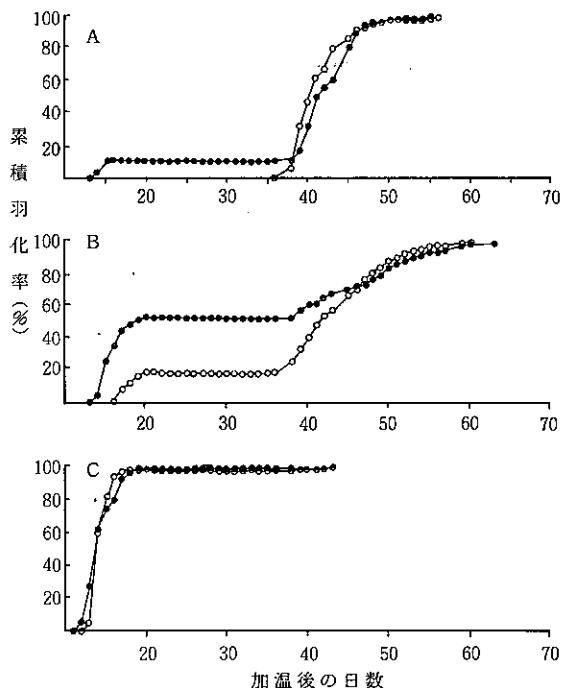
調査個体数：一次が 269、二次が 1192 個体

この場合、雌雄による羽化時期の差はほとんどなかった。

仙台市産では第1群と第2群の個体が混在しており、雄は第1群で約50%の羽化をみたが、雌は20%弱の羽化に留まった。

一方、加温しない場合の第1群、第2群で占める性比

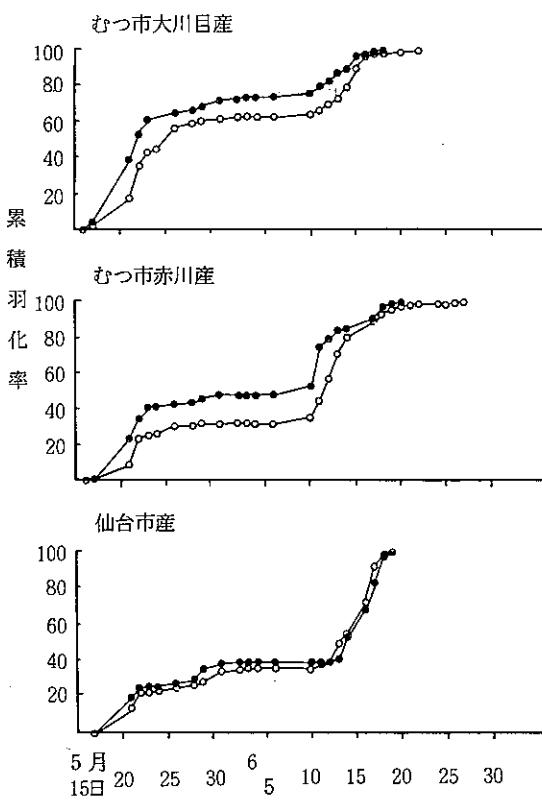
は第68表のようであり、この中で、両方の型を多く含んでいる3地点について羽化消長を示したのが第26図である。全体的に雌の割合が高い中で、第1群と第2群に属する性比の変化は、前者で幾分雌の比率が低い傾向があるものの、産地によっては逆の例もあり、必ずしも一定



第25図 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の20°Cで加温した場合の雌雄別の羽化消長 (●—●: 雄, ○—○: 雌, 1969年調, A: りんご試産, B: 仙台市産, C: 福島市産)

第68表 キンモンホソガトビコバチ越冬世代の羽化型と性比 (1969)

場所	第1群		第2群	
	虫数	雌の比率	虫数	雌の比率
黒石市りんご試	37	45.9%	3790	68.4%
青森市新城	98	44.9	115	81.7
” 雲谷	243	72.4	74	68.9
” 白旗野	13	100	540	72.6
岩木町枯木平	0	—	168	67.9
浪岡町大沢迫	0	—	156	70.6
むつ市大川目	711	54.4	347	67.1
” 赤川	279	68.8	499	81.6
十和田市伝法寺	201	85.1	31	80.6
田子町	293	76.8	44	95.5
八戸市高館	70	60.0	34	41.2
天童市	0	—	1580	53.0
仙台市	233	63.9	455	57.8
福島市	2751	79.9	363	88.2



第26図 常温下におけるキンモンホソガトビコバチ越冬世代の雌雄別羽化消長 (1969)

(A: むつ市大川目産, B: むつ市赤川産, C: 仙台市産 ●—●: 雄, ○—○: 雌)

していなかった。3地点の羽化曲線をみても、全般に雄が雌に比較して早く羽化する傾向はあるものの、第1群が雄で、第2群が雌というような雌雄による差でないことは明らかである。

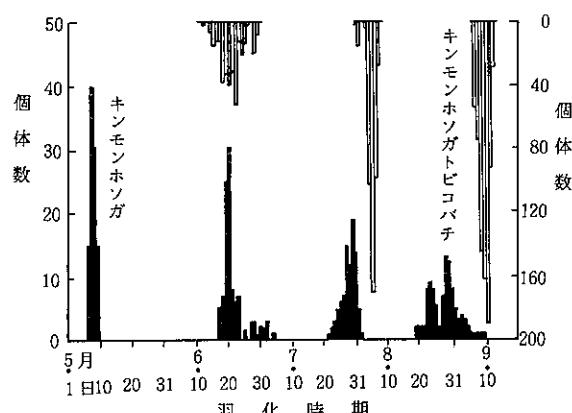
IX キンモンホソガトビコバチの周年経過

1965年におけるキンモンホソガトビコバチの羽化時期は第27図に示した。同時にこの年のキンモンホソガの羽化時期を描き、両者を対応させてみた。この際、キンモンホソガの羽化消長は山田ら (1970) より引用した。

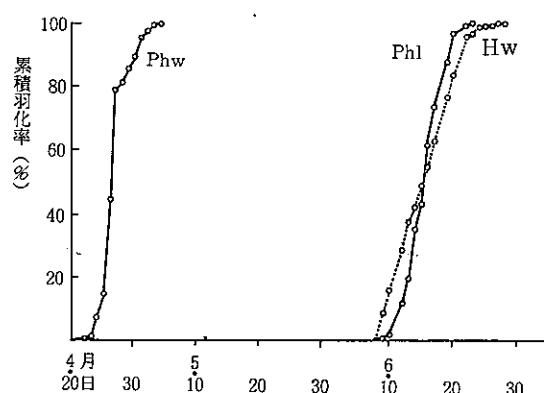
キンモンホソガトビコバチの越冬世代成虫はキンモンホソガの第1世代成虫羽化期とほぼ同時に羽化した。その後第1世代成虫は寄主の第2世代成虫より幾分遅れて、7月末～8月始めに多く羽化し、第2世代成虫は寄主の羽化期よりも1週間～10日遅れて羽化し、9月10日ころ

に羽化最盛期を迎えた。世代によって寄主の羽化最盛期から寄生蜂の羽化最盛期までの間隔が変化していたが、これは越冬世代を除けば各羽化時の気温の高低で説明できる程度のものであり、寄主の卵が最も多い時期にキンモンホソガトビコバチの羽化が行われていたとみることができる。ここで、越冬世代成虫が寄主の卵期でなく、成虫期に羽化最盛期を迎えた。この点に関して検討するため、1967年に再び同様の調査を実施したところ、第28図のような結果を得た。すなわち、1967年の場合も1965年とまったく同様であった。

これにはキンモンホソガトビコバチ越冬世代蛹の棲息場所である地表面とキンモンホソガ第1世代の棲息場所である樹上との微気象の違いを考慮しなければならない。



第27図 キンモンホソガおよびキンモンホソガトビコバチ成虫の羽化時期(1965)



第28図 キンモンホソガトビコバチ越冬世代(Hw)成虫とキンモンホソガ越冬世代(Phl)と第1世代(Phl)成虫の羽化時期(1967年)

考 察

氏家(1976a)はキンモンホソガの寄生蜂全般にわたってその生態的な知見を報告した。そのうち、性比はキン

モンホソガトビコバチ、ホソガサムライコマユバチ、*Scambus planatus*など約10種の寄生蜂について記録している。既報の知見を含めて各種寄生蜂の性比の特性を次のように類別することができる。すなわち、雄をまったく認めないものとしてホソガサムライコマユバチ、雌に対して雄の比率が高いものとして*Scambus planatus*, *Cirrospilus* sp., *Pediobius* sp., 逆に雌の比率が高いものとして*Sympiesis ringoniella*と*Pnigalio* sp., がある。その他のものは雌雄の比が接近していたり、調査事例によって変動がみられるものである。ただし、キンモンホソガトビコバチの場合は本調査の38例中2例で雌の比率が40%台を示した外はすべて50%を越えており、氏家の示した6例でもすべて雌の割合が多いことから本寄生蜂は一般に雌が多く現われるものみなされる。

キンモンホソガ各種寄生蜂の寿命については*Scambus planatus*とホソガサムライコマユバチについて若干の知見が報告されているが、前者で長期生存する点は本調査の結果と一致していた(氏家 1976a)。*Sympiesis laevifrons*は寄主の成虫期に羽化するので、その世代TFに寄生するためにはその間に成虫のまま生き延びなければならない。本調査の結果はほぼそれを裏付けるものであり、この寄生蜂はキンモンホソガにかなり適応した生活史をもっているとみなすことができる。しかし、成虫期の寿命が長いことはその間に餌を摂取することを示唆しており、生物的防除に活用するような場合、餌の確保が重要となる。また、成虫期間が長いとそれだけ農薬の被害を受け易いことになる。一方、キンモンホソガトビコバチの場合は寿命が非常に短く、寄主の卵に寄生するためには寄主の成虫期ころに羽化しなければならない。実際にこの寄生蜂はその時期に羽化し、*Sympiesis laevifrons*とは異った形で寄主の生活史に適応しているとみなすことができる。このように寄生蜂成虫の寿命に関する資料は寄主への依存程度を評価する上で重要なばかりでなく、殺虫剤使用時の天敵保護を図る上でも必要である。

キンモンホソガ及び類似のハモグリガに寄生する種としてキンモンホソガトビコバチ、*Achrysocharoides cilla* WALKER, *Achrysocharoides* sp.などが知られている(氏家 1976a, 1980)。このうち、キンモンホソガトビコバチは多胚生殖を行うため、同一寄主から羽化する成虫は原則として同性である(立川 1966)。多寄生の場合は性比と同様に寄主・寄生蜂指數を評価する際に注意が必要である。すなわち、死亡要因の実態調査や生命表調査では寄主を単位として取扱っているので、多寄生の種では次世代へ寄与する個体数がはるかに多くなる。

キンモンホソガ寄生蜂の羽化時期は盛岡市の常温下で調べた5種の越冬世代に関する報告がある(氏家 1976a)。常温では年次や場所によって羽化時期が変わるが、寄主の羽化時期と対比すると考察し易い。寄主と寄生蜂を同時に調査した事例では盛岡と黒石でほとんど一致しているとみなされる。すなわち、本調査で新たに確認できた種を含めて示すと、寄主とほぼ同じ時期に羽化するものは*Scambus planatus*, *Pnigalio* sp., *Chrysocaris* sp., *Cirrospilus* sp.などがあり、それよりやや遅れて羽化するものには*Sympiesis laevifrons*, ホソガサムライコマユバチ, *Achrysocharoides* などがある。このうち、*Scambus planatus* はハマキなど広い寄主をもっており(MOMOIら 1978), *Cirrospilus* sp.と*Pnigalio* sp.はギンモンモグリガにも寄生する(川嶋 1982)。このように羽化期の早い寄生蜂の中にキンモンホソガ以外の寄主にも寄生できる能力をもっていることは寄生蜂にみられる適応戦略の多様性を示すものとして興味深い。

キンモンホソガトビコバチの生態において特に注目されるのは越冬世代における羽化消長の2峰性である。このような羽化型がどのような適応的意味をもつかは今のところ推論の域を出ないが、前半の山で羽化する第1群は寄主の第1世代に、後半の山で羽化する第2群は第2世代に寄生できるように分化したのではないかと考えられる。すなわち、越冬後の温量でみるとキンモンホソガトビコバチでは20°Cの条件下で、前半の羽化盛期までは14~20日を要し、後半の羽化盛期までは40~45日を要する。一方、キンモンホソガの20°Cにおける発育は越冬後の蛹期間が10日、羽化後産卵盛期までの日数が3日、第1世代の卵期間が6.8日、第1世代の幼虫期間16日、同じく蛹期間8.1日、産卵最盛日までの日数3日などの資料(山田ら1970, 氏家1969)に基づけば、第1世代で寄主の卵が多い時期とトビコバチの第1群の羽化期がよく一致することになり、寄主の第2世代とトビコバチの第

2群では寄主よりも数日早めにトビコバチが羽化することになる。しかし、第1世代のキンモンホソガは樹上で経過するのに対し、キンモンホソガトビコバチの越冬世代は地表面で経過し、この際、地表の温度は消雪後しばらくは輻射熱で気温より高くなることがあり、下草が繁茂するようになれば逆に気温よりも低くなる傾向がある。また、圃場のキンモンホソガ第1世代に対して高率で寄生している事例が少くないことを含めて考えれば、前記の20°Cにおける発育のすればむしろ環境適応的な現象とも考えられる。今後このような観点から圃場における棲息場所を考慮した微気象の調査が望まれる。いずれにしても2峰型を生ずる原因是温度反応の異なる個体が混在しているためであり、それぞれの個体群が遺伝的に異なる休眠性をもっているのか、休眠誘起時の環境条件や寄主の生理的条件などによって異った休眠性を示すのかは今後さらに検討が必要である。なお、このような発生型が同一場所でも年次によって大きく変わった事例は重大である。このような羽化多型の事例は、セクロピアガでも知られており、それでは数世代の淘汰で前半に羽化するグループと後半に羽化するグループの比率を大きくかえることができる。(BOULTBAUER 1975)。この際、淘汰要因としては寄主密度や環境条件による寄主との発育差などが考えられる。一般に低密度時は機械的な遺伝子が淘汰され、保守的な遺伝子をもった個体群が多くなり、高密度時は機械的なものも生き残る機会が多くなってその比率が高まると考えられる。また、環境条件による寄主と寄生蜂の発育のすればキンモンホソガトビコバチの場合、越冬後羽化までに多くの日数を要する第2群で影響を受け易いと考えられる。いずれにしてもこのような発生型の年次変動はキンモンホソガトビコバチの増殖に関連するばかりでなく、寄主であるキンモンホソガの密度変動に重要な係りをもつてゐる可能性があるので、キンモンホソガの防除や発生予察上からも今後の解明が期待される。

VII 潜孔の分布と密度推定法

害虫の発生予察や個体群動態を研究するためには、圃場における害虫やその天敵の密度を適確に推定する必要がある。リンゴ園におけるある害虫の密度を知ろうとした場合、目標とした圃場の全個体数を調査できる例は稀であり、一般には標本抽出により密度を推定しなければならない。この際、どのような標本抽出を行うかは調査労力、調査目的と必要精度などを勘案して決めるべきであるが、適正な抽出を行うためにはその害虫の分布特性を明らかにすることが欠かせない。すでに、このような

観点からキンモンホソガの潜孔の空間分布、中でも樹冠内の分布実態について明らかにし、果そう又は新梢中位葉を抽出することによる園内密度の推定法を各世代わたりて報告した(山田ら 1971, 山田ら 1972, SEKITA & YAMADA 1973)。しかし、抽出単位を変えた場合や複数の園地を含む小地域全体の場合については未検討であり、また、分布の経時的変化に対応した調査も不充分である。特に冬期の落葉内における生存過程を明らかにするにはこの時期のキンモンホソガとその天敵の密度推定法を確

立する必要がある。このような見地から本章では年間を通じてキンモンホソガの分布実態を明らかにすると共にいろいろな調査目的に対応できるような密度推定法の検討を試みることとした。

調査方法

i 独立した集団地における潜孔の分布

1969年6～11月に青森県南津軽郡尾上町のリンゴ園約2.5 haを調査地域とした。ここは周囲が水田に囲まれた平坦地で、他の地域からのキンモンホソガの移入は比較的小ないとみなされる地形にある。調査地域は栽培者が異なる数園からなり、その管理状態から、A, A', B, C, D, E, F, G, H, I, Jに区分した。各園地ごとにリンゴ樹の品種栽植図を作成し、栽培管理の概要を聞きとり及び観察によって記録した。

調査は原則として全樹を対象に実施し、各樹から1～2 mの高さにある果そう（第1世代）又は新梢中位葉（第2～4世代）を抽出し、それぞれについてテント状潜孔を数えた。なお、樹当たり調査数は第1世代で90果そう、第2世代で100葉、第3～4世代で50葉とした。密度調査は第1世代を6月24日、第2世代を7月30日、第3世代を8月19日、第4世代を11月5日に実施した。これは各世代ともほとんどの個体がTF以降の発育段階に達した時期に相当する。

ii 落葉の園内分布

(i) 1968年3月に三戸郡南部町大向の平坦なりんご園において、30年生の国光15本を対象に第38図のような位置から50×50cm枠内の落葉を採集して、実験室内で風乾後重量を測定した。なお、本園の栽植距離は8.4×8.4 mである。

(ii) 1972年2月24日に南部町大向のリンゴ園3か所において樹幹から1, 2, 3 m離れた地点の25×25cm枠内の落葉を集め、葉数、テント状潜孔のある葉数、潜孔数および潜孔の内容を調査した。

(iii) 1972年3月28日～29日に七戸町、十和田市などにおいて同様の調査を行なった。しかし、ここでは葉数を数えなかったのでテント状潜孔数およびその内容についてだけ調査した。

iii 一般園における落葉の分布と集中性

1973～1979年の初冬及び早春に青森県内22か所の園から一定の方法に従って落葉を採集し、初冬には潜孔を開いてキンモンホソガの生死及び寄生蜂の種類を調査し、早春の場合は落葉の分解が困難なことが多いのでそのままポリ袋に入れ、成虫の羽化が終わってから、虫数を調査し

た。落葉の採集はりんご試C3圃を除けばすべて樹幹より南北又は東西方向へ2 mの地点から25×25cmの区画を単位として行なった。C3圃の場合は樹齢が若く、樹冠も小さいので、樹幹より1 mの地点で採集した。この調査は毎年同一園で4～5年続けて行なったところや1年だけの調査で終ったところもあり、必ずしも一定していない。

iv 第2世代以降における新梢の抽出

1979年は第3および第4世代のキンモンホソガについて、りんご試の2圃場及び津軽地方の数か所で延べ10園において、新梢当たりのテント状潜孔数を調査し、同時に同じ圃場における新梢中位葉の密度も調べた。なお、1園当たりの調査樹数は5～27本であり、樹当たり調査新梢数は長新梢（15cm以上）10～20本とし、高密度の園で少なくした。新梢中位葉における密度は新梢調査と同じ樹で調査したが、新梢調査で抽出した枝と中位葉調査で抽出した新梢は必ずしも一致せず、各々独立に行った。

v 結果枝当たりの分布

1974～1979年にりんご試内の3園、田舎館村畠中、平賀町平六の5園において調査した資料を用いた。すなわち、毎年第1世代の羽化期ころに第1回めの調査を行った。この際、あらかじめ任意に決めた調査樹のほぼ目通りの高さにあり、直徑3cm位の4～5年生枝1～2本を調査枝として決めた。調査枝内の長新梢について長、中、短の長さ別に区分してキンモンホソガの潜孔数を数えた。なお、調査した潜孔はその都度、ピンセットで表皮を破っておき、後で重複して数えないよう注意した。第2世代以降についても同様の調査を行った。

結果

i 独立した集団地における潜孔の分布

調査地域内で園主の異なる圃場A～Jはそれぞれ品種構成、栽培管理、葉剤散布の内容と方法が一様でなく、それに対応してキンモンホソガの発生も異なる。そこでまずこれらの園における品種構成と耕種概要について述べる。園地別品種構成とその栽培状況は第29図に示したとおりであった。すなわち、AとA'は同一園主により栽培されており、前者は国光を主体とし、紅玉とデリシャス系品種が数本混じった成木園で、青森県の標準的な散布が行なわれていたが、後者はゴールデンデリシャス、ふじなどの若木園であり、下作に豆類が栽培されているため、その成長に伴って季節の後半に散布が省略されることがあった。本園はB, C, D園と共に同じ定置配管式共同防除組合に含まれ、散布体系はこれらの園と同様

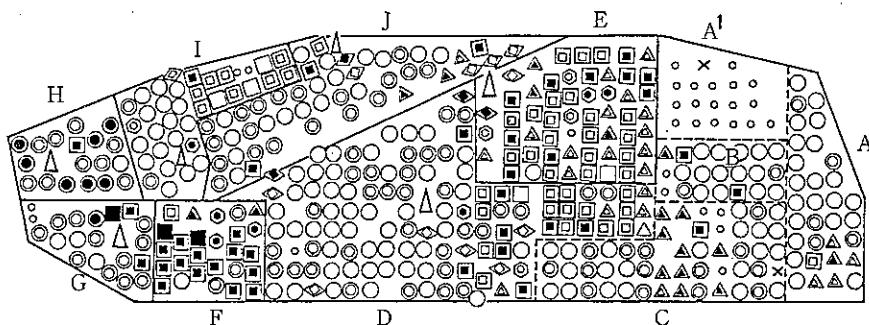
であった。B園は国光が84%を占める小面積の成木園で、散布体系はAと同じであった。C園は国光主体の成木園であるが、紅玉とデリシャス系品種があわせて約22%混じった東西に長い園であった。D園は調査集団の中で最も広い園地で、成木が124本あり、そのうち67%が国光で、ついでデリシャス系品種18%，紅玉5%，陸奥、祝、印度などの品種10%であった。この園は集団のはば中央部に位置し、東西に長く、多くの園と接しており、散布はA, B, Cと同じ経過であった。E園はデリシャス系品種と紅玉を主体にしており、国光はわずか1本しかなく、散布はスピード・スプレーヤーによる。

FとH園では同一園主の管理によるものだが、Fはデリシャス系品種を、Hは国光を主体にした成木園である。病害虫防除は個人散布により年間数回しか行なわれず、この集団の中では最も粗雑な散布が行なわれていた。G園はFとHに東側と北側で接した地形にあって、国光が15本、他にデリシャス系品種を5本含むだけの小規模な園地で、動力噴霧機による個人散布であった。I園はE園と同一人が管理していたにもかかわらず、共同防除に含まれていなかったので管理内容が異なっていた。国光

が58%，デリシャス系品種が33%で、それぞれ園の西側と東側にまとめて栽植されていた。J園は国光が69%でほぼ園の西側にまとめて栽培されていたが、その他の品種は東側に混在した形で栽植されていた。地域全体としては438本のリンゴ樹を容し、国光58%，デリシャス系品種22%，紅玉9%，その他品種11%であり、各品種が園主別にばらばらに栽植されているため、全体としては品種構成とその栽植が混合した状態であった。

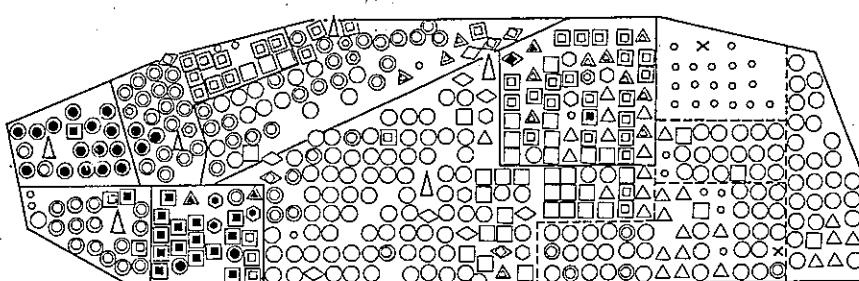
(i) 潜孔の園内分布

調査地域内全樹について密度の階級分けをして図示すると第29~32図のようであった。このようにキンモンホソガの分布は園主、品種、世代により複雑な様相を示していた。また、個々の園は耕種条件が異なり、中でも病害虫防除対策の差はキンモンホソガの分布様相を著しく変えるため、園内における密度及び分布の状況について解析してみた。第1世代における園内分布は明らかに品種構成とその栽植状況により異なり、特に国光で密度が低いため国光が栽植されている部分は低密度で、逆に国光以外の品種が栽植されている部分で高い密度を示し、モザイク状の分布がみられた。このような傾向は園別に



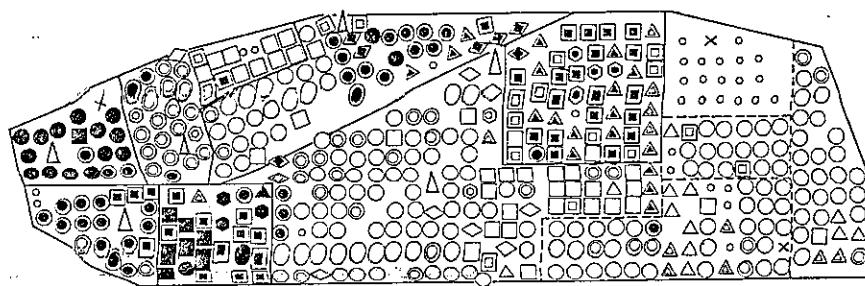
第29図 孤立したリンゴ園におけるキンモンホソガ第1世代の分布

（記号は第29図と同じ）
 円：国光，三角：紅玉，四角：デリシャス系品種，六角：印度，菱：その他品種，小円：苗木（調査外）。樹当たり密度（1果当平均の対数値）は一重：0，二重：0.01
 ~0.1，中黒：0.11~0.25，全黒：0.26以上

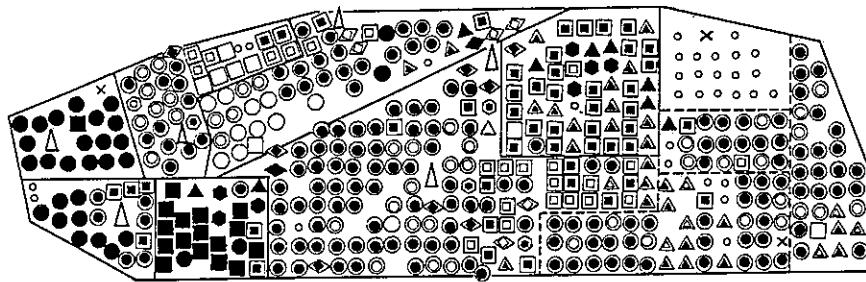


第30図 孤立したリンゴ園におけるキンモンホソガ第2世代の分布

（記号は第29図と同じ、ただし密度は葉当たり潜孔より求めた）



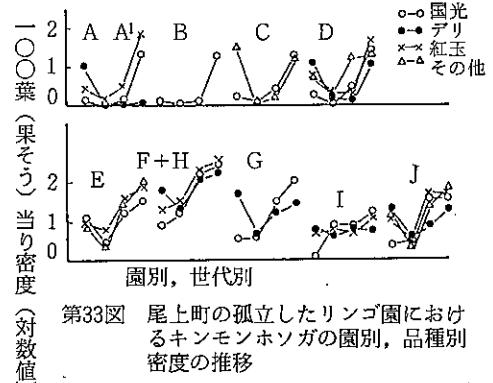
第31図 孤立したリンゴ園におけるキンモンホソガ第3世代の分布



第32図 孤立したリンゴ園におけるキンモンホソガ第4世代の分布

より平均密度の高低を問わず認められ、特に低密度のときに顕著であった。第2世代では品種による分布の集中度は顕著でなくなり、園ごとの集中度もほとんどの園で低下した。しかし、D園ではむしろ集中度が高まり、これはD園が調査地域内の中央に位置し、品種構成において、国光が67%を占め、面積も大きく東西に長く伸び、その周囲に多発園と少発園を含めたより多くの園地と接していたという立地条件に負うところが大きかった。第3世代においては密度が低く、固定式共防園に含まれるA、C、D園で高い分布集中度を示した。これは第1に潜孔密度の品種間差がこの世代から再びみられるようになり、第33図でも明らかなようにデリシャス系品種で密度が幾分低い傾向を認めたことをあげることができる。

第2に園の周辺部にあり、ボルドー液の付着状況から散布むらの存在を認めることができ、散布むらによる生き残りが集中度を高めたとみなされる。第4世代は園地別、品種別共に分布の集中度は他のどの世代よりも低かった。また品種別に分けても集中度に影響を与えないまでも、平均値でみるとデリシャス系品種で密度が低いという傾向は前世代に引き継いで認められた。このような第4世代で集中度が低下するのは全体に密度が高まり、分散による均一化が進むことや薬剤散布に遭遇しないので散布むらの影響が直接的には起らぬることをあげることができる。



第33図 尾上町の孤立したリンゴ園におけるキンモンホソガの園別、品種別密度の推移

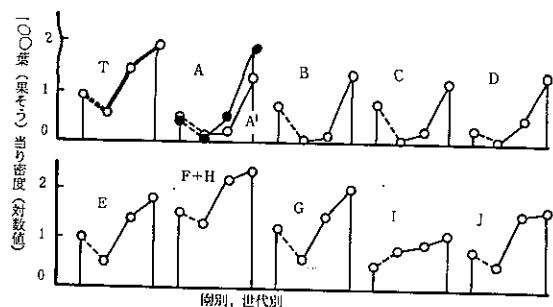
(A～J：園別、各園とも1～2—)
(3～4世代で表わす。)

一方、第35図にみられるように第3世代から第4世代にかけての密度増減指数をみると高密度で低く、低密度で高いという傾向が認められた。このため、全体的にみるとキンモンホソガの分布は均一化され、集中度の低下をもたらした。

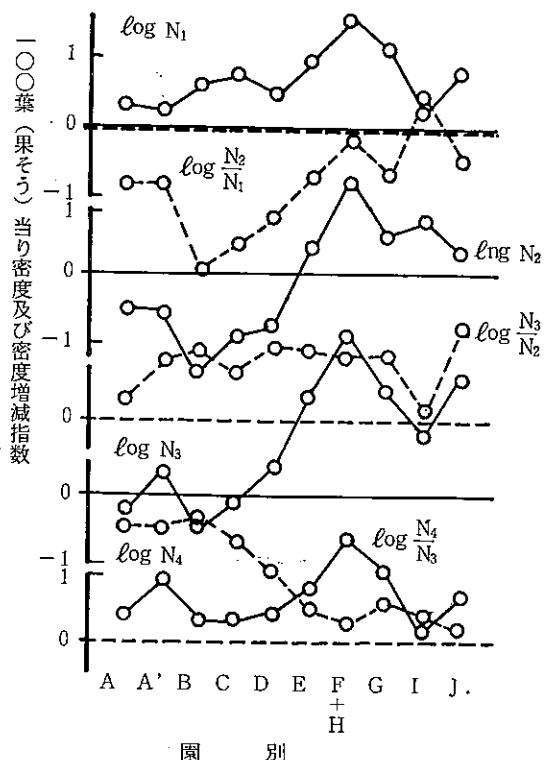
(ii) 園地間の分布

調査地域内の園別密度は第34図、第35図などでみられるように明らかに異なっていた。

第1世代について100果そう当たりの園地別平均密度を算出した結果、最高31.86(F・H園)から最低1.71



第34図 尾上町の孤立したリンゴ園におけるキンモンホソガの園別密度の変動
(A～J：園、T：全園の平均、各園とも1～2～3～)
(4世代の順に示す。)



第35図 園ごとの世代別密度並びに密度増減指數の変動

(A'園)までの範囲にあり、調査地域全体では7.88であった。ここで国光以外の品種の比率が高い園だけについて比較すると、A'園が1.71、E園が9.25、F園が50以上であり、園地間における大きな密度差がみられた。一方、国光だけについて密度の園地間差をみると最高7.15(F+H園)から最低0.16(I園)まであり、同様に大きな差が認められた。また、1樹90果そうの全虫数を樹当たり密度として算出した平均値と分散から平均こみあ

い度($\frac{\bar{x}}{x}$)を求め、調査地域全体の集中度指数 $\frac{\bar{x}}{x}$ 値を求めたところ4.72となり、他の世代に比較してかなり強い集中分布をしていることが判明した。しかし、これは必ずしも園地間の差が特に大きいことに起因するものでなく、むしろ品種の違いによる樹間の分布集中度が高いことに強く影響されていることは前項でも述べたとおりである。

第2世代は100葉当たりの平均密度で比較したが、この場合調査地域全体で3.32であり、最高がF+H園の20.02、最低がB園の0.05以下で、その差は400倍以上にも及んだ。このような園地間の密度差は第1世代よりもさらに大きくなり、この際、第1世代から第2世代への増加率はI園を除けば第1世代で高密度な園で高く、低密度なA～D園で低かった。しかし、これはB園、I園の例でもみられるように増加率が前世代の密度に依存したのではなく、むしろ、低密度園がもともと強力な防除を行なっている園であったことに起因した。このように園地間差が大きくなったにもかかわらず、地域の全樹から求めた $\frac{\bar{x}}{x}$ 値は2.37と第1世代よりも低下した。これは第1世代で顕著に認められた品種間差が縮小したことが大きな要因とみなされた。

第3世代はA園とI園で増加率がやや鈍った外は全園ともほぼ安定した増加率を示し、地域全体で第2世代よりも約7.5倍に増加した。このため第35図のように密度を対数にとって園ごとに並べて結んだ曲線は第2世代とほとんど同じであった。ここでA園とI園の増加率の鈍りは、防除要因によるところが大きかった。第2世代に比較して密度の高まりがかなりあったが、地域の全樹から求めた $\frac{\bar{x}}{x}$ の値は2.46で前世代とほとんど変わりなかった。

第4世代は前世代より約2.2倍に密度が高まり、地域全体の平均で100葉当たり53.21個体となった。園ごとにみると前世代で高密度な園ほど引き続き高い密度を示したが、増加率は逆に高密度園で低かった。すなわち、前世代151.57を示したF+H園では1.67倍であったのに対し、B園では増加率が49倍に達し、100葉当たり20.63個体に高まった。したがって第4世代では園地間の密度差が縮小し、100葉当たり最高253個体から最低12個体と約20倍の差に縮まった。第4世代における全樹から求めた $\frac{\bar{x}}{x}$ の値も低下し、調査地域全樹間の集中度は明らかに低下したとみなされた。

(Ⅲ) 園別発生密度の変動

調査地域全体における平均密度の変動は第34図の最初にあげたように第一世代が100果そう当り7.9個体、第二世代は100葉当り3.2個体、同じく第3世代は24.2個体、第4世代は53.2個体であり、第2世代の増加率が7.6倍

と高く、第3世代と第4世代の増加率は2.2倍となり、それ程大きくなかった。しかし、調査地域の中にある園主の異なる、圃場A～Iはそれぞれ品種構成、栽培管理、薬剤散布の内容と方法などが一様でなく、それに対応してキンモンホソガの発生も、第34図にみられるように異なっていた。すなわち、A園は第1世代から発生が少く、第2世代、第3世代共低密度で経過したが、第4世代で急増した。しかし、地域全体の平均密度に比べると全世代で低く経過した。A'園は第1～2世代ではほぼA園と同程度の密度であったが、第3世代と第4世代では、明らかにA園より高い密度に達した。B、C、D園はA園と同じ散布体系をとっていたこともあり、C園で第1世代の発生がやや多かったのを除けば、これら3園はほとんどA園と類似した密度変動を示した。E園は地域全体の平均密度に最も近い発生経過を示し、A～D園に比較して第1世代で多めであり、第2世代から第3世代に高い増殖率を示した点が特徴的である。F+H園は第1世代から非常に密度が高く、特にF園はデリシャス系品種

を主体にした園であったためH園よりさらに多発をみた。第2世代以降も終始高密度で経過し、増殖率では第2世代から第3世代にかけては非常に低かった。G園は国光が多いにもかかわらず、数本のデリシャス系品種で高密度となり、その後は地域全体の平均密度に近いか、やや高い密度で経過した。I園は第1世代で非常に密度が低く、第1世代から第2世代への増加率が他の園地に比べて高く；その後の増加率では極めて低いという特色を示した。J園は第1世代が比較的少く、第2世代から第3世代への増加率が非常に高いが、第3世代から第4世代への増加率は極めて低かった。

以上のように、発生密度とその変動は、園地により非常に大きな差のあることが明らかである。

(iv) 密度推定と抽出数

散布体系の同じ園を包括して、葉ごとの調査資料を $X = \log(x + 1)$ に変換した上、地域全体をまとめて分散分析した結果第69表のようであった。すなわち、果そう又は葉の分散 ($:S_L^2$) は第4世代 > 第3世代 > 第1

第69表 キンモンホソガ潜孔の葉当り密度の対数値から得られた分散分析表

世代	要因	S	D・F	V.	F	E M S
I	樹(T)	85.1271	421	0.2022	25.5949	$S_L^2 + 90 \cdot S_T^2$
	葉(L)	299.6005	37558	0.0079		S_L^2
	全体(W)	384.7276	37979			
II	T	19.0069	409	0.0465	14.2121	$S_L^2 + 100 \cdot S_T^2$
	L	132.496	40590	0.0033		S_L^2
	W	151.5029	40999			
III	T	252.0004	405	0.6222	27.4097	$S_L^2 + 50 \cdot S_T^2$
	L	450.6827	19845	0.0227		S_L^2
	W	702.6831	20250			
IV	T	453.2691	413	1.0975	23.8069	$S_L^2 + 50 \cdot S_T^2$
	L	936.7307	20286	0.0461		S_L^2
	W	1390.0001	20699			

世代 > 第2世代の順に大きかった。この際第1世代は果そう抽出であるため除外すると、葉における分散は世代と共に増加したことになり、特に第2世代から第3世代で増加した。一方、樹の分散 (S_T^2) は第1世代から順に0.00225, 0.000405, 0.01544, 0.02195となり、これは葉の分散と同様の傾向で世代間の増減が認められた。

次に園間差を見るために同一散布体系の園を包括した上で同様に分散分析を行った結果第70表のようであった。このように、同じ地域内でも園間差がかなり大きいことが分る。

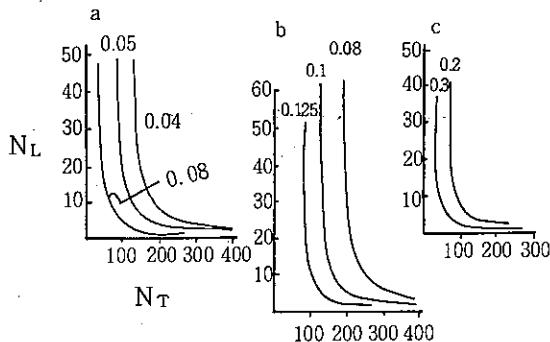
次にこの地域の調査から得られた一次を樹、2次を葉又は果そうとした抽出調査の結果より、全園を対象に無作為抽出をする場合、どのような抽出法が望ましいかに

第70表 同じ散布体系の園におけるキンモンホソガ潜孔の分散分析表

	要因	S	D・F	V	F
6月	園間(G)	2417.8310	5	483.5662	26.5723
	樹間(T)	7661.4285	421	18.1981	
	全体(W)	10079.2595	426		
7月	G	1197.2417	5	239.4483	51.5263
	T	1900.6790	409	4.6471	
	W	3097.9207	414		
8月	G	7531.9361	5	1506.3872	48.4119
	T	12602.0253	405	31.1160	
	W	20133.9514	410		
11月	G	14507.3493	5	2901.4698	116.7654
	T	10262.5328	413	24.8487	
	W	24769.8821	418		

について検討する。

圃場の密度がこれまでの調査によって得られた葉当たり平均密度 (\bar{x}) 前後の場合に、平均値の25%以内の許容誤差で試算すると葉と樹の必要抽出数の関係は第36図 a



第36図 樹(N_T)、葉(N_L)の二段抽出における相対誤差、 $D = 0.25$ とした場合の密度別必要抽出数
(a: 6月, b: 8月, c: 11月)

～cのようであった。ただし、第2世代では \bar{x} が非常に小さいため、25%の許容誤差では抽出数が非常に多くなり現実的でなかった。この際、第36図のNLをMORRIS(1955)に準じて次の①と②式の解として求めた。

ただし、 \bar{x} は変換しない葉当り平均虫数、 $S\bar{x}$ は変換しない値 x に対する標準誤差の要求される%、 \bar{y} は $\log(x+1)$ によって求めた1葉当り平均値、 $S\bar{y}$ は対数値の標準誤差、 N_T 、 N_L はそれぞれ抽出の必要な樹数並びに葉数、 ST^2 、 SL^2 はそれぞれ樹及び葉の分散を表わす。第36図から分るように第1世代、第3世代、第4世代では、樹当り抽出葉数よりも抽出樹数を多くした方が有利であり、樹当たり抽出葉数は10~20枚より多くする必要がありなく、平均密度が低下した場合は抽出樹数を多くして対処すればよい。

iii 抽出単位と密度推定法

(i) 新梢当たり分布

平均値 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($\bar{\chi}$) の回帰直線 $\bar{\chi} = \alpha + \beta \bar{x}$ における α と β は昆虫の分布特性を示す示数として知られている (IWAO 1968)。この調査で得られた樹ごとの新梢当たり \bar{x} と $\bar{\chi}$ の直線回帰式は

$$x^* = 9.4229 + 1.0618 \bar{x}$$

であった。ここで、 $n = 130$ 、 $r^2 = 0.827$ 、総平均 $x' \pm$

S_xは17.78±25.66であった。

一方、園ごとにプールした \bar{x} と \bar{x}' の回帰式は

$$x^* = 13.185 + 1.016 \bar{x}$$

となり、 $n = 14$ 、 $r^2 = 0.919$ であった。これより明らかのように α がかなり高い値を示し、 $\beta \neq 1$ であることから、コロニー性を帯びたポアッソン分布を仮定できる。これは恐らくキンモンホソガの産卵が同一新梢内で続けて行なわれる傾向のためと考えられる。

IWAO & KUNO(1971) は α , β 及びプールされた \bar{x} と \hat{x} から求められる回帰式の係数 α' , β' が判明していて、一次を樹、二次を新梢として 2 段抽出するような場合、一定精度で密度を求める方法を示した。この方法により必要抽出数を求めるためには次のような式を導くことができる。すなわち、相対的な誤差 D ($= \frac{S_x}{\bar{x}}$) が一定の場合

$$\ell = \frac{(11.238 + 3.543k) + (0.125 - 0.043k)\bar{x}}{k\{\bar{x}D^2 - \frac{1}{L}(3.543 - 0.043\bar{x})\}}$$

となる。ここで k は抽出新梢数, L は総樹数, ℓ は抽出樹数を表す。また、標準誤差 $S_{\bar{x}}$ を d と一定にした場合は

$$\ell = \frac{11.238 + 0.125 \bar{x}}{\frac{d^2 k}{\bar{x}} + \frac{1}{1} (3.543 - 0.043 \bar{x})}$$

となる。今、 $L = 100$, $D = 0.1$, $k = 10$ という場合を仮定すると、必要調査樹数 n は $\bar{x} = 17.78$ では 16 本、 $\bar{x} = 50$ で 12 本となる。同様にして同一園から抽出した新梢中位葉の場合は \bar{x} と \bar{x}' の関係が $\bar{x}' = 0.826 + 0.984 \bar{x}$, $n = 133$, $r^2 = 0.76$ であり、 \bar{x}' と \bar{x}'' の関係は $\bar{x}'' = 0.651 + 1.024 \bar{x}'$, $n = 14$, $r^2 = 0.877$ であった。これより、 D が一定の場合の必要調査数を求めるためには次の式を利用できる。

$$\ell = \frac{(1.1392 + 0.0228 k) + (0.0613 + 0.1357 k) \bar{x}}{k \{ \bar{x} D^2 - \frac{1}{T} (0.0228 + 0.1357 \bar{x}) \}}$$

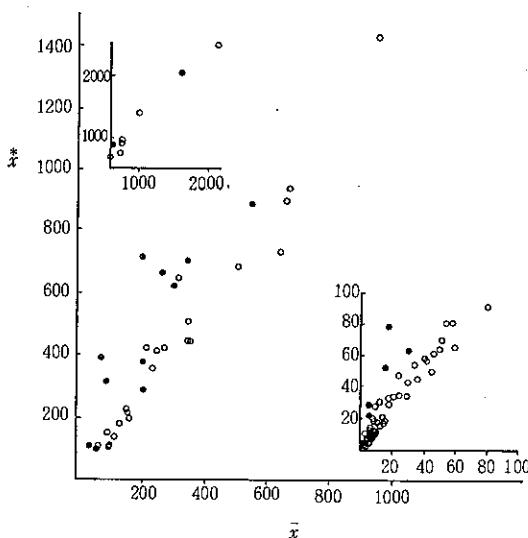
また、 d を一定とした場合には、

$$\ell = \frac{1.1392 + 0.0613 \bar{x}}{\frac{d^2 k}{\pi} + \frac{1}{I} (0.0228 + 0.1357 \bar{x})}$$

となる。ここで、調査園全体の総平均は1葉当たり1.17であるから、 $L=100$ 、 $D=0.1$ 、 $k=50$ として $\bar{x}=1.17$ の場合の β を求める18本となった。しかし、この際の \bar{x} と \bar{x}^* 、 \bar{x} と \bar{x}'' の関係における回帰式の適合性はあまりよくないので、前節、Iでのべたより多くの資料から求めると新梢中位葉の必要抽出数は同じ条件で13本となつた。

(ii) 結果枝当たりの潜孔数と分布型

枝当たり潜孔数の園ごと平均値と平均こみあい度を求め、両者の関係を図示すると第37図のようであった。このよ



第37図 全品種をこみにした枝当たり平均密度 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($*$) の関係

●：第4世代または落葉のある場合
○：第1～3世代

うに \bar{x} に対して $*$ が特異的に高いものが含まれているが、これには一つは低密度であるために抽出誤差が大きく関与している場合と第4世代で二次伸長枝に集中的に寄生して $*$ を高めている場合が含まれている。このことは $*$ の値を園ごと世代ごとに求めで検討した結果でも明らかであり、各園とも $\frac{*\bar{x}}{\bar{x}}$ の高い値が出現するのは第1世代の低密度時か、第3～4世代の無散布園のように落葉が起る場合、標準園、畠中など一般散布園の第4世代のように二次伸長枝が部分的に現われ、そこに集中的に寄生が行われる場合などに認められている。そこで、枝当たり密度が1以下の場合、落葉を認めた場合及び第4世代をそれぞれ含めた場合と除いた場合について \bar{x} と $*$ の回帰関係を求めた結果第71表のようであった。また、各品種をこみにした場合には第1世代で寄生の品種間差が大きく、それだけ集中度も高まるため、第1世代を別にした場合についても求めた。

すなわち、品種別にみた場合では全品種を含めた回帰係数が4世代を除くと $\alpha = 14.753$, $\beta = 1.092$ となり、品種別にみた場合は国光で $\alpha > 0$, $\beta = 1$ であり、デリシャス系品種、ふじ、紅玉、東光を含めた場合には $\alpha = 0$, $\beta > 1$ となり、これは国光における枝当たり密度が1,000個体を越えた3例が強く影響したためである。全品種をこみにして抽出した場合には、4世代を除けばほぼ $\alpha = 0$, $\beta > 1$ となり負の二項分布に近い分布型を示

す。平均密度の高い第4世代を含めると $\alpha > 1$, $\beta > 1$ となる。

今、全品種をこみにして抽出することを仮定して第71表の11の関係を利用して第1～3世代における必要抽出数 (k) を求めると

$$k = \frac{1}{D^2} \left(\frac{0.6011}{\bar{x}} + 0.3695 \right)$$

であり、これより第72表のようになる。また、1園より

第71表 結果枝における平均と平均こみあい度の回帰式

品種	世代	α	β	n	r^2
1 国光	1～3	+ 13.256	1.0557	37	0.9926
2	1～4	+ 36.579	1.0766	49	0.9607
3 デリ・ふじ	1～3	- 11.000	1.5297	26	0.9225
4 紅玉	1～4	- 5.392	1.4380	31	0.9663
5 品種別	1～3	+ 14.7526	1.0918	63	0.9767
6 全体	1～4	+ 33.271	1.1225	80	0.9504
7 全品種混合	2～3	- 0.5996	1.3711	44	0.9927
8	1	+ 4.6600	1.0305	17	0.9699
9	4	+ 184.4067	1.1033	14	0.9592
10	2～4	+ 43.608	1.2276	58	0.9580
11	1～3	- 0.3989	1.3695	61	0.9864
12	1～4	+ 32.006	1.2398	75	0.9599

第72表 結果枝抽出における必要抽出数

D	\bar{x}	
	1 0	1 0 0
各品種混合	0.1	4 3
	0.2	1 1
	0.25	7
		6

10枝を抽出すると仮定し、 $D = 0.25$ の精度を維持できる場合の最低密度 \bar{x} を求めると3個となった。

これまで検討した抽出単位における密度調査は、前述のようにそれぞれ目的に応じて新梢中位葉を抽出したり、結果枝を抽出したり、あるいは他の部位を抽出したりすることになる。これらの部位間の関係は必ずしも明らかにする必要はないが、判明していた方が、いろいろな面で便利であるし、それによってより広い考察ができるところにもなる。特に第1世代で果そう調査により得た密度と第2世代以降の新梢中位葉調査で得られた密度の間にどのような関係があるかを明らかにすることは第1世代から第2世代への増加率を推定するために重要である。

そこで、1975～1979年の特定園地における密度変動調査の資料を利用し、年次、園、世代を同じくする果そう又は新梢中位葉の調査結果と結果枝当たりの調査結果から両者の密度についての関係を比較検討することとした。

今、第1世代における100果そう当り密度を x_C とし、同じ園における同世代の結果枝当り密度を x_T とし、それぞれの対数変換値から回帰関係を求めようとした。ここで、どちらか一方でも密度の変換値で-0.5以下となる場合は密度推定値の誤差が大きくなることからそれらの資料を除外した。このようにして対をなす資料は20組得られ、両者の関係は $r^2 = 0.838$ で、

$$\log x_T = 0.722 \log x_C + 0.0516 \quad \text{--- ①}$$

$$\log x_C = 1.1605 \log x_T + 0.0815 \quad \text{--- ②}$$

となつた。

一方、第2～4世代における新梢中位葉の抽出によって得られた100葉当りの密度を x_L とし、枝当りの密度を x_T とすれば、両者の対数変換値は次のような直線で回帰できた。

$$\log x_T = 0.9176 \log x_L + 0.6929 \quad \text{--- ③}$$

$$\log x_L = 1.0010 \log x_T - 0.5883 \quad \text{--- ④}$$

ただし、 $n=33$ 、 $r^2=0.9185$ であり、やはり対数変換値で-0.5以下のものを除外した外、第3～4世代で調査時に落葉を多く認めたものも除外して求めた。

ここで、 x_T はあらかじめ第1世代調査時に抽出し、そのまま第4世代まで固定して調査したものであるから、②と③より、

$$x_L = 0.7227 \log x_C - 0.5376 \quad \text{--- ⑤}$$

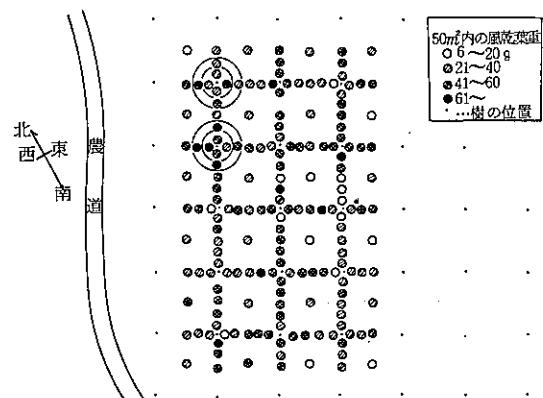
が得られる。ここでの x_L は第1世代における果そう当たりの密度を新梢中位葉におきかえた値であり、第1世代で果そう当たりの密度しか得られていない資料を第2世代以降の葉当たりの密度変動と関連づけて解析する時に便利である。

III 落葉の園内分布

1968年3月の調査では $50 \times 50\text{cm}$ の枠を使用し307地点から採集した。ここでは葉数が多かったので落葉の風乾重を測定して分布の状況を検討した。枠当たり葉重は6～100gの範囲にあり、平均値が39.55g、標準偏差が14.26gであった。

また、場所ごとの葉重を4つの段階に分けて、その分布図をつくると第38図のようであった。この図から、園内における落葉の密度分布をみると、4樹の対角線中央部で少い傾向を認めるが、他の部分では変異が大きく、樹幹からの位置による違いを認めることができなかつた。

1972年春期に行った大向の3園における調査結果に基づいて、落葉数を対数変換 $\{\log(x+1)\}$ し、分散分析した結果、第73表のようであった。これでは樹幹からの距離により葉数が異なっていたが、これは樹幹に



第38図 落葉の分布状況

第73表 落葉の分布に関する分散分析表

要 因	SS	D・F	MS	F
距離間 (A)	0.2965	2	0.1482	3.988*
園地間 (B)	2.2079	2	1.1039	29.697**
A × B	0.3362	4	0.5841	15.712**
誤 差	6.3565	171	0.0372	
合 計	9.1971	179		

近いところが高くなつておる、この部分の落葉が吹き飛ばされていたためである。この傾向は特に大向B園で著しく、この園はわずかに傾斜していたため、土壌流亡により根際部が高くなつてゐる。このように傾斜地のため樹幹部付近の地面が高まっている例を除けば一般には樹幹からの距離も無視できる。それにしても傾斜地で樹幹部付近が高まる傾向は一般的にみられ、また樹冠の分布、栽植距離などによっては平坦地でも落葉分布が集中的になることも考えられる。これらの点を栽植距離が6～7mが多いことを考慮すれば樹幹から2～3mの部分で調査することにより、比較的安定した抽出ができるものと考えられる。なお、方位間の差は有意でないで考慮の必要がない。なお、1971年の発生が少なかったため、落葉数の密度に比較して被寄生葉、潜孔数などが非常に少なく、これらの分布の様相を解析するには不充分であった。

1972年秋期の調査園地は一般的な成木園で、栽植距離が6m位あり、リンゴ樹の幹を中心 1m 間隔で落葉を採集すると3mまで調査でき、これを東西または南北2方位で行なえば、1樹当たり6個の試料が得られる。このようにして得た1園10樹、60試料について方位別、距離別に10樹の合計で表わすと第74表のようであった。同様にして生存蛹についてみると第75表のようであった。すなわち、落葉数についてみると大向Aと大向Bでは幹から1mのところで少い傾向を示し、これは対数変換して分散分析した第76表の結果からも明らかのように有

第74表 樹幹からの方位別、距離別落葉数の分布

園別	方位	樹幹からの距離(m)			計	備考
		1	2	3		
大向A	東	363	535	612	1510	$\bar{x} = 47.37$
	西	360	438	538	1333	$s = 23.90$
	計	723	973	1140	2843	$s\bar{x} = 3.085$
大向B	南	652	842	809	2303	$\bar{x} = 76.30$
	北	665	832	776	2275	$s = 23.25$
	計	1317	1674	1585	4578	$s\bar{x} = 3.001$
大向C	東	854	756	659	2289	$\bar{x} = 79.60$
	西	818	829	860	2507	$s = 26.32$
	計	1672	1585	1519	4776	$s\bar{x} = 3.398$

第75表 樹幹からの方位別、距離別キンモンホソガ蛹の分布

園別	方位	樹幹からの距離(m)			計	備考
		1	2	3		
大向A	東	1	9	9	19	$\bar{x} = 0.633$
	西	1	1	9	17	$s = 1.6529$
	計	2	10	18	38	$s\bar{x} = 0.2134$
大向B	南	7	5	4	16	$\bar{x} = 0.633$
	北	6	7	8	21	$s = 0.7295$
	計	13	12	12	37	$s\bar{x} = 0.0942$
大向C	東	6	18	12	36	$\bar{x} = 1.017$
	西	14	4	9	27	$s = 1.5968$
	計	20	22	21	63	$s\bar{x} = 0.2061$
七戸町	南	1	1	1	3	$\bar{x} = 0.150$
	北	2	4	0	6	$s = 0.4044$
	計	3	5	1	9	$s\bar{x} = 0.0522$
十和田市	南	9	5	4	18	$\bar{x} = 0.367$
	北	6	0	2	8	$s = 0.9481$
	計	15	5	6	26	$s\bar{x} = 0.1224$

第76表 樹幹からの距離と落葉数に関する分散分析表

園別	要因	SS	D·F	M·S	F	P
A	距離間(A)	0.8740	2	0.4370	4.717*	$0.05 < Pr < 0.01$
	誤差(E)	5.2807	57	0.09264		
	全体(T)	6.1547	59			
B	A	0.2179	2	0.10893	4.048	$0.05 < Pr < 0.01$
	E	1.5338	57	0.02691		
	T	1.7517	59			
C	A	0.02383	2	0.011915	0.4622	$0.1 < Pr < 0.05$
	E	1.469455	57	0.025780		
	T	1.433285	59			

注： Aでは $\log(x + 1)$ 、B、Cでは $\log x$ として変換した。

意な差であった。A、B両園はごく緩い傾斜地があるにもかかわらず、土壤流亡がみられ、根元近くが幾分高くなっていたことによる。

一方、方位間の葉数分布は大向Aの場合、西よりも東で多い傾向があるが、大向Cでは逆になっており、また、個々の枠当たりの数を対数変換して分散分析した結果では有意差がなかった。

以上春秋いずれの場合も落葉の分布は類似しており、必ずしも機会的に分布しているものではなく、土壤流亡のあるような園では地表面の凹凸により不均一な分布を示すことが分った。しかし、多くの平坦な園地では距離間の差が無視できるものと考えられる。一般に喬木性仕立の場合、栽植距離が6~7mであることを考慮すれば、成木園では樹幹から2mの地点で落葉を採集することにより比較的安定した抽出ができるものと考えられる。

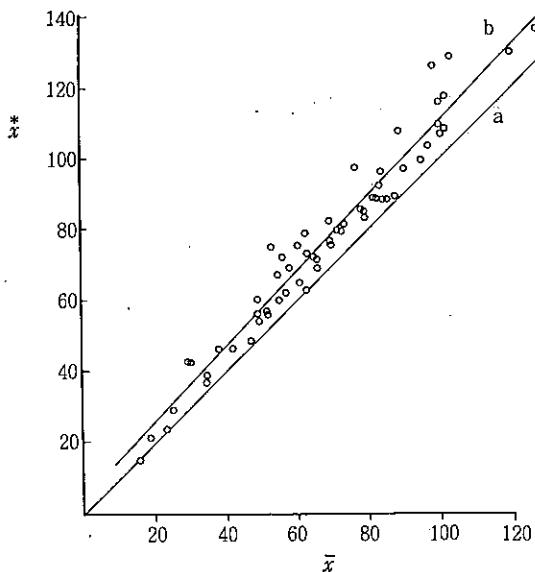
次に方位、距離を無視して、園ごとの全試料を一括してその平均値、標準偏差、標準誤差を求める第76表の備考欄に示したような値となった。

生存虫の分布は葉数の場合と同様に方位及び幹からの距離別に集計した結果第75表のようであり、大向Aで距離による密度の傾斜を認めた外は分布上の明らかな差を認めなかった。しかし、生存虫は全体の密度が低く、分布の傾向を把握するには必ずしも適切でなかった。また、この時期はキンモンホソガの生態的な特性が分布に反映される余地がなく、落葉そのものの多少によって影響を受ける。

IV 一般園における分布と集中性

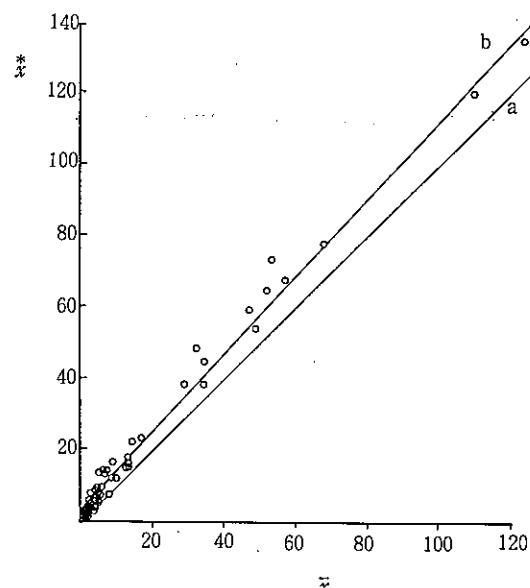
個々の園ごと年次ごとに、初冬の場合と春期の場合を分けて、密度と集中性について検討した。

(i) 初冬の場合

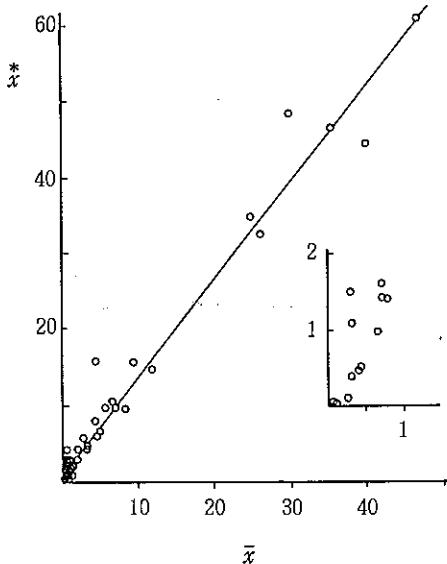


第39図 枠当たり落葉数の平均値 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($*\bar{x}$) の関係

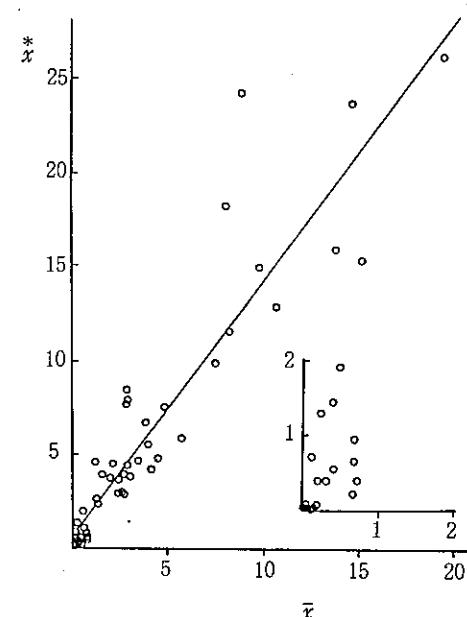
葉数、キンモンホソガ生存蛹、キンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類、ヒメバチ類の5項目について、園ごと年次ごとにそれぞれ枠当たりの平均と平均こみあい度 ($*\bar{x}$) を求めて図示すると第39~43図のようであった。



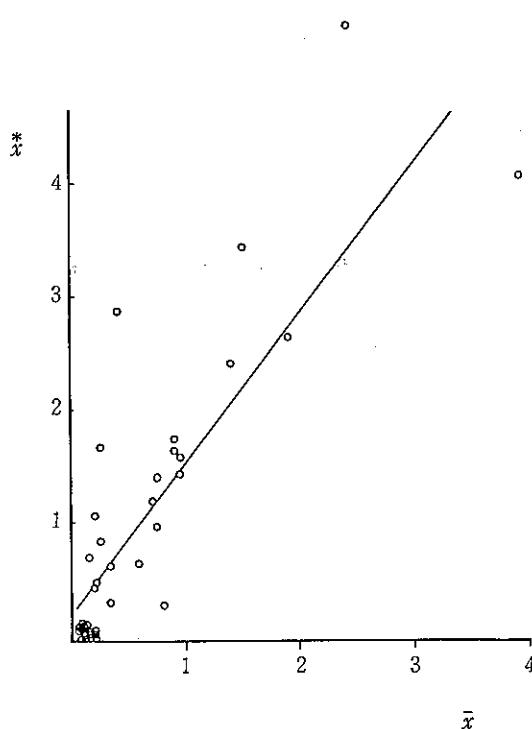
第40図 落葉におけるキンモンホソガ越冬蛹の枠当たり密度 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($*\bar{x}$) との関係



第41図 落葉におけるキンモンホソガトビコバチの枠当たり密度 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($*\bar{x}$) の関係
 $(* \bar{x} = 0.939 + 1.2778 \bar{x}, r^2 = 0.982)$



第42図 落葉におけるヒメコバチ類の枠当たり密度 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($*\bar{x}$) の関係
 $(* \bar{x} = 0.701 + 1.361 \bar{x}, r^2 = 0.854)$



第43図 落葉におけるヒメバチ類の枠当たり密度 (\bar{x}) と平均こみあい度 ($*\bar{x}$) の関係

$$(*\bar{x} = 0.224 + 1.330 \bar{x}, r^2 = 0.690)$$

また、それぞれの項目についての回帰直線とその決定係数を求めた結果、第77表のようになつた。また、それぞれの枠当たり密度は第78表のようであつた。

葉数の場合、回帰直線の係数は $\alpha > 0$, $\beta = 1$ であることから落葉の集落があり、集落がポアソン分布しているとみなされる。この場合、葉自体の集合性は考えられないことから、枠単位でみた地表面が落葉の吹き溜りを生じ易いような状態を呈しているためとみなされる。また、1枠当たりの平均葉数は最低で15.4、最高で127.5枚であり、全園の平均が66.31枚、標準偏差が24.768であった。このように園により枠当たり葉数が変わっているのは樹冠の大きさ、栽植密度、剪定法などの違いによるところが大きい。

キンモンホソガの生存蛹は $\alpha > 0$, $\beta > 1$ であり、コロニー性を帯びた状態で幾分集中分布を示していた。 $\alpha > 0$ は葉そのものの分布に依存したともみなされるが、 $\beta > 1$ は、樹冠内での分布の片寄りあるいは二次伸長葉に由来する落葉の分布集中性による可能性がある。すなわち、一般に第4世代潜孔の樹冠内分布は前述のように二次伸長葉や徒長枝葉に多く、このような葉が樹冠内で片寄った分布を示すことや落葉期が幾分遅れることから落葉時に集中化をもたらす何らかの要因が働く可能性がある。

キンモンホソガトビコバチのマミーの分布は $\alpha > 0$, $\beta > 1$ であることから、ほぼキンモンホソガの場合に近

第77表 初冬の落葉における枠当たり平均と平均こみあい度の関係

種類	調査園数	r^2	α	β
落葉	59	0.956	4.2038	1.0628
キンモンホソガ(蛹)	53	0.991	2.7794	1.0957
キンモンホソガトビコバチ(マミー)	42	0.961	1.1363	1.2663
ヒメコバチ科の蛹・幼虫	50	0.854	0.7005	1.3606
ヒメバチ科の幼虫	40	0.690	0.2238	1.3299

第78表 初冬の落葉における枠当たり密度

種類	調査園数	最高	最低	平均	標準偏差
落葉	59	127.5	15.4	66.31	± 24.768
キンモンホソガ(蛹)	53	124.0	0.25	17.53	± 27.84
キンモンホソガトビコバチ(マミー)	53	47.3	0	5.46	± 10.84
ヒメコバチ(蛹・幼虫)	53	19.2	0	3.49	± 4.457
ヒメバチ(幼虫)	55	3.9	0	0.414	± 0.6935

く、コロニー性をもった集中分布とみなすことができる。しかし、1マミーに平均11位の個体が入っているため、蜂の個体としてみればさらにそのコロニー性は高まるところになる。

ヒメコバチ類とヒメバチ類の場合は回帰直線の適合性が悪く、 α 、 β による集中性の解析は適切でないとみなされるので触れないでおく。ただ、このような適合性の悪い原因はヒメコバチの場合、単一種ではなく、数種の寄生蜂が含まれており、それぞれの蜂が樹冠内で集中的な分布をしていることも考えられ、それが反映している可能性がある。また、ヒメバチの場合は全般に低密度であるため、樹冠内での分布のむらが落葉に反映されている可能性を否定できない。これらの寄生蜂に関しては樹冠内の分布実態を明らかにする必要があろう。

上記の \bar{x} - \bar{z} 関係から得られた回帰式の係数 α 、 β を用いて密度推定のための必要抽出数を求めてみた。IWAO & KUNO(1971)によれば必要調査数Nは

標準誤差(d)を一定とした場合

$$N = \frac{1}{d^2} \{ (\alpha + 1)m + (\beta - 1)m^2 \}$$

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

$$N = \frac{1}{D^2} \left\{ \frac{(\alpha + 1)}{m} + (\beta - 1) \right\}$$

で求められる。葉数、キンモンホソガ、キンモンホソガトビコバチ類のそれぞれについて、 α 、 β を代入すると以下のようになる。すなわち、D一定の場合は

$$\text{葉 } N_\ell = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{5.204}{\bar{x}} + 0.063 \right)$$

$$\text{キンモンホソガ } N_\ell = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{3.779}{\bar{x}} + 0.096 \right)$$

$$\text{キンモンホソガトビコバチ } N_\ell = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1.939}{\bar{x}} + 0.278 \right)$$

$$\text{ヒメコバチ類 } N_\ell = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1.701}{\bar{x}} + 0.361 \right)$$

となり、d一定の場合は同様にして

$$\text{葉 } N_\ell = \frac{1}{d^2} (5.204 \bar{x} + 0.063 \bar{x}^2)$$

$$\text{キンモンホソガ } N_\ell = \frac{1}{d^2} (3.779 \bar{x} + 0.096 \bar{x}^2)$$

$$\text{キンモンホソガトビコバチ } N_\ell = \frac{1}{d^2} (1.939 \bar{x} + 0.278 \bar{x}^2)$$

$$\text{ヒメコバチ類 } N_\ell = \frac{1}{d^2} (1.701 \bar{x} + 0.361 \bar{x}^2)$$

となる。今、Dを一定した場合についてそれぞれのNを求めてみると第79表のようになる。表中 \bar{x} の値が小数点

第79表 初冬における地表密度調査に必要とする抽出数

種類	\bar{x}	必要抽出数	
		D=0.1	D=0.2
落葉	10	38	12
	50	17	5
	100	12	3
	66.3	15	4
キンモンホソガ	10	38	12
	(蛹)	20	8
	50	8	5
	17.5	22	8
トビコバチ(マミー)	3	93	24
	10	48	12
	20	38	8
	5.46	64	16
ヒメコバチ類	1	70	18
	(幼虫・蛹)	206	22
	0.414	420	103

注：Dは相対誤差

以下まで示されているものはこれまでの調査全体から得られた総平均値である。本調査にあたっては多くの場合1園当り抽出数を20個としたが、N=20とした場合の平均密度時におけるDを求めるとき、葉数では0.084、キンモンホソガでは0.12、キンモンホソガトビコバチでは0.178、ヒメコバチ類では0.223であった。

(ii) 春期の場合

キンモンホソガ、キンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類、ヒメバチ類のそれぞれについて1株当たりの羽化虫数をみると園地および年次によりかなり大きな変化がみられた。このような変化は同一園での年次間の場合には主として越冬世代の発生密度に影響されるものとみられ、また、園間の場合には発生密度と同時に落葉密度にもかなり依存しているとみられる。各年次および園ごとに平均密度と平均こみあい度を求め、さらにその間の回帰直線における係数を第80表に示した。

キンモンホソガでは $\alpha=0.3439$ 、 $\beta=1.5681$ のように集中分布を示し、 β は前年初冬の値よりも高まっており、

第80表 春期落葉における枠当たり密度と $\bar{x} - \bar{x}^*$ 関係の回帰係数

種類	枠当たり密度				$\bar{x} - \bar{x}^*$ 関係における回帰係数			
	調査数	最高	平均	標準偏差	調査数	r^2	α	β
キンモンホソガ	54	8.78	0.712	± 1.600	25	0.927	0.344	1.568
キンモンホソガトビコバチ	54	137.40	7.785	23.602	20	0.884	5.314	1.780
ヒメコバチ類	54	7.85	0.799	1.532	34	0.775	0.657	1.269
ヒメバチ類	54	0.40	0.053	0.093	19	0.426	0.140	2.795

α は逆に低下した。これは1枠当たりの平均密度が前年よりも著しく低下していること、冬期間の死亡要因が集中的に作用することもありうることなど、冬期間の死亡と関連があると考えられる。

キンモンホソガトビコバチの場合は $\alpha > 0$, $\beta > 1$ であり、これはまたどちらも前年初冬より高まっている。 β が高まった理由はキンモンホソガの場合と同様に考えられるが、 α の値が高まった理由は初冬でマミー調査であったの対し、春期では成虫数を調べたため、多寄生という特性との関連からコロニー性を帯びたものとみなされる。

ヒメコバチ類では $\alpha > 0$, $\beta > 1$ であったが、その値は越冬前の値と大差なくむしろ幾分低下した。初冬の場合でも述べたように単一の種で構成されていないため、種の特異性を論ずることはできないので、ここでは後述するようにヒメコバチ類としての標本抽出法の検討にとどめる。ヒメバチの場合は $\alpha = 1$, $\beta > 1$ と求められたが、 r^2 の値が小さいので、詳述は避ける。

$\bar{x} - \bar{x}^*$ 関係における回帰式の α , β より初冬の場合と同様にして密度推定のための必要抽出数を求める式は次のようになった。

すなわち、D一定の場合は

$$\text{キンモンホソガ } Np = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1.344}{\bar{x}} + 0.568 \right)$$

$$\text{キンモンホソガ } Nh = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{6.314}{\bar{x}} + 0.780 \right)$$

$$\text{ヒメコバチ類 } Ne = \frac{1}{D_0^2} \left(\frac{1.657}{\bar{x}} + 0.269 \right)$$

であり、また d 一定の場合は同様にして

$$\text{キンモンホソガ } Np = \frac{1}{d^2} (1.344 \bar{x} + 0.568 \bar{x}^2)$$

$$\text{キンモンホソガ } Nh = \frac{1}{d^2} (6.314 \bar{x} + 0.780 \bar{x}^2)$$

$$\text{ヒメコバチ類 } Ne = \frac{1}{d^2} (1.657 \bar{x} + 0.269 \bar{x}^2)$$

となる。また、Dを一定にした場合について、それぞれのNを算出すると第81表のようになった。

第81表 春期の地表面密度推定のための必要抽出数

種類	平均密度	必要抽出枠数	
		D=0.1	D=0.2
キンモンホソガ(蛹)	1	192	48
	5	84	21
	0.712	246	62
キンモンホソガトビコバチ (マミー)	10	142	36
	50	91	23
	100	84	22
	7.79	160	40
ヒメコバチ(幼虫・蛹)	1	193	49
	5	61	15
	0.799	235	59

注： Dは相対誤差

ここで \bar{x} が小数点以下を伴うものは調査園全体の総平均として求めた1枠当たりの虫数である。このような総平均密度に相当する圃場で調査枠数を20個と決めた場合のD値はキンモンホソガで0.350, キンモンホソガトビコバチで0.282, ヒメコバチで0.342となり、ほぼ0.28~0.36の範囲に入った。しかし、ここにおける総平均は0のものが相当含まれており、これを除外すると平均値は高まり、それだけDも低下することになる。また、初冬の場合と比較するとキンモンホソガではD=0.2, $\bar{x}=10$ のとき、初冬ではNpが12であるのに対して、春期では18となり、後者で幾分多く抽出しないと同程度の精度が得られないことになる。

V. キンモンホソガ並びにその寄生蜂の樹上と落葉での密度の関係

密度変動調査で得られたキンモンホソガ第4世代の樹上における蛹密度と同じ圃場における秋期の落葉での蛹密度を対比し、両者の関係を明らかにしようとした。また寄生蜂についてはヒメコバチ類とキンモンホソガトビコバチを同様にして検討した。同じ手法で越冬後に羽化

した成虫密度と第1世代の密度又は寄生率との関係も検討した。

調査園地別、年次別にみたキンモンホソガ第4世代の樹上蛹密度と落葉における密度との関係は第82表のようであった。ここで無散布園では第3～4世代での落葉が多いため樹上の100葉当たり平均密度に対して、落葉での密度は枠当たりでみても、100葉当たりに換算してみても相

第82表 キンモンホソガ蛹密度の樹上(x)と落葉(y)との関係

園別	樹上密度 調査単位	枠当たり密度				落葉100枚当たり密度			
		n	r	a	b	n	r	a	b
無散布園	100葉	8	-0.564	-	-	8	0.047	-	-
(A)	枝	5	0.608	-	-	5	0.885	-	-
標準散布園	100葉	8	0.817	0.268	0.612	8	0.821	0.272	0.627
(B)	枝	5	0.955	-0.376	0.806	5	0.952	-0.321	0.794
殺菌剤散布園	100葉	6	0.807	0.453	0.515	6	0.874	0.702	0.464
(C)	枝	5	0.718	0.292	0.462	5	0.831	0.421	0.473
畠中一般園	100葉	6	0.891	0.374	0.499	6	0.967	0.503	0.600
(D)	枝	5	0.966	-0.015	0.729	5	0.949	-0.137	0.620
B+C+D	100葉	20	0.865	0.316	0.558	20	0.904	0.354	0.639
	枝	15	0.939	-0.208	0.669	15	0.954	-0.219	0.768

注：n；調査点数，r；相関係数，a，bは $y = a + bx$ の係数、ただし、x，yは対数変換値

関係はあまり認められなかった。しかし、樹上の枝当たり密度でみた場合はrの値が若干高まった。一方、第3世代の樹上密度を調査した10月中～下旬まであまり落葉の起らなかった標準散布園、殺菌剤散布園、畠中などでは樹上の100葉当たり密度と枝当たり密度、枠当たり落葉での密度と100葉当たり密度の組合せで求めたrはいずれも高い値を示し、特に落葉での密度を100葉当たりに換算した方が若干高い値となった。また、これら3園をこみにして同様に求めるとさらにrが高まった。このように樹上での密度から回帰直線により落葉での密度を推定できることが判った。

次にキンモンホソガトビコバチの場合についてみると園別の樹上での密度と落葉での密度の関係は第83表のようであった。すなわち、個々の園では無散布園を除いていはずれも高い相関関係を認めたが、特に樹上の枝当たり密度と1枠当たりの落葉での密度との間で高かった。特別な早期落葉の認められない標準散布園、殺菌剤散布園、畠中一般園の3園分をこみにして求めた場合、 r^2 は0.854～0.291となり、また、回帰直線の係数は第84表に示したようである。このように樹上での密度から落葉での密度をある程度の精度で推定できることが分かった。

第83表 寄生蜂2種の樹上密度と地表密度の相関係数

種類	園別	樹上密度 調査単位	資料数	地表密度調査単位	
				1枠	100葉
キンモンホソガトビコバチ	無散布園(A)	100葉	8	0.383	0.542
		1枝	5	0.731	0.825
	殺菌剤散布園(C)	100葉	3	0.961	0.963
		1枝	—	—	—
	畠中一般園(D)	100葉	6	0.882	0.886
		1枝	5	0.950	0.926
ヒメコバチ	A	100葉	12	0.858	0.854
		1枝	9	0.921	0.907
標準散布園(B)	100葉	8	0.467	0.784	
		1枝	5	-0.095	0.191
	100葉	8	0.545	0.347	
		1枝	—	—	—
	C	100葉	6	0.348	0.613
		1枝	—	—	—
D	100葉	6	0.921	0.886	
		1枝	5	0.974	0.937
	全體	100葉	20	0.781	0.732
		1枝	13	0.898	0.887

注：全體には無散布園が含まれない。

同様にしてヒメコバチ類の場合について検討した結果を第83表に併せて示した。すなわち、個々の園別では畑中一般園を除けば特に高い相関関係とはいえないが、ここでも標準散布園、殺菌剤散布園、畑中一般園をこみにして r^2 を求めるに0.732～0.898となり、樹上密度から落葉時の密度を推定する場合はキンモンホソガの場合よりやや精度が劣った。

また、逆に落葉中密度から落葉前の樹上密度を推定することは樹上密度に欠測が生じた場合に有効に活用できる。このような推定の可能性はその逆な関係として検討した上記のことからも示唆されるので、以下に標準散布園、殺菌剤散布園、畑中一般園をこみにした場合について直線回帰式を求め、第84表に示した。

第84表 地表密度から樹上密度の推定

種類	調査方法	回帰直線の係数	
		樹上(y)	地表(x)
キンモンホソガ	100葉	1.341	-0.049
	" 100葉	1.278	-0.180
	1枝	1.317	0.513
	"" 100葉	1.185	0.439
キンモンホソガ	100葉	1.125	0.438
トビコバチ	" 100葉	1.042	0.133
	1枝	1.118	0.838
	"" 100葉	0.996	0.592
ヒメコバチ	100葉	1.199	0.189
	" 100葉	1.195	-0.071
	1枝	0.961	0.721
	"" 100葉	1.123	0.330

次に落葉からの羽化成虫密度と第1世代の樹上密度の関係について検討した結果を述べる。すなわち、いずれの園においても成虫密度、第1世代樹上密度ともに低く、対をなすいずれかが0となる資料が多い。この際0は対数変換ができないばかりでなく、密度評価上も問題があるので、このような資料は計算から除外した。このため対比できる資料数が減少し、園によっては充分検討できないところもあった。第85表はキンモンホソガ、キンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類について羽化数と第1世代樹上密度(100果当り)の対数変換値から求めた r の値である。これからも明らかのように無散布園でのトビコバチを除くとほとんどの場合で低い r しか得られなかった。無散布園の場合も供試点数が3つしかなく、不充分な資料から求められたものである。このように低い相関関係しか認められなかつたのは全般的に成虫密度、

第85表 落葉からの羽化虫数と第1世代樹上密度との関係

園別	キンモンホソガ		トビコバチ		ヒメコバチ	
	n	r	n	r	n	r
無散布園	4	0.487	3	0.915	5	-0.143
標準散布園	6	-0.330	-	-	-	-
殺菌剤散布園	5	0.260	-	-	5	0.615
全體	11	0.360	8	0.528	17	0.160

注：nは調査回数、rは相関係数、全体には無散布園を含まない。

樹上密度共に極めて低く、密度差の充分な幅がとれなかつたこと、低密度下の密度推定における誤差の増大、標準並びに一般園では防除要因が入りこむ可能性があることなどによるものと考えられる。

考 察

i. 樹間、園間にみられる集中性とその成因

キンモンホソガのほ場における分布は多少なりとも集中性を示し、そのうち、樹冠内における分布集中度とその成因についてはすでに報告した(山田ら 1971, 山田ら 1972, SEKITA & YAMADA 1973)。

ここでは圃場内並びに圃場間でみられる集中性の成因について考察を加えることとする。このことは層別化によって密度を推定するときなどに役立つことになろう。このような地域調査の結果からみて、キンモンホソガの分布は樹間、園間とも世代を問わず明らかに集中的な分布を示していた。園地間にみられる集中性は第1に防除経過の差に負うところが大きいと考えられる。すなわち、このことは個人防除で、散布回数も少いF, H園では終始高密度を保ち、同一の固定式共同防除に属して散布体系の同じ園では栽培者が異なるにもかかわらず、ほぼ類似した発生経過と分布を示したことからも推察できる。

次に分布の集中性を促した要因として、リンゴの品種とその栽植状況をあげることができ、特に顕著な例は第1世代における国光とそれ以外の品種との差である。これは国光の展葉期が遅く、キンモンホソガ越冬世代成虫の発生時期を過ぎてから産卵可能な生育状態になることが原因であり(津川ら 1968)、同様の傾向は同一園内の樹間分布においても認めることができ、このことは他の調査例でも同様である(山田ら 1972)。第2世代以降においても品種による密度差があり、特にデリシャス系品種では第3～4世代の密度が低い傾向であった。このような夏期以降における品種間の寄生差は、豊島(1958)による国光、紅玉、祝、旭、印度で多く、デリシャス系品種、ゴールデンデリシャスなどで少ないという報告と

矛盾しない。このような品種間差の生ずる原因について、葉裏における毛茸の密度が関連しているという報告もある（豊島 1958）。しかし、それ以外にも品種の特性、樹の生理条件などと関連した、葉面積の大小、葉肉部の厚さなどキンモンホソガ収容力の差も無視できない。

次に同一園内の樹間に於ける分布の集中性についてみると、品種による違いが大きく関与していると考えられる。しかし、同一品種だけでもなお集中性を認めたのは品種以外にも集中性を引起する要因があるとみなされる。キンモンホソガ雌成虫間の集合性は確認されていないので、このような集中性には樹冠様相の違いに反応した集中的産卵、同一樹内での引続く産卵、薬剤散布効果の偏りなどが関与していると考えられる。

以上のようにリンゴ園におけるキンモンホソガの分布を形成する過程には防除、品種など栽培的要因が強く関与しており、一般園における地域密度の推定においてはこれらの点に充分配慮した抽出計画が必要である。一方、防除体系が同一で、園主が異なる園で構成される共同防除園のような場合は前者より省力的な抽出が可能である。

ところで、樹又は園を対象としたキンモンホソガの密度推定に要する必要抽出数、逐次抽出法などについては山田ら (1971)、SEKITA & YAMADA (1973)などの報告に詳述したが、そこでは防除体系の違いを考慮しなくてもよかったです。しかし、複数の園を含む小地域での平均的密度を知るために二段抽出を試みる場合はより多くの抽出が必要と考えられ、実際に山田ら (1971) が求めた単一園の密度推定に要する必要抽出数に比較してかなり多くの抽出数が必要とみなされた。特に園間の密度差が大きい場合、それが樹の分散に反映されることになり、調査樹数を増やさなければならぬという結果を招いている。このような場合には園一樹一葉の三段抽出とすることを検討すべきであろう。しかし、散布体系が同じである共同防除園のような場合は二段抽出をしても本例よりははるかに少ない抽出数で済むものと考える。

II. 越冬期における分布特性

キンモンホソガの越冬期における分布は第1に落葉の分布に支配される。葉は樹体から離れた時点で引力と風によって移動させられ、一旦地面に達してからもさらに風によって吹き飛ばされる。その結果、落葉は溝や窪地に集中し、突き出た所には少なく、また、微細にみると下草の状況によっても分布のむらが生ずる。積雪の多い地帯では積雪期間中に落葉の移動はないが、降雪の少ない地帯では非積雪時に落葉の移動が起りうる。したがって、落葉の分布が集中性を示す場合は地面に凹凸があり、草のような障害物が不規則に分布することが多い。

また、樹冠が小さく、樹冠下面積の占める割合が小さい場合には樹冠下とそれ以外の地面での落葉密度に差が生じ易い。しかし、樹冠が交叉又は接觸している充実度の高い園ではそのような原因による落葉の集中性は少なく、一般には機会的な分布をしているとみなすことができる。それにしても現地ではいろいろな園地があるため、その園地の地形や樹冠の様相をみながら落葉の抽出部位を決める必要がある。特定の園で発生動態を研究するための抽出では毎回同じ抽出法をとることにより、相対的な密度の動きをとらえることが可能である。

次に抽出単位としての枠の大きさをどの位にするかが問題となる。調査目的によても変わりうるが、成木園における枠内落葉数の実態からみて、 $50 \times 50\text{cm}$ 枠では大き過ぎ、その中のキンモンホソガや寄生蜂を探し出すのに労力がかかる上、標本抽出上の分散がそれ程低くならない。一方、 $25 \times 25\text{cm}$ 枠では分散が若干高まるが、枠当たりの葉数が平均66枚程度であり、樹上調査における葉数と近く、枠当たりの調査時間も $50 \times 50\text{cm}$ 枠の約1/4で済む。しかし、下草のむらが大きいところでは若干大きめの枠を使えば落葉の集中性を緩和できる場合もある。

枠内の落葉からキンモンホソガや寄生蜂の数を調べる作業は時として大変困難なことがある。一般に初冬ではどの地域でも葉数は勿論キンモンホソガの数も潜孔の分解によって知ることができる。しかし、越冬後は積雪の多い場合に落葉同志の密着が激しく、そのような調査が極めて困難である。このため、1枠の落葉を一括して隔離し、それから羽化したキンモンホソガ並びにその寄生蜂を調べる方法によって密度を知ることを考案した。この際、落葉はできるだけ乾燥した状態に保持することが重要であり、百葉箱内の寒冷紗袋で越冬させたもので高い羽化率をみたように乾燥が羽化率を低下させる心配はない。ただし、このような調査法では多寄生を行う寄生蜂の生存率を求める場合に注意を要する。

III. 抽出単位と樹上密度の推定

圃場における害虫の密度調査はいろいろな目的で行われる。例えば殺虫剤散布の効果判定との発生動態の研究とでは必要精度は勿論、調査面積、調査回数などにおいて相違するのが一般的である。このような場合はそれぞれの目的に応じて抽出単位も変えることができる。しかし、最も基本的な最小抽出単位はキンモンホソガの場合、潜孔の分布が産卵時にはほぼ決まることを考えれば、飛翔しないに継続的な産卵が可能である葉とみなすのが妥当であろう。ただし、第1世代では展葉期前後に産卵するので葉よりも芽単位として行動が行われるから、その後の寄主の生長を考慮して果を単位とするのが

合理的と考える。ところで、第2世代以降に葉を抽出する場合には新梢中位葉が適当であると述べた（山田ら 1971）。この際、新梢中位葉ではどの葉を選ぶかの段階で任意性を失いがちである。しかし、無作為抽出に関して充分な理解を持った人ではそのような誤ちは回避できると考える。また、*Phyllonorycter brancardella*の発生動態研究では年間を通じて果実の抽出が好適であるとされる（POTTINGER & LE ROUX 1971）。このようなことがある以上、いろいろな抽出単位に基づいた密度推定法を検討しておくことは有意義である。

さて、抽出単位を新梢とした場合、この調査例では新梢中位葉を抽出する場合よりも3%の抽出数で済むという結果であった。しかし、ここで抽出単位当たりの平均密度は新梢で葉の約16倍であり、ほぼ新梢当たりの葉数に匹敵し、その分新梢当たりの調査労力がかかることになる。調査の省力化という観点から詳しく比較するにはそれぞれ調査にかかる時間の評価が必要である。しかし、キンモンホソガでは発生密度による調査時間への影響が各抽出単位によって異なるので、さらに複雑な解析が必要となる。ここでは、一般に新梢全体で数個体の寄生しないような低密度時は新梢調査が能率的であり、それ以上密度が高まるに従って葉の抽出が有利になることを

述べるにとどめる。なお、ここで注意を要することは抽出する新梢の長さを15cm以上と規定したこと、「これにより、新梢当たりの葉数がかなり安定し、分散を小さくする効果を果している。しかし、普通台の成木では15cm以上の長新梢は全新梢数の10~20%程度である（関田ら未発表）から、すべての新梢をこみにした場合は異なった抽出法が必要となろう。また、第1世代の場合、新梢抽出では密度推定が困難であり、葉抽出の場合と同様に抽出部位を変更する必要がある。

次に結果枝を抽出する場合の長所は年間を通じて同じ抽出法ができることがある。またハマキムシ類、シンクイガ類などを同時に同じ抽出単位で調査できるため、目的によっては便利である。一定精度での必要抽出数は新梢の場合よりさらに少數で済むという点から考えて、ごく低密度で枝内の密度を瞬時に読みとれるようなときは有利な調査法となりうる。しかし、高密度になると1枝を調査するのに多くの労力を要し、また、抽出枝の選定に苦労する面がある。このように枝の抽出による密度調査は同一園での発生動態の調査には適しているが、発生密度の樹間、園間などの比較をする場合はそれよりも小さく、葉数の変動が少ない抽出単位を選ぶべきである。

VII 粘着トラップによるキンモンホソガ成虫の発生調査

調査方法

i 平板粘着トラップ

1967年にりんご試験場圃場において、30×30cmの大きさに切ったベニヤ板の全面にタングルフートをぬって粘着板とし、これを第44図のような方法で、リンゴ樹間又は樹冠下に設置した。なお、粘着板を垂直に設置する場合は接着面が南北を向くようにした。数日おきに粘着板に付着したキンモンホソガ成虫数を調べ、調査後は付着虫を除去しておいた。

ii 各種形態のトラップと付着数

1975年は春期より秋期に至るまでりんご試験場並びにその近辺の圃場6か所に各種粘着トラップをリンゴ樹冠内につるしておき、これに付着するキンモンホソガ成虫を同様に調査した。また、7月中旬からは性別を区別するため、付着虫を実験室に持ち込み、実体顕微鏡で交尾器を観察した。

なお、供試した粘着トラップの種類は次の通りである。

(i) セルロイド板トラップ

セルロイド製事務用下敷（18×25cm）4枚を4cm角の

支柱にプロペラ状に取り付け、これの各面にタングルフートをぬって、高さ1mになるように地面に設置した。なお、1本の支柱に同色のものを使用し、色の異なるものを5種供試した。

(ii) 筒トラップ

直径13.5cmの透明なアクリル製の筒を横にし、上面35cm、下面29.5cmになるように斜めに切り、その中央部にタングルフートを両面にぬった白色下敷（13.5×25cm）を水平になるように挿入した。

(iii) ロートトラップ

直径30cmの白色ポリエチレン製のロートを逆さにつるし、下方に直径17.5cmの円型に切った白色下敷を水平にとりつけ、その両面にタングルフートをぬっておいた。

(iv) 武田薬品工業社製フェロモントラップ容器（武田粘着トラップ）

(v) ゾエコン社製フェロモントラップ容器（ゾエコン1Cトラップ）：ただし、粘着板としてタングルフートをぬった白色下敷を受け面と同型に切って使用した。

(vi) 樹幹面トラップ：リンゴ樹の幹の地上1m以内の部分に前記のような白色下敷（1と同大）を打ちつけて

おき、表面にタングルフートをぬっておいた。

Ⅲ フェロモントラップ用容器を用いた粘着トラップによる付着虫数の消長

1976～1979年にはりんご試験場並びにその近辺の圃場6か所に武田粘着トラップをリンゴ樹冠内につけるしておき、これに付着するキンモンホソガ成虫数を調査し、調査後成虫を取り除いた。トラップは各圃場に1976年の場合は2個ずつ、1977年以降は3個ずつとし、粘着剤としてタングルフートをセルロイド製の事務用下敷にぬって挿入した。なお、1977～1978年は第1回成虫に対し、トラップを地上20cmの低い位置に設置し、1979年はこの世代を

省略した。

圃場における越冬蛹からの羽化消長はりんご試一般圃場のリンゴ樹主幹部の地上1m以内に静止している成虫数を4月中旬～5月上旬に調査した。その他の世代では圃場のリンゴ樹枝数本について、その中の潜孔に目印を付けておき、蛹の脱殻数を1～3日おきに調査記録した。

結果

i 平板粘着トラップ

1967年に実施したベニヤ板利用の平板トラップのうち、Aの方法で高さ別に設置した場合の付着虫数は第86表のようであった。

第86表 平板トラップAにおけるキンモンホソガ成虫の付着数

トラップの向き	高さ (m)	板面の方位	越冬世代		第2世代成虫		第3世代成虫		合 a	計 b
			a	b	a	b	a	b		
水平板	0.2		1	0	0	0	0	0	1	0
	1.0		0	0	0	0	0	0	0	0
	2.0		0	0	0	0	0	0	0	0
	3.0		0	0	0	0	0	0	0	0
	計		1	0	0	0	0	0	1	0
垂直板	1.0	南	5	4	15	36	33	56	53	96
		北	15	5	20	25	24	40	59	70
	2.0	小計	20	9	35	61	57	96	112	166
		南	0	1	8	2	10	98	18	111
		北	4	3	9	20	9	92	22	115
		小計	4	4	17	22	19	190	40	226
	3.0	南	0	0	0	3	2	6	2	9
		北	0	0	1	2	2	9	3	11
	合 計	0	0	1	5	4	15	5	20	
		合 計	24	13	53	88	80	301	157	412

すなわち、水平に取り付けた板では全期間を通じて1個体付着しただけであったが、垂直に取り付けた板では各世代とも付着虫があり、付着数は第3世代>第2世代>越冬世代のように多かった。高さ別の付着数は越冬世代と第2世代成虫の場合、両園とも1m、2m、3mの順に多く、低いところ程付着数が多く、第3世代成虫では園による差がみられ、a園ではその前の世代と同様であったものの、b園では2m、1m、3mの順に多く付着した。設置場所a、bによる差は越冬世代成虫を除けばいずれの場合もb>aであった。このような設置場所による付着虫数の多少並びに高さ別付着虫数の順位の逆転は設置した付近における樹冠の様相に関係しているとみなされる。

一方、方法Bにより地上20cmに設置したトラップでは第87表のような付着数を示し、トラップの設置場所により4倍近い差を認めた。世代別総付着数は第3世代、越

第87表 平板トラップBにおける成虫付着虫数

世代	板の方位	設置場所別						計
		a	b	c	d	e	f	
越冬世代	南	3	6	8	11	7	5	40
	北	7	19	9	59	28	10	132
	計	10	25	17	70	35	15	172
第2世代	南	0	6	16	15	7	16	60
	北	1	4	17	32	9	26	89
	計	1	10	33	47	16	42	149
第3世代	南	2	20	19	53	72	62	228
	北	29	20	52	52	50	71	274
	計	31	40	71	105	122	133	502

冬世代、第2世代の順に多く、方法Aに比較して越冬世代成虫の付着数が多かった。しかし、この際設置した高さが、Aの場合よりさらに低い位置とした点を考慮しな

ければならない。また、同一板の南面と北面での付着虫数は全般に北面で多い傾向を示し、特に越冬世代成虫ではすべてのトラップで北面に多く付着していた。これはキンモンホソガ成虫飛翔時の気象条件、特に風向と関連あるとみなされる。

1967年の調査期間中、4月26日に方法Bで行った試験のトラップで時刻別の付着虫数を観察した結果では10,

第88表 越冬世代成虫の各種トラップへの付着虫数

トラップ別	調査数	A圃	B圃	C圃
セルロイド板トラップ(青)	1 個	3 匹	9 匹	— 匹
“ (緑)	1	2	2	—
“ (桃)	1	1	2	—
“ (透明)	1	1	1	—
“ (白)	1	0	0	—
筒トラップ	1	1	1	0
ロートトラップ	1	0	3	0
樹幹トラップ	12	—	—	16
ゾエコン1Cトラップ	1	0	6	1

11, 12, 16時の各時刻においてそれぞれ6, 3, 1, 1の付着を認め早い時刻で多い傾向を認めた。

ii トラップの形態と付着数

1975年に実施したトラップの種類と成虫付着数の関係のうち越冬世代成虫を対象に行った成績は第88表のようであった。各トラップとも付着虫数が少なく、はっきりした差を認めるることはできなかったが、セルロイド板トラップの中では青色のものが若干多い傾向があった。このように付着が全般に少なかったのは調査園での発生量が少なかったことによると考えられる。ちなみに樹幹静止虫の調査ではA圃場において10樹当たり累積で104個体を認めている。第1～3世代成虫の場合には第89表のようであり、付着虫数の多い順位は標準園の場合、ロート、ゾエコン1C、筒であり、B6圃ではゾエコン1C、筒、ロートの順、C4圃では筒、ゾエコン1C、ロートの順であり、トラップの種類により設置した場所の条件が強く影響しているとみなされた。無散布圃場、浅瀬石、畑中の3か所で行ったゾエコン1Cトラップと武田粘着トラップの比較でも園地間差が大きく、同様の傾向であ

第89表 第1～3世代成虫の各種トラップへの付着虫数

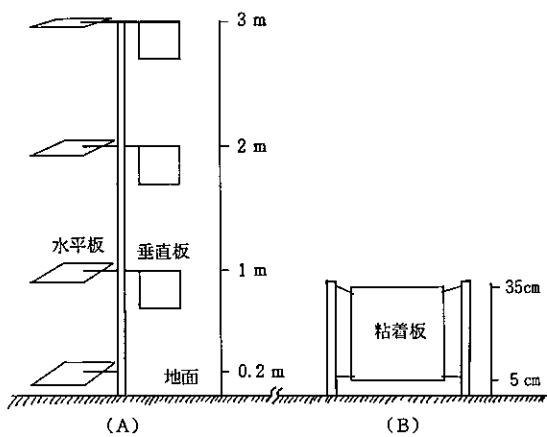
調査圃場	ゾエコン1Cトラップ	ロートトラップ	筒トラップ	武田粘着トラップ	合計	雄の%
標準園	96 匹	183 匹	74 匹	—	353	76.6
B6圃	987	41	231	—	1,258	80.9
C6圃	649	551	2,176	—	3,376	90.8
無散布園	718	—	—	6,405	7,123	95.5
浅瀬石	854	—	—	810	1,664	78.8
畠中	303	—	—	430	733	—

注：性比は7月14日～10月25日の累積値による。

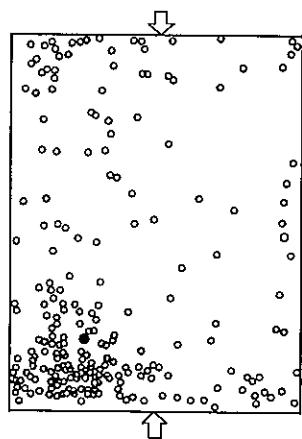
った。このことは逆にみるとどんな種類のトラップでもある程度捕獲が可能であることを示しているともいえる。

iii 付着虫の性比

1975年7月14日から10月25日までに粘着トラップに付着した成虫数とその性別を分け、それぞれの園別に雌の比率を第89表に示した。付着虫は雄が圧倒的に多く、76.6～95.5%を占めた。雄の付着率が高いのは第46図でも判るように、年間を通じた傾向であった。1975年7月23日に無散布園の1トラップで認めた粘着板上での成虫付着状況は第45図のようであり、ただ1個体が雌であった外はすべて雄であり、さらに雌を取り巻くように雄の分布がみられた。キンモンホソガが処女雌に誘引されるかどうかを確かめるために武田粘着トラップにより、1975



第44図 キンモンホソガ成虫捕獲のためのベニヤ板粘着トラップ



第45図 武田粘着トラップに付着したキンモンホソガの性別分布(1975. 7. 23, 無散布園)
●雌, ○雄
矢印は成虫の侵入方向

第90表 処女雌トラップに対する雄の誘引性

区別	7月26日	7月28日	9月2日
処女雌トラップ(A)	1,074	99	312
対照区(B)	96	7	9

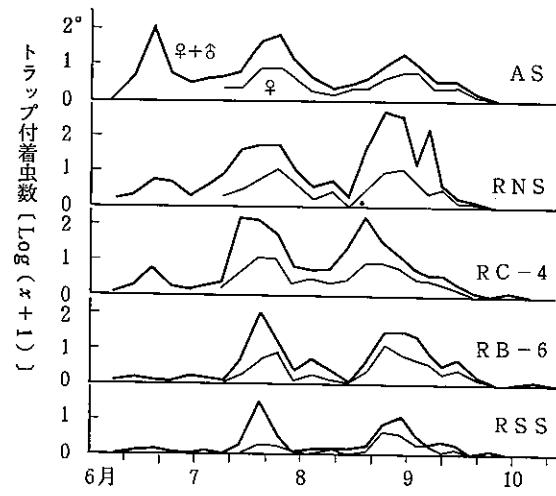
注: 7月25日及び9月1日午後に処女雌3匹をAに入れる。AとBは約3m離して各1個ずつ設置した。容器は武田粘着トラップを使用。

年7月25日と9月2日に当日羽化した処女雌を入れて、誘引される雄の個体数を調査し、その結果を第90表に示した。いずれの場合も処女雌の入ったトラップで明らかに付着虫数が多く、その誘引性が認められた。

IV 成虫発生消長の把握

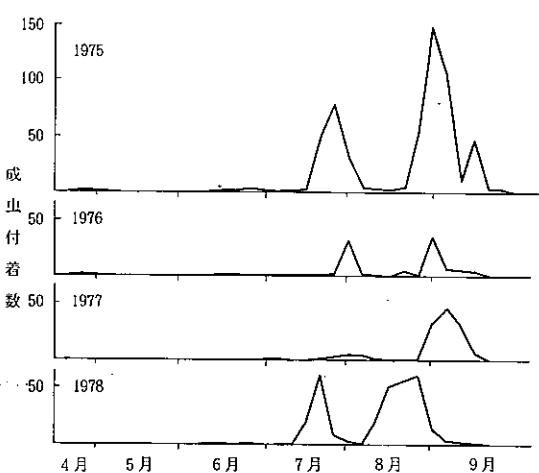
各調査年次別に圃場ごとの付着虫数を第46~47図に示した。越冬世代成虫については欠測年もあるが、トラップを1m以上の高い樹冠内につるす方法では付着数が少なく、消長をとれない例が多かった。この世代は地表に近接して設置したトラップ又は縦型粘着板の方で付着数が多い傾向があった。しかし、越冬世代成虫は樹幹での静止虫を調査することによってある程度消長を把握することができた。また、越冬世代成虫の発生量が多い場合は、樹冠につるしたトラップでも成虫の発生時期を推定できる程度の付着を認める例があった。そのような例では、樹幹での消長より幾分遅れて付着する傾向があった。

第1~3世代成虫ではその世代に対応しているとみられる3つの山型をもった付着消長を認めた。すなわち、こ



第46図 1975年の圃場ごとにみた粘着トラップによるキンモンホソガの消長
(AS: 黒石市浅瀬石無散布園, RNS: りんご試験園, RC-4: りんご試験C4圃, RB-6: りんご試験B6圃, RSS: りんご試験標準散布園)

(A S : 黒石市浅瀬石無散布園, R N S : りんご試験園, R C - 4 : りんご試験C4圃, R B - 6 : りんご試験B6圃, R S S : りんご試験標準散布園)



第47図 りんご試験圃場における粘着トラップでのキンモンホソガの消長

これらの山の出現期は別に調査した羽化時期の調査結果とほぼ一致した。

V 付着虫数と圃場の発生密度

粘着トラップを設置したのと同じ園で、キンモンホソガの発生密度及び生命表調査を行い、それから得られた成虫羽化数並びに次世代の卵数とトラップへの付着虫数との関係を検討した。発生密度は果そう又は新梢中位葉調査で得た結果と結果枝調査で得た結果の両方を使用した。これらの資料より年次別、世代別、圃場別に集計し、

さらにその値を対数変換して圃場ごとに付着虫数と密度との相関図を作り検討した。また、それぞれの相関係数を求めて第91表にあげた。無散布園では結果枝でみた卵密度との関係を除けば、いずれも有意な相関関係を認め、また、殺菌剤散布園ではいずれの場合も非常に高い相関関係を認めた。標準散布園では結果枝における卵密度だけで有意な相関関係がみられ、他の密度との関係は有意でなかった。畑中では成虫との関係で有意性を認め、卵の場合は資料数が少ないとあって有意ではなかった。浅瀬石においては新梢中位葉の資料しかなく、卵密度との関係で有意性を認めた。このように無散布園の卵密度で ρ が低いのは、第3世代から第4世代にかけて、落葉が著しく、羽化した成虫が充分産卵できないなど、成虫移出入の変動が大きいことによるとみられる。また、標準散布園で全般に ρ が低いのは薬剤散布の影響、侵入虫の時期的変動などが大きいためとみられる。

第91表 トランプ付着虫数と圃場密度との相関係数

園別	新梢中位葉密度		結果枝密度	
	成虫	卵	成虫	卵
無散布園	0.678**	0.623*	0.669**	-0.197
殺菌剤散布園	0.860***	0.813***	0.721**	0.878***
標準散布園	0.110	0.500	0.175	0.697**
畑中	0.885*	0.692	0.912*	0.711
浅瀬石	0.620	0.843*	-	-

注：成虫は当世代、卵は次世代のものを使用。

考 察

越冬世代成虫は羽化後リンゴ樹幹の地面に近い南側に集まる習性がある（広瀬 1961 a）。本調査では越冬世代成虫が粘着トランプによく付着し、南面より北面に、

IX 栽培管理の異なる園における発生動態

圃場における害虫の発生動態を解析することは、その害虫の個体群生態学的特性を明らかにできるばかりでなく、発生予察、害虫管理などの技術を確立する上でも基本的な重要課題である。近年、果樹害虫であるハモグリガ類の発生動態について2, 3の研究が報告されている（池本1972, 藤家1978a, 1979, FUJIIIE 1980）。しかし、キンモンホソガに関しては特定の場所における発生変動の記録がある程度で、動態の解析には至ってはいないのが現状である（氏家1982）。この章では黒石市近辺の栽培管理が異なる4つの現地圃場とりんご試験場内の散布体系の異なる3圃場におけるキンモンホソガの発生動態について解析を試みた。

高所より低いところに多く付着する傾向があった。これは氏家（1966）の報告と一致している。樹幹の場合と方位で違いが認められるのは風向の地域差や柱体と板状体との違いを考慮しなければならない。

第1世代以降のキンモンホソガ成虫がリンゴの樹冠内につるしたフェロモントラップ用の容器に多く侵入することは、この成虫の行動習性を示すものとして興味深い。しかし、そのような容器になぜ沢山の成虫が集まるのか理由は明確でない。キンモンホソガの成虫は交尾、産卵などのため、樹冠内を盛んに飛翔することは観察できるが、飛翔中に偶然トラップに付着したと考えるには付着虫数の多過ぎる事例が多い。恐らく、視覚或いは微気象とからんでトラップの回りに集まり易い条件をつくっているのではないかと考えられる。さらに、キンモンホソガの健康な雌が雄を誘引する効果がありトラップに付着した雌が雄を誘引する効果をもっている可能性も否定できない。また、全期間を通じて、圧倒的に雄が多く付着することは付着雌の性フェロモンに誘引されたと考えられる外に、もともと雄が行動的であることによっても説明できる。このように粘着トラップで圃場の成虫密度をとらえることができれば、発生予察上モニタリングの手段として使用できる可能性がある。しかし、最近キンモンホソガの性フェロモンが明らかにされ極めて高い誘引性が確認された（杉江ら1985, 若公ら1985）。今後はフェロモントラップが発生調査に利用される可能性が高いが、このようなトラップでは誘引性に時間的、空間的な変動があることが知られている（大竹, 1985, 中村1980）。今後、そのような変動の要因を解明する上で、本調査で使用した粘着トラップの成績が活用できるものと考える。

調査方法

りんご試験場内の無散布、殺菌剤散布、標準散布の各圃場並びに黒石市浅瀬石の放任園、平賀町平六の無散布園、及び田舎館村畑中の粗放管理園を調査圃場とした。しかし、約半数の園は調査の途中で伐採されたため、途中で調査を打ち切ったり、隣接園に移したりした。調査は早いもので1970年より開始し、1979年まで9年間にわたって行った。調査方法は生命表作成の項で述べたように各世代共、S-F期と羽化期ごとにキンモンホソガの密度調査と要因別死亡率を調べ、生命表を作成した。年次及び園地によっては結果枝を抽出した調査も並行して行い、第1世代とそれ以後の密度の関連を明らかにしよう

とした。また、1975年からは一部の園地に粘着トラップを設置し、成虫の付着消長をとらえた。さらに越冬世代の地表面における密度と死亡要因を積雪期間の前及び後に調査した。変動要因の解析には各世代の生命表を用い、MORRIS (1963), VARLEY & GRADWELL (1960), IWAO & WIELLINGTON (1970), SOUTHWOOD (1966), 久野 (1968)などの手法を適宜利用した。

なお、各調査園地の地形、栽植状況、栽培管理などは以下のようである。

I りんご試無散布園

場内1号園にあるまったく農薬を散布していないリンゴ園で、15年生以上の紅玉5本、国光5本の外にふじ、陸奥などの苗木約20本と数本のズミが栽培されている。ここは、周囲が建物及び針葉樹の生垣によって囲まれ、他の圃場とは30m程度離れているため、薬剤散布時における農薬の飛散による汚染はあまりない。この園場では1973~1979年に調査を実施し、紅玉と国光の成木各4~5本を調査した。

II りんご試殺菌剤園

1号園内にある若木園で、10年生前後の国光、ふじ、東光、デリシャス系品種などが栽培されている。ただし、当初調査園場として設置した東側C4圃の国光とデリシャス系品種は、1977年の春期に伐採されたので、1976年から西側C3圃のふじ30本と東光10本を併せて調査樹とした。なお、国光とデリシャス系品種はマルバカイドウ、他の品種はM106台につぎ木されたものである。害虫防除を除いた一般管理は青森県の指導基準に従い、病害防除のために殺菌剤は普通に散布したが、殺虫剤、殺ダニ剤はまったく散布しなかった。殺菌剤の散布経過は第97表に示した標準散布園のものから殺虫剤、殺ダニ剤を除いたものである。全般的な地形、地勢は標準散布園と同様であるが、北側が園主の異なるリンゴ園である外は、すべて調査園場と同一管理をしている園場に取りかこまれている。

III りんご試標準園

場内1号園にある国光成木園で約25年生の国光が9×4列植の合計36本栽植された園場である。そのうち、欠木跡地に植えられた5、6本は苗木又は若木である。栽培管理は青森県の指導基準に基づいて行われ、病害虫の防除は青森県標準防除暦に準じて行われ、薬剤散布はスピードプレーヤーによった。この園場の周囲は同じ栽培管理を行っているリンゴ園で、イネ科植物による草生栽培がなされ、草生は年数回刈り取られる。樹の栽植距離

は6.5m程度の方形植である。

IV 黒石市浅瀬石の放任園

浅瀬石川の土手に接した河岸平地のリンゴ園で、国光14、デリシャス系品種5、紅玉5、祝2、ふじ1、旭6の合計33本が栽植されているが、そのうち約1/3は折損などで樹冠が小さく、他の樹も無剪定状態でふらん病の発生が多い。面積は約20aで南東側がニセアカシヤを主とした雑木で囲まれ、そのまま向隣は幅約50mの川で、これは西側に向って流れているため、ほぼ南東から南西にかけて川の土手となっている。東と北側は隣接した水田で、ほぼ孤立したリンゴ園である。園の約半分はまったくの放任状態で、半分は下作にナス、アズキ、トウモロコシなどを栽培している。ここでの調査は1973年から伐採される1976年まで4年間樹上密度の変動と生命表作成のための調査を実施した。

V 平賀町平六の粗放管理園

山間地に孤立した一般栽培者の3園からなる集団で、約50aあり、いずれも極めて粗放な管理しかしていない。やや広い谷間の台地状のところに作られたリンゴ園で、北側に山がせまって、山林となっており、他は3~15mの段状に下って水田となっているが、南側の段には雑木が繁茂している。3園は1~2mの高さの段状の土手で区切られ、そこは雑草が繁っている。調査は面積の広いA園とB園について実施した。A園は無散布で下草も年1~2回しか刈らないが、剪定は普通に行われ、その品種構成はふじ7、デリシャス系品種6、むつ6、レッドゴールド1、祝1本で、計21本が栽植されている。B園は年に1~2回薬剤散布されるが1976、1977年は散布していない。下草も1~2回刈りとられるだけで、耕起もされないが、剪定は行われている。品種構成はふじ26、デリシャス系品種21、国光4、世界一2、その他3樹からなり、他に苗木が若干栽植されている。B園は1976年から1979年まで継続調査できたが、A園は1978年に伐採されたため、途中で調査を打ち切った。ここでは越冬期の調査を行わない。

VI 畑中一般散布園

青森県南津軽郡田舎館畠中の一般栽培者園で、52本の国光を主体とした、デリシャス系品種12本、紅玉2本、ふじ3本、陸奥3本などの混植園である。面積は約50aあるが、内1/3は野菜類の栽培に使用され、リンゴ樹は上記の成木以外に苗木10数本が植えられている。園の東及び南側が水田、北側は人家、西側はリンゴ園で、平坦な地形である。調査期間中一部の樹で、国光から陸奥への高

つぎ更新が行われ、1976, 1979年の2年間は初冬に耕起されたため、落葉の多くはすき込まれた。薬剤散布は動力噴霧機による手散布で行っており、詳細な散布内容は不明であるが、年内5~10回程度の散布回数で、幾分粗放な管理状態である。

結果

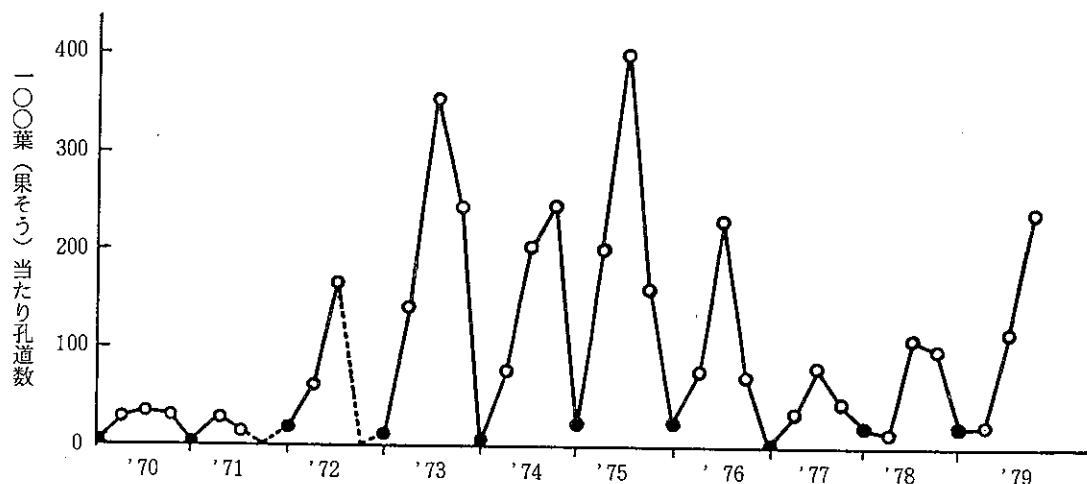
I りんご試無散布園における発生動態

(I) 密度の変動

1970~1979年の100葉(第1世代は果そう)当たりの潜孔密度における変動は第48図のようであった。密度変動

の周年経過では多くの場合、第1世代から次第に密度が高まり、第3世代で最高に達し、第4世代で再び低下した。しかし、1971年は第2世代で、1974年は第4世代で最高に達し、年次により若干異っていた。このように第4世代で密度の低下が起るのは後述の一般管理園の場合と明らかに異なっており、その原因は病害虫の発生による葉の質的な低下並びに天敵の増加が関与しているとみなされる。

年ごとの最高密度についてみると、1970, 1971年は極めて低く、1972年から増加し始め、1973~1975年は極めて高い値を示した。しかし、その後低下し、1977年に谷



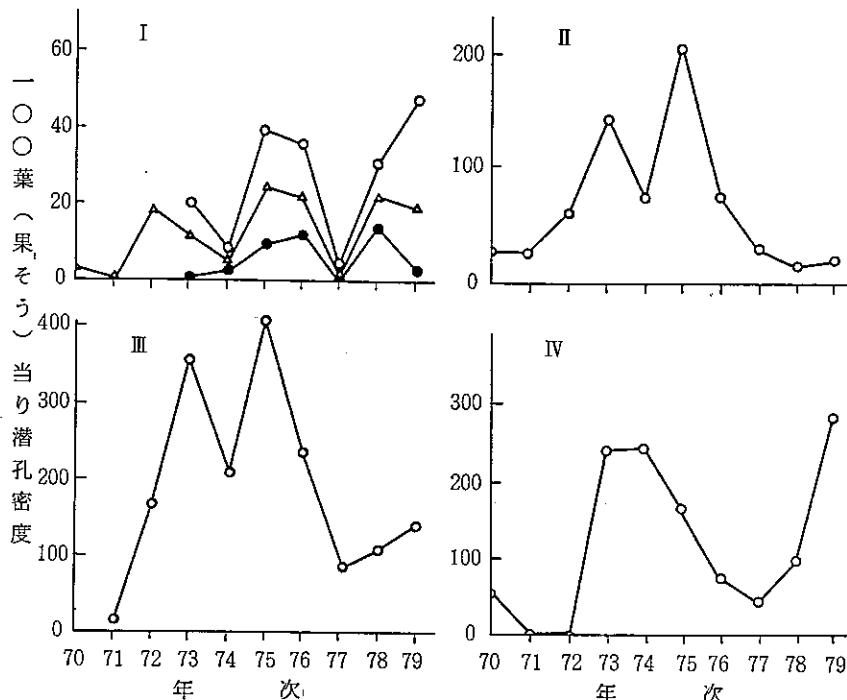
第48図 りんご試無散布園におけるキンモンホソガ潜孔密度の変動
(●: 第1世代で100果そう当たり, 他は100葉当たり密度)

となり、1979年には再び増加した。その間各年次の最高密度は27.6から405.0までの範囲で変動し、その比は14.7倍に達した。また、同一年内の変動幅は最高密度の高い年に大きく、最高密度の低い年に小さい傾向を認めた。

一方、世代ごとの年次変動は第49図に示したように世代によって大きく変った。すなわち、第1世代では100果そう当たり、10年間の平均密度が13.79、標準偏差が10.28であり、0.8から24.5の間で変動がみられ、1972, 1975, 1976, 1978, 1979年が高く、1971, 1974, 1977年は低かった。第1世代では品種により大きな密度差を生じており、いずれの年も国光より紅玉で明らかに高かった。この際、密度が高い時に品種間の密度差も大きい傾向を示したが、両品種の密度間には必ずしも高い相関関係がみられなかつた。次いで第2世代と第3世代における10年間の平均密度と標準偏差はそれぞれ $\bar{x}_2 = 69.79$, $S_2 = 61.23$ 及び $\bar{x}_3 = 174.38$, $S_3 = 128.72$ であり、第3世代は第2世代の

約2.5倍高かった。年次変動の様相は第2, 第3世代共に類似しており、上述の最高密度の変動に近い動きを示した。これは量高密度の変動が第3世代の密度に強く依存していることを示唆する。変動幅は第2世代で19.2から206.5までの範囲、第3世代は15.9から405.0までの範囲であり、第3世代の方が大きかった。第4世代は8年間の平均密度で152.69、標準偏差が95.95であり、第3世代に次いで高かった。変動幅は44.5から285.5の範囲であった。

次に後半5年間における枝当たり密度を調査した結果、国光と紅玉を合わせた平均値とズミについて密度の変動様相をみた。国光、紅玉における枝当たり密度は、ほぼ初めの世代で低く、第2, 第3世代と次第に増加し、第3世代で最高に達し、第4世代で低下するような経過を示した。第4世代で低下するのは100葉当たり密度の変動で述べた理由の外、枝当たり着葉数の減少が強く関与していた。しかし、1975と1978年は第2世代で最高密度に達し、



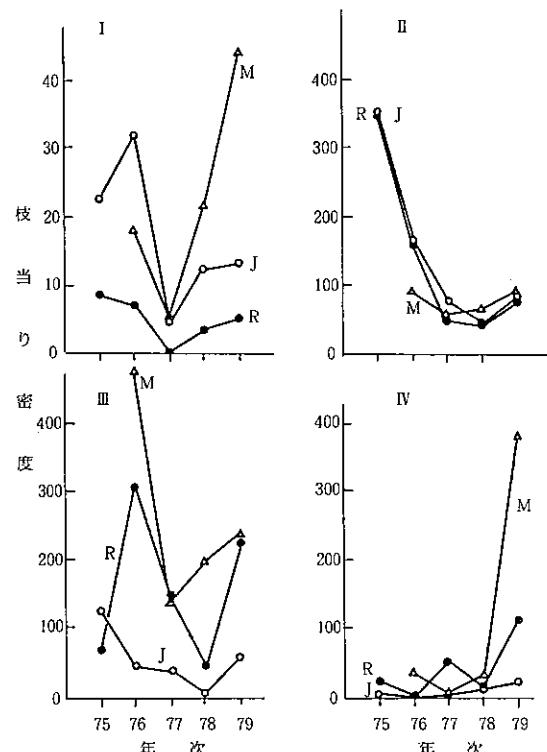
第49図 りんご試無散布園におけるキンモンホソガ潜孔密度の世代別変動
(I~IVは世代)

第3世代以降減少した。これらの年は7月から落葉が多くなったためである。

これに対し、ズミでは落葉率が低く、1978年にも第3世代での極端な密度低下は起らなかった。

紅玉と国光を合わせた5年間の平均密度は第1~4世代がそれぞれ、8.8, 140.5, 119.3, 29.6であり、第2世代が第3世代よりも高い水準であった。また、変動幅と標準偏差は第1世代で1.8~14.1と0.44、第2世代が45.9~350.9と126.03、第3世代が30.5~201.9と65.02、第4世代が0.3~80.0と30.37であり、標準偏差は密度の高いときに高く、変動係数では第4世代で最も大きく、次いで第2世代であった。

また、第50図に示した世代別の年次変動をみると第1世代及び第2世代では100果そう及び100葉当たり密度の変動に酷似していた。しかし、第3世代と第4世代では、国光、紅玉とも100葉当たり密度変動の様相とは大分異っていたが、ズミの場合には類似した変動を示した。これは前述のように第3世代以降における落葉率の違いによるとみなされる。また、第1世代において国光での変動幅が大きいのは、キンモンホソガの成虫発生時期と国光の展葉期が年によって大きくずれることがあるためとみなされる。しかし、年による密度の変動は国光、紅玉共ほぼ平行的であり、紅玉に多い年に国光にも多いという



第50図 りんご試無散布園における枝当たり潜孔密度の世代別変動 (M:ズミ, J:紅玉, R:国光)

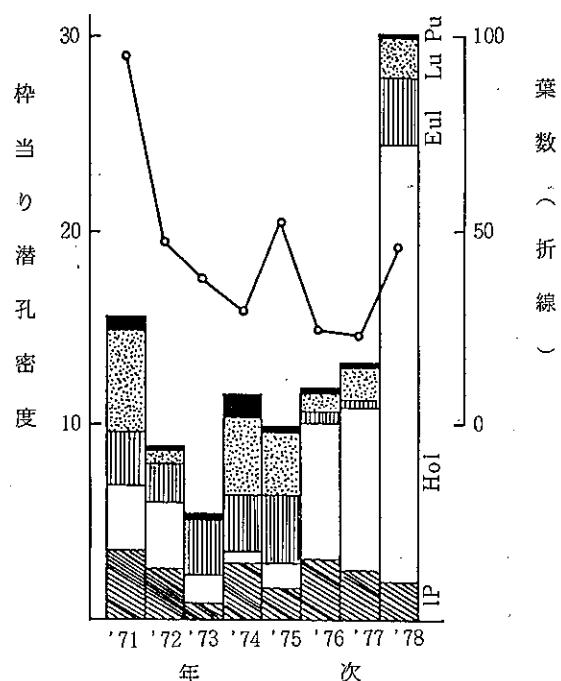
傾向があった。第2世代では、紅玉と国光の密度が極めて近い値で経過し、変動幅も最高と最低の比が7.5と小さく、両品種の密度間に $r=0.994$ という極めて高い相関関係が認められた。しかし、第3世代では品種間の相関関係がほとんど認められなくなり、また、1975年を除けば枝当り密度は国光で高く、紅玉で低かった。最高密度と最低密度の比は国光6.4に対し、紅玉が29.7であり後者で高かった。このような第3世代の特色は、この時期における落葉の多少と、密接な関係があり、特に紅玉が早期より落葉し易いことと関連あるとみなされる。第4世代では両品種とも落葉が激しく、残っている葉は徒長枝や二次伸長枝にある若い葉が中心で、枝当り密度もごく低いものとなった。反面、残った葉は安定した数となるため、品種間の密度には再び平行的な動きがみられるようになった。しかし、枝当りの着葉数は国光よりも紅玉で少ないため、潜孔の密度はいずれの年も国光で高い値であった。

このように無散布園では第2世代以降の密度変動が落葉に強く係わっているので、比較的落葉の多くみられた7例について、落葉前の初期密度についても調査し、落葉後のものと比較した。落葉前後の密度差は1975年の第2世代で475.4個体（57.5%）、第3世代で337.4個体（78.6%）あり、この際、前者では紅玉、後者では国光で大きな落葉率を示した。1976年の第3世代には331.2個体（62.1%）の低下で、この場合は紅玉の129.8に対し、国光が465.4と顕著な低下を示した。しかし、もともと紅玉での密度が低かったため、低下率ではそれぞれ74.0%と60.3%で、むしろ紅玉で大きかった。1977年の第3世代は51.9個体の低下で、これは落葉前密度の31.1%に相当し、品種による差は小さかった。1978年には21.2個体（31.6%）の低下で、紅玉の低下率が49%と幾分高かった。1979年の第3世代は82.73個体（34.5%）低下し、紅玉で42.6%と国光よりもやや高い低下率であった。同じ年の第4世代では131.1個体（62.1%）の低下で、低下率の品種間差はほとんどなかった。

（ii）越冬前の落葉における密度

冬期の根雪に入る直前ころに10～18区画の試料を採集して実験室内で潜孔を分解し、TF及び蛹の死亡要因と死亡率並びに生存虫の密度を調査した結果、第51図のようであった。枠当たり葉数は22～95枚の範囲にあり、各年の総平均は44.4枚、最高と最低の比が4.2であった。最高密度は1971年にみられ、1972年以降は20～50枚の範囲で変動した。1971年に多かったのは、落葉時期が遅く、落葉の腐敗が少かったためとみられる。

落葉のうち、キンモンホソガ越冬世代の潜孔のある葉数は1971、1972年が枠当たり平均でそれぞれ18.0と19.8枚



第51図 初冬のりんご試無散布園での落葉におけるキンモンホソガ及びその寄生蜂密度の変動

(1P: 生存蛹, Hol: キンモンホソガトビコバチ)
(Eul: ヒメコバチ類, Lu: TF不明死)
(Pu: 蛹不明死)

であり、1977、1978年はそれぞれ7.0、5.6枚と少なく、1979年が24.5枚と逆に多かった。また、寄生葉率は1971年が18.9%と低く、次いで1977、1978年はそれぞれ28.2、24.4%と中程度であり、1972と1979年は42.3%、53.0%と高かった。このため、落葉内の潜孔密度は第48図でも明らかなように1979年が最も高く、次いで1971年であり、最低は1973年であった。その他の年は9～13個程度であり大きな変動はなかった。各年次を通じた潜孔密度は平均13.4個、最高と最低の比は5.5倍であった。これに対し、キンモンホソガの生存蛹密度は非常に低く、0.9～3.8の範囲で変動し、各年を通じた密度は平均2.41個体、最高と最低の比が4.13倍であった。なお、越冬世代の樹上における枝当り潜孔密度(m_t)、落葉における潜孔密度(m_f)、樹上100葉当り潜孔密度(m_1)との間にそれぞれ次のような回帰関係を認めた。

$$\log m_t = 1.719 \log m_f - 0.760$$

$$\log m_1 = 1.865 \log m_f - 0.093$$

ただし、 $r^2_{tf} = 0.87$, $r^2_{1f} = 0.70$ である。

落葉の潜孔分解調査で認められた死亡要因のうち、主要なものはTFにおけるキンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ科、*Scambus planatus* 及び原因不明、蛹に

おける奇形と原因不明が主要なものであった。このうち、キンモンホソガトビコバチの枠当たり密度は他の死亡要因に比較して最も大きな変動を示した。すなわち、8年間の平均密度は5.98マミー、最高と最低の比が48倍と大きかった。

次に、ヒメコバチ科の寄生蜂及び*Scambus planatus* に寄生を受けた潜孔の密度は各種をこみにして扱い、各年次の総平均が2.26個、最高と最低の比は7.74で、比較的小さい変動幅であった。この際、*Scambus planatus* は5年間で寄生を認めたが、枠当たり密度は0.06から0.22の範囲にとどまった。また、TFの不明死は総平均2.28、

最高と最低の比が5.09倍であり、蛹の不明死と奇形を含めた死亡個体は総平均0.4、最高と最低の比が10倍であった。このうち、奇形による死亡は1976と1977年にそれぞれ枠当たり0.12と0.05個体認められただけで、蛹の死亡に占める比率は低く、ほとんど無視できる程度のものであった。

(iii) 越冬世代成虫羽化数の変動

1972年は越冬後の4月上旬に落葉を採集して、秋期落葉と同様に潜孔を分解調査し、1973年以降は乾燥した落葉をポリ袋に入れて常温又は室温において羽化させ、羽化虫を分離する方法で調査した。その結果は第93表のようであった。1972年の場合は、キンモンホソガの蛹のう

第93表 りんご試無散布園における春期落葉からのキンモンホソガ及びその寄生蜂の羽化数(25×25cm²当り)

調査枠数	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
	10	10	6	14	14	16	14	14
キンモンホソガ	♂	0.2±0.4	0	0	—	0	0	0
	♀	0.1±0.3	0	0	—	0	0.28±0.82	0
	計	5.7±4.11*	0.3±0.5	0	0.07±0.27	0	0.28±0.82	0
寄生蜂の種類	<i>Scambus planatus</i>	0	0	0	0	0	0.07±0.26	0.20±0.41
	ホソガサムライコマユバチ	0	0	0	0.28±0.46	0	0	0
	キンモンホソガトビコバチ	0.2±0.42**	—	0	0.28±0.82	0.19±0.54	4.71±10.32	22.95±36.37
	<i>Pteromalus</i> sp.	0	0	0	0	0	0.07±0.26	0
	<i>Cirrospilus</i> sp. A	—	0	0	0	0	0	0.05±0.22
	<i>Sympiesis laevifrons</i>	—	0.5±0.7	+	0.07±0.267	0.36±0.84	0.19±0.40	0
	<i>Pnigalio</i> sp.	—	0	#	0	0.05±0.22	0	1.05±4.47
	<i>Pediobius</i> sp.	—	0	0	0	0	0.07±0.26	0.10±0.45
	<i>Chrysocaris</i> sp.	—	0	0	0.07±0.27	0	0	0
計		0.2±0.42	0.5±0.7	0.33±0.516	0.07±0.267	0.71±1.45	0.40±1.39	0.07±0.26
注: *. 生存蛹数, ヒメコバチは生存幼虫も含む。 **. マミー数を表す。								

ち生存虫が枠当たり5.7個体と比較的多かった。しかし、第V章で述べたように越冬後の蛹が羽化に至らないで死亡する個体が相当あるため、1973年以降の羽化密度と直接比較することはできない。また、前年秋の生存蛹の密度は枠当たり3.8±2.71であったが、これは有意な差ではない。さらに、この年の寄生蜂密度はキンモンホソガトビコバチの場合はマミー数を、ヒメコバチ科では種名不詳で幼虫、蛹を含む。なお、越冬後の落葉からキンモンホソガの潜孔を探索することは大変難しく、恐らく、若干の見落しがあるものと考えられる。

1973年以降の場合は1973、1976、1978年にごく少数のキンモンホソガの羽化を認めたが、他の4か年にはまったく羽化をみなかった。このようにキンモンホソガの越冬率は極めて低いものと考えられる。

一方、寄生蜂はキンモンホソガトビコバチ、*Sympiesis laevifrons*、*Pnigalio* sp.など9種が認められた。キンモンホソガトビコバチは1973~1975年には羽化がなく、1976~1979年には枠当たり0.28~22.95個体が羽化した。特に、1978、1979年は越冬前のマミー密度がそれぞれ6.8、8.4と高かったので、羽化数も比較的多かった。しかし、キンモンホソガトビコバチは1マミーが10数個

体で構成されていることを考えれば、その羽化率はかなり低いとみなされる。ホソガサムライコマユバチと*Pteromalus* sp.は1年だけ少数の羽化を認めただけであり、*Scambus planatus* も1978、1979年の2年だけごくわずかの個体しか羽化しなかった。一方、ヒメコバチ科の寄生蜂は毎年羽化を認めたが、越冬前の密度に対して必ずしも高い羽化率ではなかった。ヒメコバチ科の種構成をみると年次により優占種が変っており、1973、1976、1977年のように*Sympiesis laevifrons*が優占した年と1974、1979年のように*Pnigalio* sp.が優占した年があった。

(iv) 生命表

各世代ごとのTF密度及び発育形態別死亡要因と死亡率は1970年から1979年までの10年間調査した。しかし、最初の3年間は卵とSFの調査を、1970と1973年は落葉での調査を欠き、1973年は第4世代が欠測となつた。これらの調査結果から前述のような手法により年次別の生命表を作成した。

得られた40世代分の生命表を世代別に10年間の平均値を求めて示したのが第94表である。

世代内の生存率は世代の経過と共に低下し、越冬世代

第94表 りんご試無散布圃場におけるキンモンホソガの生命表

発育段階	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		生存率	死亡率	生存率	死亡率	生存率	死亡率	生存率	死亡率
卵	不明	1.000	4.9	1.000	2.5	1.000	1.1	1.000	0.1
SF	共食, 不明	0.951	16.8	0.975	8.0	0.989	33.1	0.999	50.7
TF		0.791	47.9	0.897	64.7	0.662	71.1	0.493	84.0
	ヒメコバチ		23.8		42.6		36.8		16.0
	トビコバチ		13.0		12.3		20.5		35.2
	コマユバチ		0.2		0.1		0		0.1
	ヒメバチ		0		0		0		0.8
	捕食・不明		10.9		9.7		13.8		31.9
蛹		0.412	6.4	0.317	12.3	0.191	15.4	0.079	12.7
	ヒメコバチ		2.3		3.7		2.0		0.1
	ヒメバチ		1.5		0		0		0.2
	奇形		0.8		1.0		1.5		2.4
	不明		1.8		7.6		11.9		10.0
越冬蛹	不明	—	—	—	—	—	—	0.069	84.9
成虫	脱出失敗	0.386	0	0.278	0	0.162	0.1	0.010	0

注：1970～1979年の10年間の平均値を示した。ただし、卵、SFは最初の3年間、越冬期は'70、'73、'74、'79年を除く。

では越冬直前の蛹密度で6.9%に減少した。越冬期間中の死亡率は非常に高く、ほぼ85%であり、このため第4世代の卵に対する羽化率は1%となった。各発育段階における総死亡率ではTFが最も高く、次いでSF、蛹、卵、成虫の順であった。卵とSFの死亡要因は大部分不明であるが、SFには種内競争によるものが相当含まれ、特に第4世代ではむしろ不明死より多く認められた例もある。しかし、多くの年で原因不明の死亡と区別しなかったので、ここではすべて原因不明として取扱った。TFの死亡要因別死亡率では、ヒメコバチ類による死亡が最高であり、次いでキンモンホソガトビコバチ、不明死の順に高く、コマユバチとヒメバチはごく低い寄生率であった。ヒメコバチ類は第2世代と第3世代で高い寄生率であり、第1世代と第4世代ではやや低かった。一方、キンモンホソガトビコバチでは第1、第2世代ではやや低い寄生率であったが、第3、第4世代では高い寄生率であった。捕食と不明死はキンモンホソガトビコバチの寄生率の場合と同じ傾向であった。蛹の死亡率は第1世代でやや低めであったが、その他の世代ではほぼ同程度であった。このような蛹の死亡は原因不明の死亡率に強く依存する傾向があった。ヒメコバチ科では *Sympiesis laevifrons* が優位を占め、次いで *Phigatio* sp. が多く、他に数種のものが確認された。ヒメバチの1種は主として越冬世代に寄生を認めたが、1975と1979年には第1世代にも寄生を認めた。その外、この園で認められた寄生蜂は前述の越冬世代密度調査で得られた種類ほとんど同じものであった。

寄生蜂に次いで、落葉が重要な死亡要因或いは密度制限要因であり、これは早い年で第2世代から、普通年では第3世代で起り、落葉はかなりの期間を通して起る。このような落葉は第4世代の発生する前にほとんど終了し、第4世代では落葉に伴って増加する二次伸長葉に多く寄生するようになる。落葉による死亡については枝当たり密度変動の項で詳しく述べた。なお、ヒメシロモンドクガ、モンクロシャチホコ、リンゴスガなど食葉性のりんご翅目昆虫による食害も多少認められたが、それらも落葉の中に含めて取扱った。

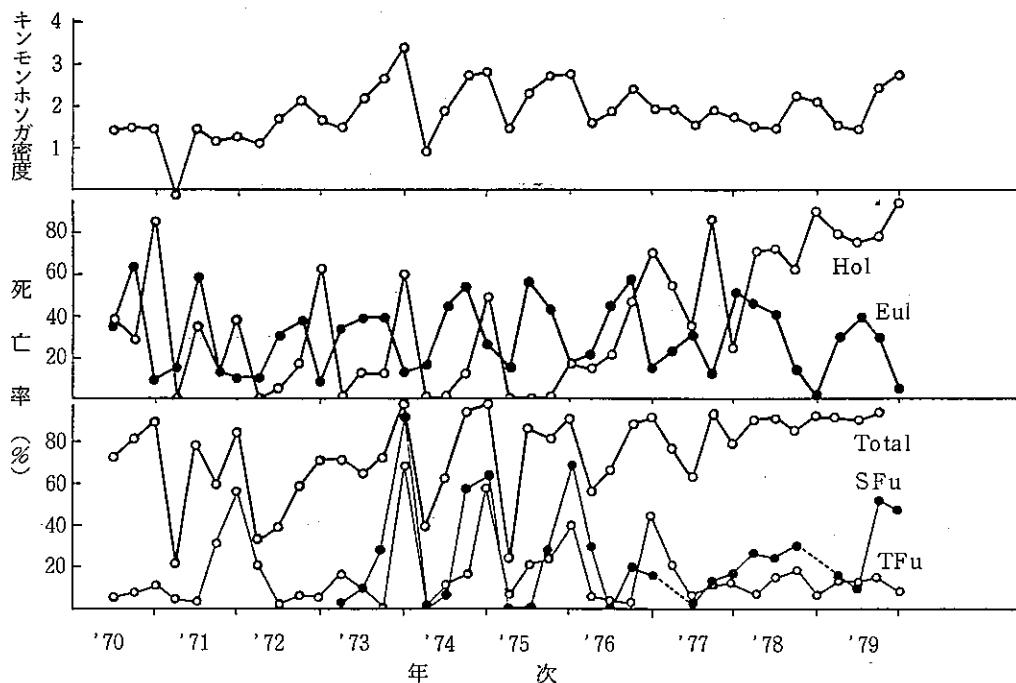
捕食はチビドロバチ、小鳥などにより潜孔が破壊されたもの、吸収型の捕食虫によるSF、TFの死亡などが認められ、他の地域に比較してチビドロバチによる捕食が比較的多かった。蛹の奇形は1978年第4世代で12.8%と高い比率で認められたが、それ以外の世代では数%あるいは0%であった。

成虫期の死亡は1972年第3世代、1976年第2世代で少數あったが、これは潜孔内で羽化するために脱出できずに死亡したものである。また、越冬期の生存過程についてはこの後で詳しく述べる。

(V) 各種要因による死亡率の変動と寄主密度との関係

生命表でみられた死亡要因のうち、主要なものについて経時的な変動を表わしたもののが第52図である。

卵から成虫羽化に至る間（ただし、第4世代は越冬直前まで）の総死亡率の変動は調査を開始した当初のころで大きく、1976年ころからは次第に高水準の死亡率で変

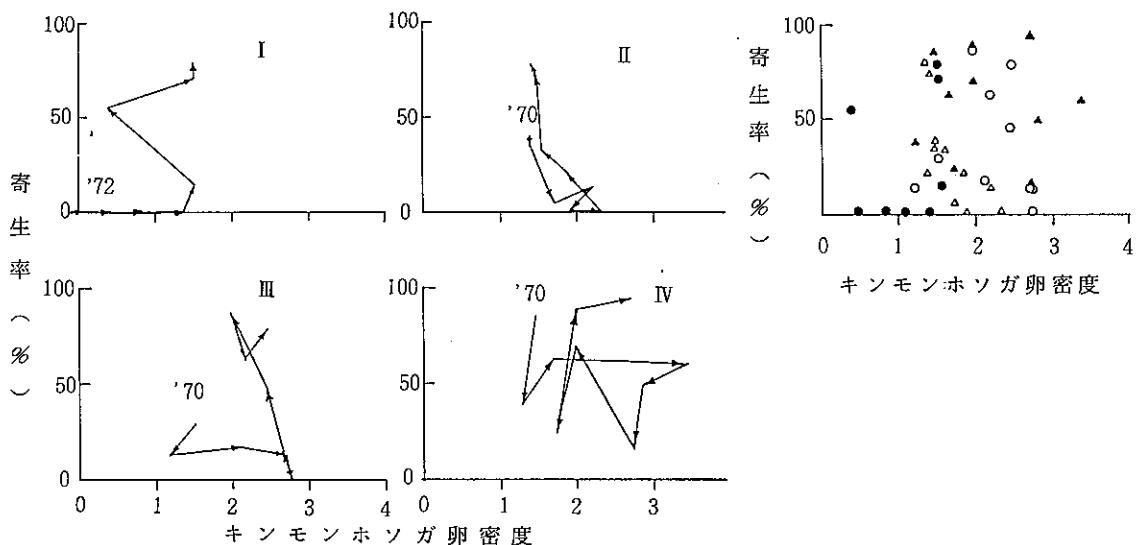


第52図 りんご試験場におけるキンモンホソガの主要死亡要因による死亡率の変動
(Hol: キンモンホソガトビコバチ, Eul: ヒメコバチ類, Total: 総死亡率)
(SFu: S F 不明死, TFu: T F 不明死)

動幅が小さく安定するようになってきた。このことはキンモンホソガの密度変動の幅が1976年ころから小さくなっていることと符合していた。このような変動様相と関連してキンモンホソガトビコバチ寄生率の動きが注目される。すなわち、1970～1975年までは第1世代での寄生率がほとんど0%で、世代の経過と共に高まる傾向を示し、このため寄生率の世代間変動も大きかった。これに対し、1976年からは第1世代でも高めの寄生率が認められ、その後、逐年第1世代での寄生率が高まると共に世代を追って寄生率が高まるという傾向は弱くなった。このようなキンモンホソガトビコバチ寄生率の高まりがなぜ起ったのだろうか。まず、寄主の密度と関連あるかどうかを検討するため第53図を作成した。しかし、これからも明らかなように全世代をこみにしても、世代ごとにみても寄主の密度とはあまり関係なく変動していた。また、寄生率が高まった様子は世代別に分けてみた場合もやはり同様に認められた。このようにキンモンホソガトビコバチは寄生蜂の生態の項で述べたように休眠性が変化したことと何らかの関係があると考えられる。すなわち、調査期間の後の年次では越冬世代における第1群の比率が高まってきた事実である。これによって、第1世代への寄生が可能となり、この世代での寄生率を高めたと考えることができる。しかし、寄生蜂の休眠性変化が何故起

きるかはよくわかっていない。

次にヒメコバチ類の寄生率変動についてみると、経的には上限を65%，下限を0%とした範囲で波状の変動が認められた。しかし、キンモンホソガトビコバチの場合と異なる点は第2～3世代で寄生率が高まり、第1と第4世代で低い傾向を示すことである。このような変動が起る原因として、ヒメコバチ類の寄生活動が夏期高温時に高まり、低温の春秋には弱まることも考えられるが、1977年のように第4世代でも50%以上の高い寄生率を示す場合もあり、温度だけでは説明できない。ヒメコバチ類とキンモンホソガトビコバチの寄生率にみられる変動は単に両者の季節的な変動ではなく、何らかの依存関係があるとも考えられる。すなわち、第4世代ではキンモンホソガトビコバチの寄生率が一般に高く、この世代ではヒメコバチ類の寄生率が低下する例がしばしば認められた。一般にヒメコバチ類の成虫が寄主に産卵する場合にキンモンホソガトビコバチの寄生を受けている個体かどうかを区別することができないようであり、そのため、キンモンホソガの体内でトビコバチ幼虫の発育がある程度進んでから産卵されたヒメコバチは途中で死亡する危険性が大きい。このことがトビコバチの寄生率の高いときにヒメコバチの死亡率を高くする原因となり、キンモンホソガに対する寄生率が見かけ上低下しているのでは

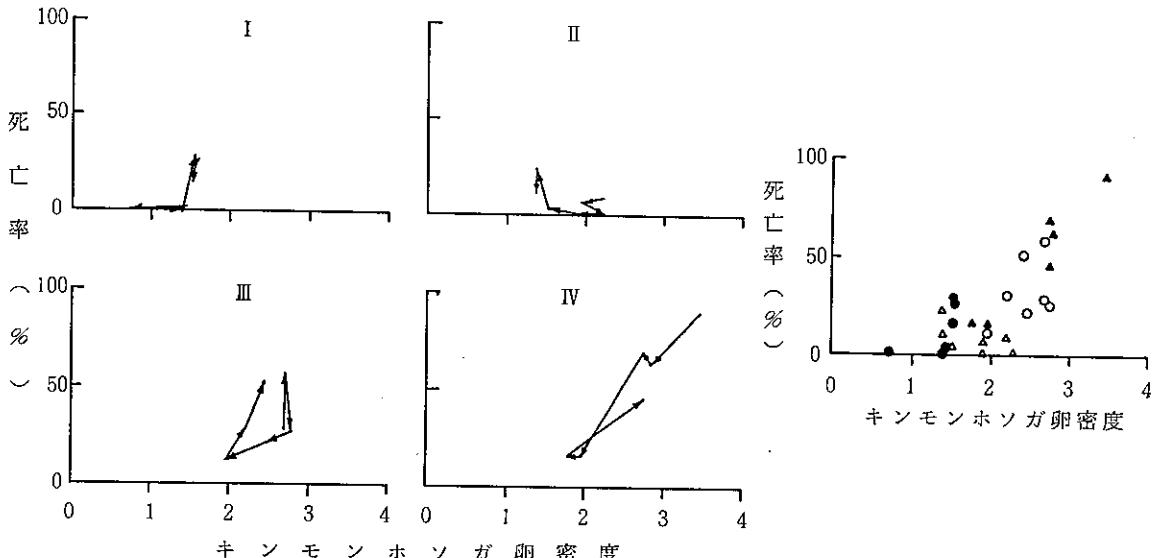


第53図 りんご試無散布園におけるキンモンホソガの卵密度とキンモンホソガトビコバチ寄生率との関係
(●: 第1世代, △: 第2世代, ○: 第3世代, ▲: 第4世代)

ないかとも考えられる。なお、寄主のTF密度とヒメコバチ類の寄生率の間には世代別にみても、全世代をこみにしてあまり関連性が認められなかった。

次にSFの不明死率の変動をみるとほとんどの場合、葉当たり寄生密度の高まる第3世代と第4世代で同時に高まることが多く、特に1973, 1974, 1976, 1979年などで

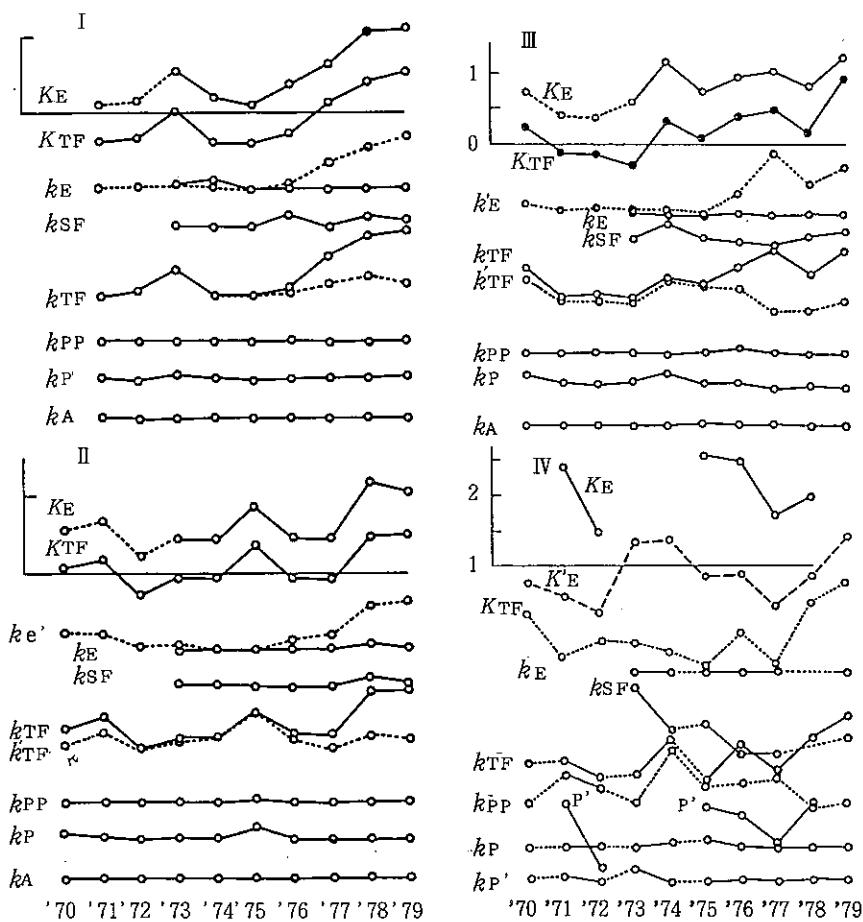
高死亡率を示した。無散布園の場合、落葉が早く起り、年によっては二次伸長葉が多数伸び、これに高密度でキンモンホソガが寄生する。このような場合、葉内では潜孔の重なりが生じ、すでに述べたように共食いが起って死亡率が高まる。無散布園におけるSFの不明死の大半は共食いによるものと考えられる。共食いが寄主の密



第54図 りんご試無散布園におけるキンモンホソガの卵密度とSF不明死率の関係
(記号は53図と同じ)

度と強く関連することは別の報告(SEKITA & YAMADA 1979)すでに述べたが、この園におけるSFの密度とSF不明死との関係を第54図に示した。このように密度に依存する傾向は世代をこみにした場合でも明らかに認められ、特に第4世代では顕著であった。

TFにおける不明死は第4世代で特に多くなる傾向があった。しかし、葉当たりTF密度との関係は必ずしも認められないことから、第4世代で多くなったのは葉の栄養条件、捕食者などによるとも考えられる。ただし、ここではこれらに関する情報が不足なため検討できない。



第55図 りんご試験場におけるキンモンホソガ世代別 K と k_i の変動

と近似しており、これに強く依存していた。ここで k_{TF} に含まれる死亡要因はキンモンホソガトビコバチ、ヒメコバチ類に代表される寄生蜂と捕食、不明死などである。このうち、キンモンホソガトビコバチは寄主の卵に産卵するが、寄主はそのまま生存を続け、蛹化直前の老熟幼虫に至って死亡する。この際、寄生を受けた時点でその

(vi) 世代内総死亡率の変動と変動主要因

生命表から得られた各発育段階の生存数を対数変換してそれぞれの差を求め、VARLEY & GRADWELL (1960) の手法に従って世代内総生存率から求められる K と卵、S F、T F、前蛹、蛹、成虫の各生存率から求められる k_E 、 k_{SF} 、 k_{TF} 、 k_P 、 k_A などの変動を対比して年次別に配列したところ第52図のようであった。ただし、ここでの K は産卵された卵から成虫が羽化脱出する間の値であり、脱出後の成虫の死亡は含まれていない。第55図からも明らかなように K の変動曲線はほぼ k_{TF} の変動

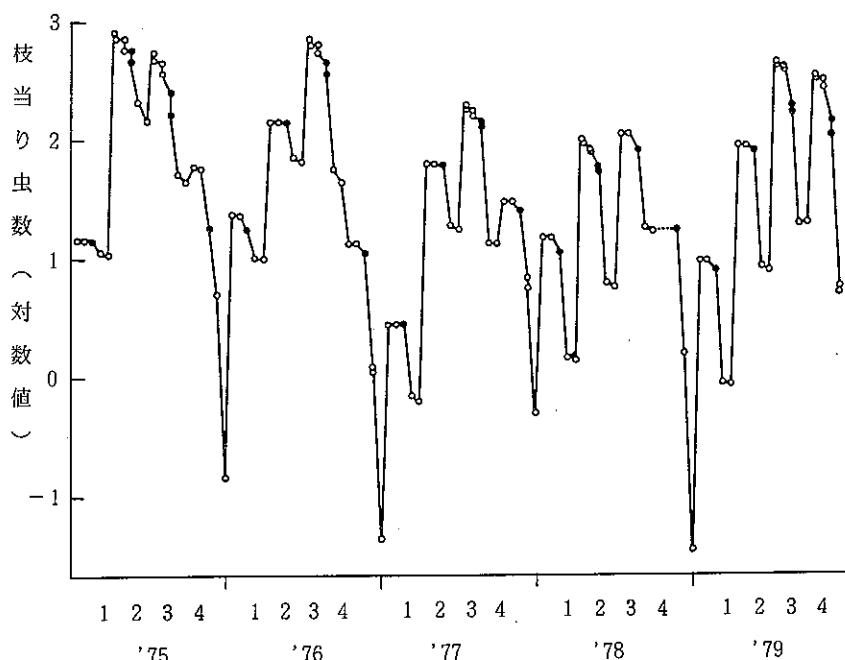
寄主を死亡とみなすことによって他のTF死亡要因から分離することができ、また、その方が死亡要因の評価をする上で合理的ともいえる(VARLEY et al. 1973)。第55図において $k'E$ は卵期にキンモンホソガトビコバチが寄生すると仮定して求めたものであり、逆に k'_{TF} は k_{TF} からトビコバチの分を差引いた値である。このようにし

た場合 K の変動は $k'E$ 又は $k'TF$ に強く依存していることがうかがわれる。すなわち、第1世代ではキンモンホソガトビコバチの寄生率が極めて低率であった1970～1976は kTF に依存する傾向があったが、それ以降は $k'E$ に強く依存していた。第2世代と第3世代においても1976年以降で $k'E$ が重要な要因となっていた。第4世代では越冬期間中の死亡を除いた K の変動が kTF の変動に主に依存し、 kSF が補足的な要因として重要であった。さらにトビコバチを卵期の死亡要因とみなした場合は $k'E$ に依存傾向が強く、 kSF , kTF が補足的な要因として関与しているとみなされる。しかし、越冬期間中の死亡率を含めた K でみた場合は上記の要因よりも kP の変動に強く依存する傾向を認めた。

(vii) 枝当り密度の変動と主要因

新梢中位葉での密度調査では常に残存している葉から抽出するために落葉の影響が表現されない。枝当り密度では調査枝内の着葉数の変化に伴う密度変動をとらえることもでき、通年同じ抽出単位で比較できる。無散布園においては1975年から1979年までこのような枝当り密度の調査を実施した。しかし、生命表は落葉を除けばすべて新梢中位葉の調査で得られたものを使用した。

第56図は5年間の枝当り密度を対数値とし、世代ごとの生存曲線と組み合せ、卵→SF→TF→蛹→成虫の変動様相を表わしたものである。なお、ここで卵、SF、



第56図 りんご試無散布園におけるキンモンホソガ枝当り密度の変動

TFの2水準は初期密度と落葉による消失後の密度を表わし、第4世代の蛹における2つの密度はその初期密度と越冬直前の密度を表わす。また、黒丸はTFを表わす。ここでは世代内の主な曲線の相模と次世代への増加量に注目したい。生存曲線はいずれもTFにおいて急減しており、この発育形態において高い死亡率を伴っていることが分かる。また、第4世代ではさらにSFの死亡率が若干高まるのと、越冬期間中における蛹の死亡が多いため、他の世代より落差の大きい曲線を示す例が多くあった。また、越冬世代から第1世代への増加率は異常に高い例がみられ、越冬世代の潜在的な増殖能力では説明できないほどであった。これは果樹園周辺の生垣下などに高

い生存率で越冬した一群があり、それらが再びリンゴ樹に産卵するためと考えられる。一方、第3世代から第4世代の増加量が負となる例が1976と1975年に認められた。これは丁度この時期に強い落葉があったため、成虫の分散が多くなったためと考えられる。

(viii) 密度増減指數の変動とその変動要因

世代間の密度増減指數 I の変動に対して、生存過程と増殖過程のいずれが強く関与しているかを知るため、SOUTHWOOD (1966) の手法で検討した。この際世代間増減指數は $(N_j + i) / N_j = ij$

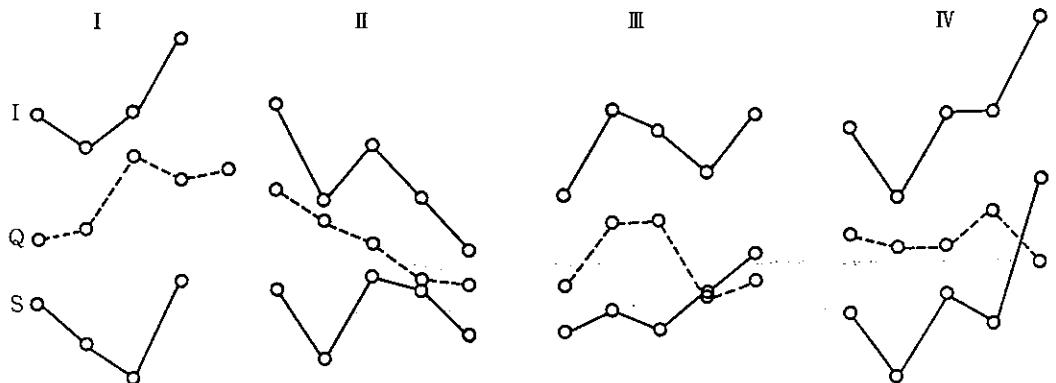
$$\log ij = \log qj + \log Sj$$

で表わすことができる。ここで qj は j 世代から $(j+1)$

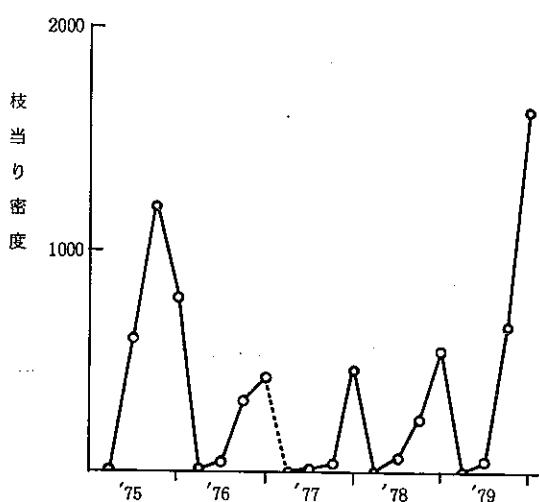
世代への増加量、 S_j は j 世代の生存率である。なお、 $I_j = \log i_j$ 、 $S_j = \log s_j$ 、 $Q_j = \log q_j$ において、 I_j 、 S_j 、 Q_j の年次変動を世代別に図示すると第57図のようである。すなわち、第1世代の増減指數 I の変動には増殖過程と生存過程が相補的に働いていた。第2世代では、 I_2 の変動が増殖過程により強く依存する傾

向があったが、生存過程も無視できないとみなされる。 I_2 はむしろ生存過程に強く依存していた。 I_4 になると再び増殖過程が強く関与する傾向を示した。

第3世代の増減指數が他の世代に比較して生存過程に強く依存する傾向があったのは、無散布園の場合、この世代で激しい落葉が起こることと関連しているとみなされる。



第57図 りんご試無散布園における密度増減指数(I)及びその変動要因としての増殖率(Q)と生存率(S)



第58図 りんご試殺菌剤園におけるキンモンホソガ枝当り密度の変動
(1975, 1976年はC4圃, 1977~1979年はC3圃)

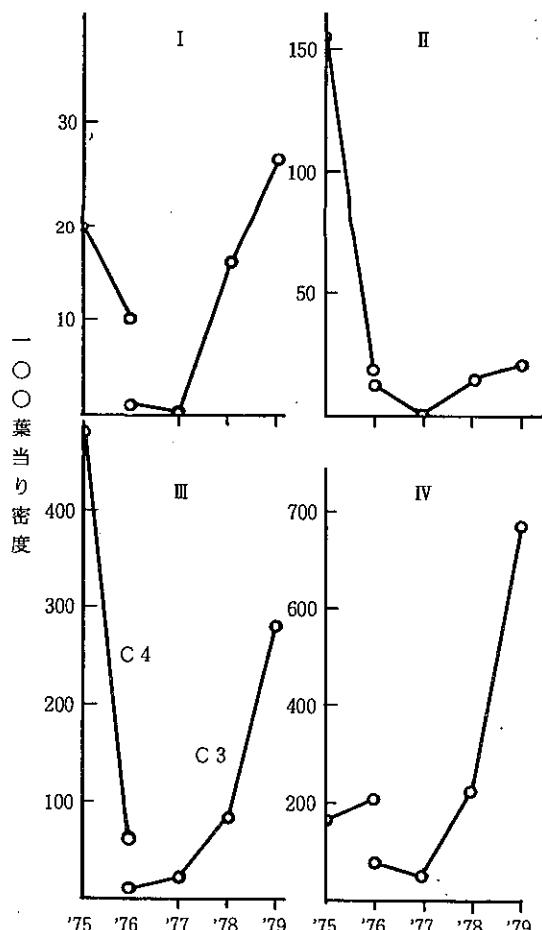
II りんご試殺菌剤園

(Ⅰ) 密度の変動

1975~1979年に調査した枝当り密度の変動は第58図のようであった。ただし、前の2年間は国光を中心としたC4圃、後半3年間はふじを中心としたC3圃の結果である。葉当り密度調査は同じ期間で、前半2年間、後半4年間行い、1976年は両圃場で調査した。1976年の

結果ではC3圃よりもC4圃で各世代とも若干密度が高かった。年次、世代をこみにした密度の変動幅は枝当たりで21,100倍に達し、葉当たりでも極めて類似していた。すなわち、1975年の第3世代と、1979年の第4世代で高い密度を記録し、また、1975年を除いた4年間は世代の経過と共に密度が高まった。特に1979年の第4世代では枝当たり1,635個を越え、1葉当たりでも平均7.7個の潜孔が認められ、寄生葉率では98.9%に達した。品種別ではC4圃の国光とデリシャス系品種を比較した場合、第1世代ではデリシャス系品種に寄生が多いが、他の世代ではすべて国光に多かった。また、C3圃のふじと東光を比較した場合には、1979年の第1世代を除けば、すべて東光よりもふじに寄生が多く認められた。落葉による潜孔の欠失は第4世代で認められたが、その数は比較的少なく、いずれの年も10%未満であり、1978年と1979年はほとんど認められなかった。

一方、各世代ごとの100葉当たり密度を年次変動としてとらえると第59図のようであり、第1世代では1975年に高い密度を示し、1976, 1977年が低く、その後1978, 1979年と順次増加して行った。第2世代では1977年を谷としてその前後に密度が高まり、特に1975年の密度が100葉当たり157個と高く、その他の年では20個以下であったのに比較して特異な密度を示した。また、1977年以降の増加率は低かった。第3世代では1976年を谷間とし、その後、順次年を追って密度が高まった。また、1975年の高密度は第2世代の場合と同様であった。第4世代では1975



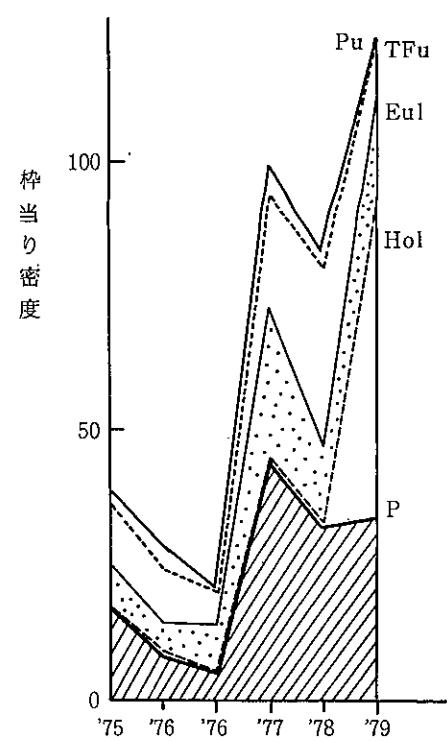
第59図 りんご試殺菌剤園におけるキンモンホソガ潜孔の100葉当たり密度の世代別変動(I～IVは世代)

～1977年ではほぼ安定した密度であり、1979年には急増した。

C 3圃だけの世代別変動でみると、第1、第3、第4世代の変動が類似しており、第2世代は変動幅が小さい点で他の世代と異っていた。

(ii) 越冬前の落葉における密度

1971～1976年はC 4圃において、1976～1979年はC 3圃において調査したが、C 4圃の1973、1974年には欠測となった。このため、1975年以降の調査結果について示すと第60図のようであった。1970年はC 3圃とC 4圃を同時に調査し、両者の比較を試みたが、1枠当たりの密度はC 4圃でやや高いものの大きな違いはなかった。枠当たり潜孔密度は幾分変動しながらも年次的に増加傾向を示し、特に1979年は123個まで高まった。生存蛹の密度も潜孔の密度と類似した変動を示したが、1979年は潜孔密度が高かったにもかかわらず、前年並の蛹密度にとど



第60図 りんご試殺菌剤園におけるキンモンホソガ越冬世代の蛹、寄生蜂などの密度変動

また。これは、この世代で寄生蜂による死亡率が非常に高かったためで、特にキンモンホソガトビコバチはこれまで枠当たり2マミー以下だったのに比較して、57マミーという極めて高密度となった。ヒメコバチ科の寄生蜂は枠当たり10個体内外で変動しており、最も多い年は1977年で28個体であり、次いで1979年の21個体であった。逆に低密度の年は1975年と1976年で、それぞれ5.8個と8.8個体であった。他の寄生蜂では *Scambus planatus* が1976年を除いてほぼ毎年確認されたが、低密度であった。ホソガサムライコマユバチは1971年と1975年に少数認められた。枠当たりの落葉数は平均で50～89枚の範囲でほぼ安定していた。

(iii) 越冬後の落葉における羽化数

春期に採集した落葉から羽化したキンモンホソガ及びその寄生蜂類の数を第95表に示した。キンモンホソガは各年次共前の秋期における蛹密度に比較して極めて少なく、最高の1973年でも枠当たり3.2個体、1979年が2.05個体で2番目に高く、他は0.2個体あるいはそれ以下であった。寄生蜂類のうち、比較的羽化数の多いのはヒメコバチ科の種類で、中でも *Sympiesis laevifrons* と *Pnigalio* sp. が多かった。その他、*Scambus planatus*,

第95表 春期落葉からのキンモンホソガ及びその寄生蜂の羽化虫数(りんご試殺菌剤園)

年 次	1973	1975	1976	1977D	1977C	1978	1979
調査枠数	10	10	8	8	20	21	20
キンモンホソガ ♂	1.9±1.4	0	—	0	—	0.04±0.21	0.90±2.49
♀	1.3±1.6	0	—	0	—	0.14±0.35	1.15±2.48
計	3.2±2.7	0	0.13±0.35	0	0.20±0.52	0.19±0.40	2.05±4.89
<i>Scambus planatus</i>	0.3±0.3	0	0	0	0	0.14±0.47	0.50±1.05
キンモンホソガトビコバチ	—				0.05±0.22	0	0.10±0.45
寄生蜂の種類					0.05±0.22	0.14±0.47	0.10±0.31
ヒメコバチ					0.09±0.30		
C. sp. C							
S. laevifrons	2.4±2.1	0	0.38±0.52	0.25±0.46	1.60±2.54	0.95±1.53	1.90±3.45
S. serseicornis					0	0	0.05±0.22
S. ringoniella					0.05±0.22	0	0
S. acella					0	0	0.05±0.22
S. sp.					0	0	0.05±0.22
Pnigalio sp.	2.1±2.1	0	0	0	0.20±0.41	1.23±2.36	2.40±9.19
Chrysocharis ujiyei					0.20±0.70	0.04±0.21	0.20±0.70
C. albipes	3.0±2.3	0	0.88±1.73	0		0.14±0.35	0.10±0.30
その他	0.1±0.3	0	0	0			
調査圃場別	C-4	C-4	C-4	C-4	C-3	C-3	C-3

キンモンホソガトビコバチ, *Cirrospilus* sp., *Sympiesis serseicornis*, *Sympiesis ringoniella*, *Sympiesis acella*, *Chrysocharis ujiyei*, *Chrysocharis albipes*などが年により散見された。

(iv) 生命表

1976~1979年の4年間, C3圃において世代ごとの生命表を作成し, それをさらに世代別に平均して得たのが第96表である。第1世代ではTFの死亡率が最も高く,

第96表 りんご試殺菌剤園におけるキンモンホソガの生命表

発育段階	死 亡 要 因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		生存率	死亡率	生存率	死亡率	生存率	死亡率	生存率	死亡率
卵		1.000		1.000		1.000		1.000	
	不明		1.1		3.8		0.02		0
S F		0.989		0.962		1.000		1.000	
	不明(内共食)		17.2		12.6		16.4		29.0
T F		0.819		0.841		0.836		0.710	
	ヒメコバチ		36.0		14.0		26.3		29.5
	トビコバチ		6.5		3.7		10.2		12.3
	ヒメバチ		0		0		0		5.3
	不明		8.8		5.0		11.3		15.3
	(計)		(51.3)		(22.7)		(47.8)		(62.4)
蛹		0.399		0.650		0.436		0.267	
	ヒメコバチ		2.7		1.3		1.6		0.8
	奇 形		0.5		0.1		0.5		1.7
	不 明		1.6		2.7		1.8		5.0
	(計)		(4.8)		(4.1)		(3.9)		(7.5)
越冬蛹		—		—		—		0.247	
	越冬失敗		—		—		—		96.4
成虫		0.380		0.623		0.419		—	
	孔道内羽化		0		0.5		0.4		—
脱出成虫		0.380		0.620		0.417		0.009	

注: 1976~1979年の平均値で示した。ただし、第1世代の卵、SFは1976、1977年に欠測があった。

次いでS F, 蛹の順であり、卵と成虫の死亡は少なかった。T Fにおける死亡要因ではヒメコバチ科の寄生蜂による死亡が最も多く、その外にキンモンホソガトビコバチによる死亡を若干認め、原因不明の死亡も8.8%あった。蛹の死亡要因としてヒメコバチ科の寄生蜂、奇形による羽化不能、原因不明の死亡などをいずれも少数認めた。世代内の総死亡率は62%であった。

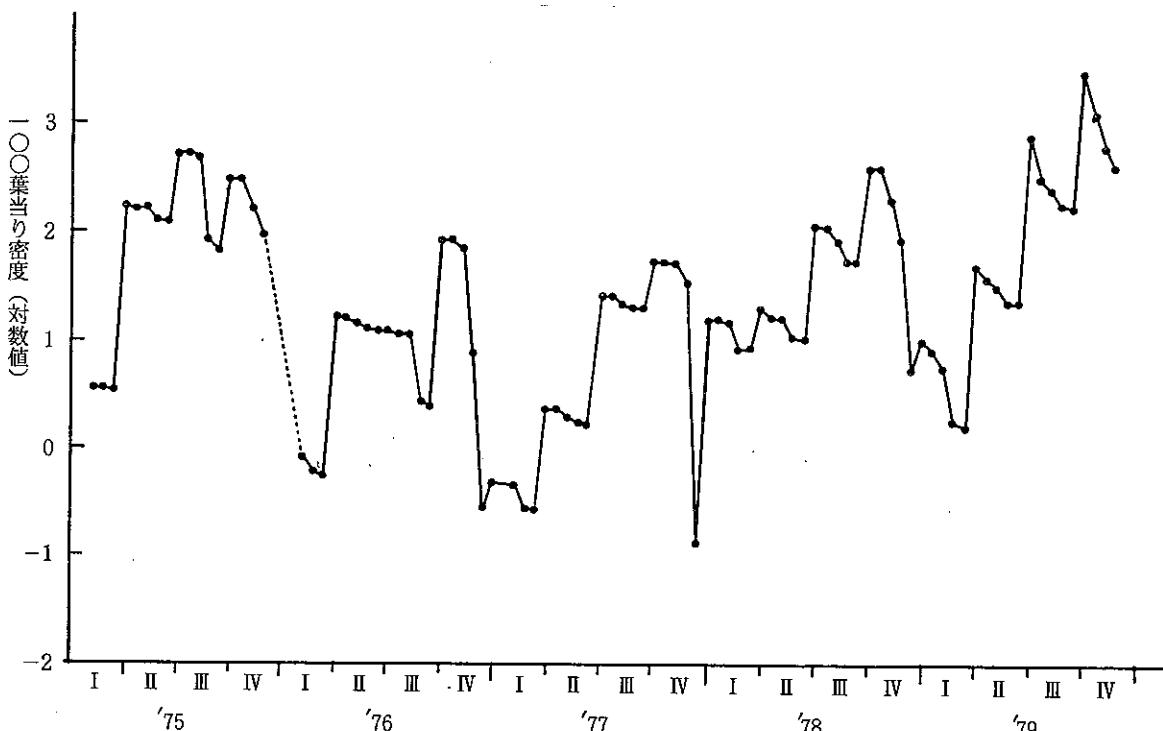
第2世代でも死亡を多く認めた発育段階はT Fであり、次いでS F, 蛹、卵の順であったが、第1世代に比較して、T Fの死亡率が低く、中でもヒメコバチによる死亡率が低かった。その他の死亡要因は各発育段階とも第1世代とほぼ共通していた。第2世代の総死亡率は4世代中で最も低く、38%にとどまった。第3世代は第1世代と第2世代の中間的な死亡率であり、T Fの死亡が47.8%と高く、そのうち、キンモンホソガトビコバチの寄生率が高まつた。第4世代では卵を除いたすべての発育段階で死亡率が高まつたが、越冬期における蛹の死亡を除けば、T F, S F, 蛹の順に死亡率が高かった。T Fではヒメコバチによる寄生を29.5%認めたが、キンモンホソガトビコバチも12.3%と高く、他の世代ではみられなかつたヒメバチの寄生が5.3%あった。さらに不明死は

第2世代以降次第に高まり、第4世代では15.3%となつた。蛹の死亡では不明死が特に高まり、奇型も幾分多くなつた。越冬期間中の死亡は96.4%と高率であり、このため羽化脱出した成虫は卵の0.9%に過ぎなかつた。なお、ヒメコバチ科のうち、主要な種は世代を通じて *Sympiesis laevifrons* が優占種であり、*Pnigatio* sp. がこれに次ぎ、そのほかに第95表にあげたような種類が散見された。なお、1979年にはS Fにおける不明のうち、共食いによる死亡を区別できたが、この年におけるS Fの死亡に占める共食いの割合とその不明死に占める比率は、世代順にそれぞれ3.8%と12.3%, 3.6%と24.8%, 4.9%と27.4%, 43.4%と86.8%であり、第4世代が特に高かつた。これはこの世代で葉当たり平均卵密度が12.5個と極めて高くなつたことと関連あるとみられる。

また、1979年の第3世代ではT Fにおける捕食者としてチビドロバチが認められ、これによるT Fの捕食が5%あったが、生命表ではT Fの不明死に含めた。

次に100葉当たり密度と生命表を組み合わせ、各世代の発育段階ごとの密度を求め、対数値に変換してその経時変化をみると第61図のようであった。

ここで各世代内の曲線の形はそれぞれの生存曲線に相



第61図 りんご試殺菌剤園におけるキンモンホソガ潜孔の100葉当たり密度の変動
(I~IVは世代、世代内の配列はGP-SF-TF-P-Aを表す)

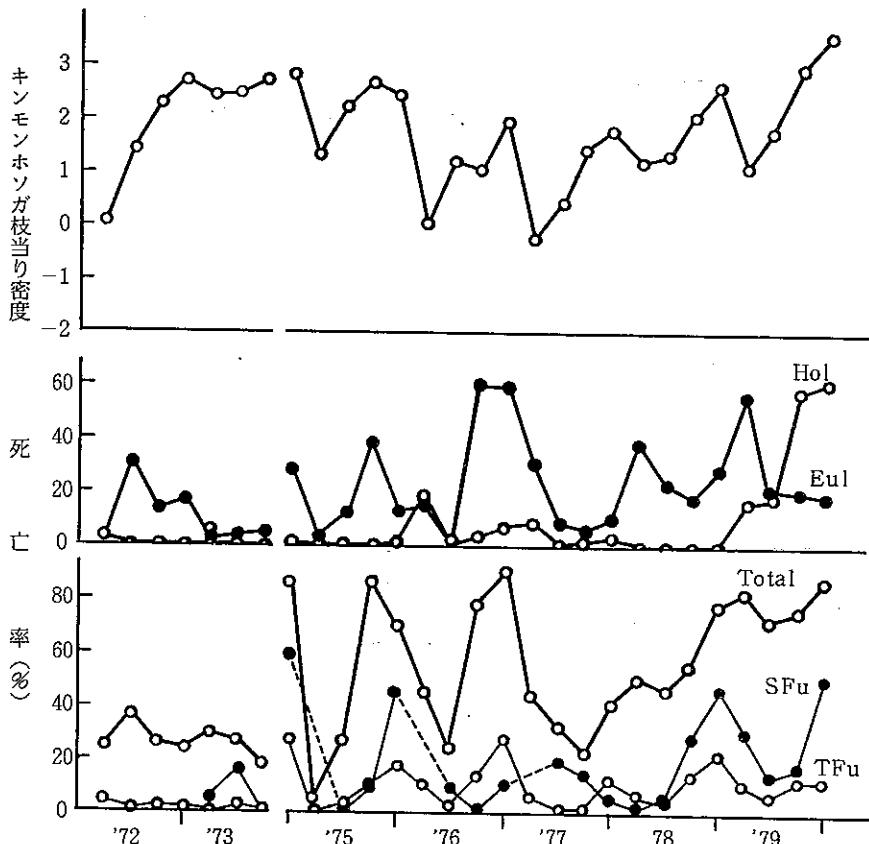
当し、ある世代の成虫密度から次世代の卵密度への変化はその間の増加量を表わす。各世代における生存曲線を比較すると、全般的には初期死亡が少なく、TFで多くなり、その後再び少なくなるといった曲線を示したが、越冬世代ではTF及び蛹期で死亡が多かった。その他に1976年の第2世代、1977年の第2世代、第3世代などでは世代内の死亡率が非常に低く、横這状の曲線を呈した。

次に世代間の増加率は1976年を除けばすべて正の値を示し、なかにはキンモンホソガの増殖能力からみて考えられないような例もあるが、これは第1に外部からの移入、第2に低密度の場合に密度推定誤差があったことに

よると考えられる。いずれにしてもこの増加率は世代により大きく変わっており、キンモンホソガの個体群変動に強くかかわりをもっているとみなされる。

(V) 死亡の経時的変化並びに寄生密度との関係

卵から成虫羽化時までの総死亡率の変動は25~90%の範囲であったが、1975、1976年は激しく変動し、その後は徐々に死亡率が高まりながら、変動幅が小さくなつた。総死亡率曲線とやや類似した変動を示すものとしてはヒメコバチ科の寄生蜂による死亡、SF、TFの不明死などがあった。個々の死亡要因による死亡率の動きをみると第62図のようである。キンモンホソガトビコバチ寄生率は1978年までの3年間は、ほぼ10%以下の寄生率で、



第62図 りんご試験園におけるキンモンホソガの主要死亡要因による死亡率の変動

わずかに1976年の第1世代で20%近い値を示した。これに対し、1979年は第1世代から17%位の寄生率で、その後の世代で次第に高まり、特に第3世代は58%となり、前世代の約3倍に達し、第4世代では60%を越えた。このような変動を示した理由は明らかでないが、殺菌剤の種類とそれが散布された時期に何らかの関係があるので

はなかろうか。なお、この圃場でもキンモンホソガトビコバチ寄生率と寄主の卵密度との間には、密度依存性が認められなかった。

ヒメコバチ類による寄生率の変動は2~60%の範囲で変化しており、世代間では第1世代が最も高く、第2世代が最も低かった。第2世代で低い理由は明らかでない

が、第1世代で高いのはこの寄生蜂の越冬成功率がキンモンホソガよりも高いことがあげられる。また、1979年後半でキンモンホソガトビコバチの寄生率が高まった時にヒメコバチは逆に低下する傾向を示した。なお、寄主のTF密度との間には全世代でみても、世代ごとにみても明瞭な関係が認められなかった。

SFの不明死は葉当たり密度の高まった1978年と1979年の第4世代を除けば、おおむね30%以下であった。生命表の項でも述べたように、共食いを含めた不明死の死亡率は密度依存的であり、特に寄主の密度が高まる第4世代で明確であった。

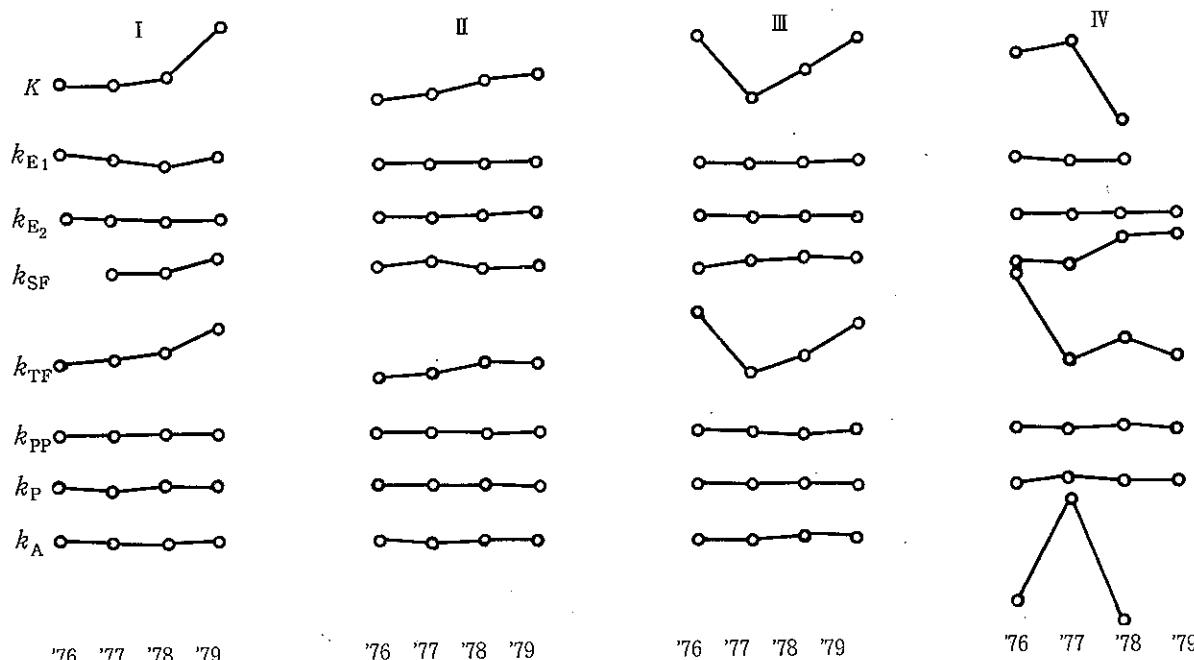
TFの不明死は後半の世代でやや増加する傾向があつ

たが、その変動幅は小さく、最も多い1976年の第4世代でも28.7%であり、他はすべて16%以下であった。また、寄主のTF初期密度との間に密度依存性は認められなかつた。

樹上における蛹の死亡率は1976、1977年の第4世代がそれぞれ10.8%、11.9%であったのを除けばすべて10%以下で安定しており、世代特異性はみられなかつた。越冬期における蛹の死亡は最低でも93.6%と高く、これまでの調査園地同様、この期間中に激しい密度の低下がみられた。

(VII) 世代内総死亡率の変動と変動主要因分析

第63図よりKの変動と最も近似した変動様相を呈した



第63図 りんご試殺菌剤園におけるキンモンホソガの世代別Kとkの変動
(I~IVは世代)

k の発育段階をよみとると第1~3世代では k_{TF} であり、この発育段階の死亡がKの変動を説明する主要因とみなされたが、さらに k_{SF} が補足的に働いていた。なお、この際、 k_{TF} の変動に対してはヒメコバチ科の寄生蜂とキンモンホソガトビコバチが強く関与していた。第4世代では越冬直前の蛹までのKを求めてその変動の主要因を分析すると他の世代と同様に k_{TF} であった。しかし、越冬期間の蛹死を含めたKでみると越冬期間の蛹の生存率から求められる k_P と平行的に変動し、 k_{TF} も補足的にかかわっていた。

(VII) 密度変動に対する生存過程と増殖過程の関係

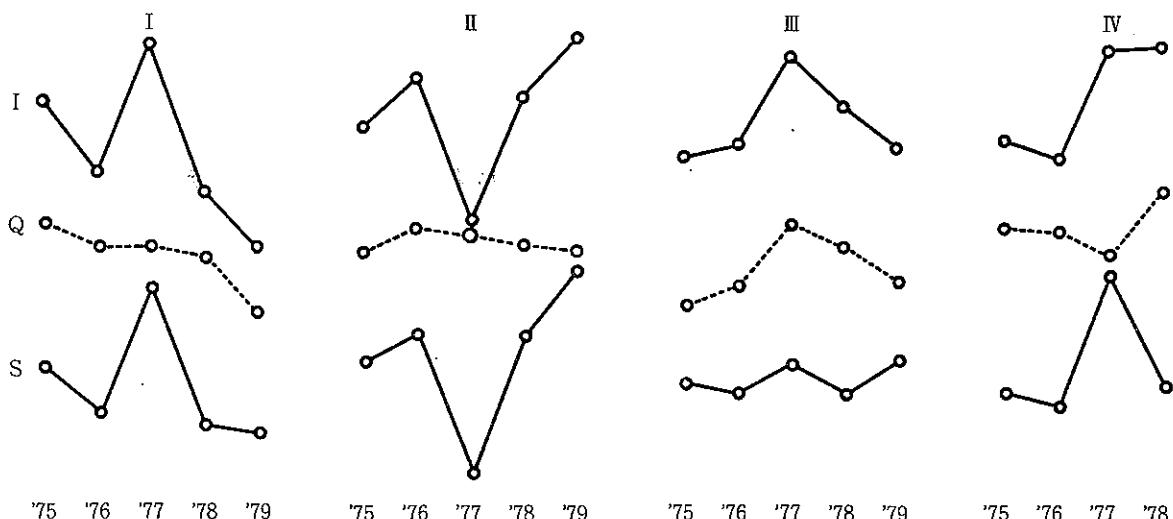
C3圃における枝当たり密度の世代間増減指数Iの変動と生存過程S並びに世代間増加率Qの関係を検討するため第64図を作成した。これより明らかのように、第1世代、第2世代ではIの変動がQに強く依存しており、第3世代ではSがむしろ主要因とみなされ、第4世代ではS、Qが相補的に働いていた。

(VIII) ピーク世代の密度に対する初期密度と世代間増減指數

ピーク世代の密度はこの園の場合第4世代で認められ、この世代の変動が初期世代の密度とその間の増減指數 I_{1-4} のいずれにより依存しているのかを検討した結果、

初期世代の密度が重要とみなされた。ただ、1977年は初期密度が非常に低かったにもかかわらず、ピーク世代で

かなり高い密度に達しており、これは I_{1-4} の相補的な上昇によって説明される。



第64図 りんご試験圃における密度増減指数(I)の変動要因としての増殖率(Q)と生存率(S)
(I~IVは世代)

III りんご試標準園

(1) 葉(果そう)当り密度の変動

農薬を散布している園では、その散布内容によってキンモンホソガの密度変動は大きな影響を受けると考えられる。そのため、この調査圃場における散布経過を調べ、第97表に示した。これは青森県の標準的な防除体系に準

じたものである。この圃場における100葉当たり潜孔密度の経時的変動は対数値に変換して第65図に示した。

これでも分るように各年の世代経過に伴う密度の変動が第1世代で低く、その後次第に高まり、第4世代で最高に達するという傾向を示した。しかし、1975年以降は第3世代の密度があまり増加せず、年によってはむしろ減少し

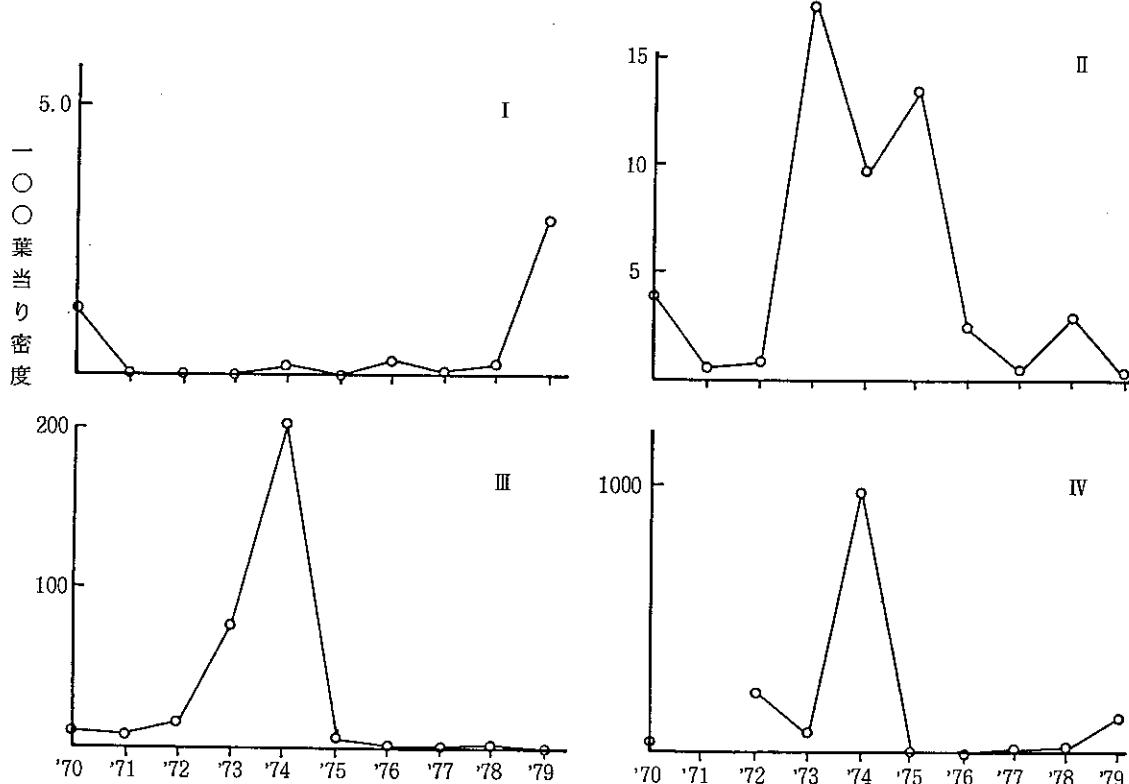
第97表 りんご試標準園における薬剤散布経過

1970 (45)				1971 (46)			
月	日	薬 剂	名	月	日	薬 剂	名
発芽前	4.14	マシン油		4. 7 ~ 8	L S (10)		
発芽当時	4.21	ジクロン・チウラム		4.17 ~ 18	ジクロン・チウラム		
発芽1週間 ~10日後	4.29 ~ 30	N A C + ジクロンチウラム		4.26 ~ 27	N A C + ジクロン・チウラム		
開花直前	5. 9 ~ 10	W S + キャプタン		5. 5 ~ 6	W S		
落花直後	5.22 ~ 24	ポリオキシン+キャプタン		5.24 ~ 27	M F N A + D P C		
10日後	5.29 ~ 30	M E P + ポリオキシン		6. 6 ~ 8	サリチオン+WS		
20日後	6.10 ~ 11	M E P + 有機硫黄		6.16 ~ 18	M E P + 有機硫黄+ビナバクリル		
6月末~7月初	7. 1 ~ 2	アカル+4-12BM		6.26 ~ 28	4-12BM		
	7.13 ~ 14	4-12BM		7. 2 ~ 4	クロルベン+M E P + 4-12BM		
	7.24 ~ 25	M E P + クロルフェナ+6-12BM		7.15 ~ 17	4-12BM		
	8. 5 ~ 6	M E P + 6-12BM		7.28 ~ 30	M E P + クロルフェナ+6-12BM		
	8.19 ~ 20	6-12BM		8. 5 ~ 7	M E P + 6-12BM		
	8.29 ~ 30	6-12BM		8.18 ~ 20	6-12BM		
				8.27 ~ 29	6-12BM		

1972 (47)			1973 (48)		
3.27	L S (10)		4. 2 ~ 3	L S	
4.14 ~ 15	ジクロン・チウラム		4.16 ~ 17	ジクロン・チウラム	
4.25 ~ 27	N A C + W S + ジクロン・チウラム		4.27 ~ 28	M E P + 硫ニコ + ジクロン・チウラム	
5. 3 ~ 4	ケルセン + W S		5. 7 ~ 8	M F N A + チオファネートメチル	
5.16 ~ 18	ビナパクリル		5.17 ~ 18	チオファネートメチル	
5.26 ~ 28	ダイアジノン + ビナパクリル		5.27 ~ 28	C a + サリチオン + チオファネートメチル	
6. 5 ~ 6	サリチオン + 有機硫黄 + ビナパクリル		6. 6 ~ 7	C a + ダイアジノン + チオファネートメチル	
6.15 ~ 17 ~ 18	M E P + 有機銅		6.16 ~ 17	C a + 有機銅キャプタン	
6.26 ~ 28	M E P + クロルフェナ + 有機銅		6.26 ~ 28	C a + クロルベン + サリチオン + 有機銅	
7.10 ~ 12	C a + 有機銅		7. 5 ~ 7	C Y A P + 有機銅	
7.24 ~ 26	C a + 有機銅 + サリチオン		7.15 ~ 17	C Y A P + 有機銅	
8. 4 ~ 6	M E P + C a + 有機銅		7.25 ~ 27	C a + M E P + 有機銅	
8.15 ~ 17	C a + 有機銅		8. 4 ~ 6	サリチオン + クロルフェナ + 有機銅	
8.29 ~ 31	クロルベン + C a + 有機銅		8.17 ~ 20	C Y A P + 有機銅キャプタン	
9. 7 ~ 12	有機銅		8.30 ~ 9.1	生石灰 + 硫ニコ + 有機銅	
9.19 ~ 21	有機銅				
1974 (49)			1975 (50)		
4. 9 ~ 11	L S		4. 4 ~ 8	L S	
5.23 ~ 24	ジクロン・チウラム		4.17 ~ 18	ジクロン・チウラム	
5. 2 ~ 3	D D V P + ジクロン・チウラム		4.26 ~ 28	D D V P + ジクロン・チウラム	
5.12 ~ 13	M F N A + チオファネートメチル		5. 5 ~ 6	クロルベン + チオファネートメチル	
5.22 ~ 23	チオファネートメチル		5.19 ~ 21	サリチオン + ビナパクリル + キャプタン	
6. 1 ~ 2	C a + サリチオン + チオファネートメチル		5.28 ~ 29	C a + サリチオン + ビナパクリル + キャプタン	
6.11 ~ 13	C a + サリチオン + チオフェナ + マンゼブ		6. 6 ~ 7	C a + サリチオン + マンゼブ + D P C	
6.21 ~ 23	C a + キャプタン		6.16 ~ 17	C a + 有機銅	
6.29 ~ 7.1	C a + クロルフェナ + クロル + キャブ		6.26 ~ 28	C a + C Y A P + プロモレート + 有機銅	
7.12 ~ 13	D D V P + ポリオキシン + キャプタン		7. 4 ~ 5	サリチオン + 有機銅	
7.19 ~ 20	C Y A P + キャプタン		7.14 ~ 15	C Y A P + 有機銅	
8. 1 ~ 2	ダイアジノン + キャプタン		7.24 ~ 25	スプラサイド + 有機銅	
8. 8 ~ 9	サリチオン + キャプタン		7.30 ~ 31	生石灰 + 硫ニコ	
8.19 ~ 20	D M T P + プロモレート + キャプタン		8. 4 ~ 5	サリチオン + 水酸化トリシク + 有機銅	
8.29 ~ 30	M E P + キャプタン		8.14 ~ 15	M E P + 有機銅	
			8.25 ~ 26	ダイアジノン + 有機銅	
1976 (51)			1977 (52)		
月	日	薬剤名	月	日	薬剤名
4. 6 ~ 7	L S (10)		3.28 ~ 30	L S	
4.20 ~ 21	ジクロン・チウラム		4. 5 ~ 6	マシン油	
4.27 ~ 28	サリチオン + ジクロン・チウラム		4.20 ~ 21	ジクロン・チウラム	
5.10 ~ 11	アカール + チオファネートメチル		4.27 ~ 30	サリチオン + ジクロン・チウラム	
5.22 ~ 24	マンゼブ + D P C		5. 9 ~ 10	クロルベンジレート + チオファネートメチル	
6. 1 ~ 3	C a + M E P + 有機硫黄 + チオファネートメチル		5.21 ~ 22	チオファネートメチル	
6.10 ~ 12	C a + ビナパクリル + キャプタン		6. 1 ~ 3	C a + チオファネートメチル + 有機硫黄	
6.21 ~ 23	有機銅		6.10 ~ 11	C a + M E P + ビナパクリル + キャプタン	
6.30 ~ 7.1	C a + クロルフェナ + クロル + 有機銅		6.21 ~ 22	C a + 有機銅	
7. 7 ~ 8	サリチオン + 有機銅		7. 1 ~ 4	C a + ベンゾメート + クロル + 有機銅	
7.16 ~ 17	M E P + 有機銅		7.10 ~ 12	サリチオン + 有機銅	
7.28 ~ 30	生石灰 + 硫ニコ + ダイアジノン + 有機銅		7.21 ~ 23	M E P + 有機銅	
8. 6 ~ 10	フェニソプロ + サリチオン + キャプタン		7.29 ~ 8.1	硫ニコ + ダイアジノン + 有機銅	

8.16～17	PAD+ポリオキシン+キャプタン	8.10～12	杏酸化トリシク+サリチオン+キャプタン
8.26～27	DMTP+キャプタン	8.19～21	CYAP+ポリオキシン+キャプタン
11.中	LS(10)	8.29～31	DMTP+キャプタン
1978 (53)			
4.10～14	LS+マシン油	3.20～26	チオファネートメチル+マシン油
4.24～25	フルオルイミド	4.18～19	フルオルイミド
4.29～5.2	サリチオン+フルオルイミド	4.26～27	サリチオン+フルオルイミド
5.9～10	チオファネートメチル	5.7～8	チオファネートメチル
5.23～24	マンゼブ・DPC	5.18～19	チオファネートメチル
6.1～3	Ca+ダイアジノン+チオファネート+有機硫黄	5.30～31	マンゼブ・DPC
6.12～14	Ca+ビナパクリル+キャプタン	6.9～10	Ca+ダイアジノン+マンゼブ・DPC
6.23～24	Ca+有機硫黄	6.19～20	Ca+ビナパクリル・キャプタン
6.29～30	Ca+クロルピリホス+有機硫黄	6.27～30	Ca+硫ニコ+クロロピ+有機銅+タンニンプロ+サリチオン+有機銅
7.10～11	サリチオン+ベンゾメート+有機銅・キャプタン	7.9～10	モジート
7.19～20	クロルベンジレート+MEP+有機銅・キャプタン	7.18～19	MED+有機銅・キャプタン
7.25～26	PAP+水酸化トリシク+硫ニコ+有機銅	7.28～31	DMTP+有機銅
8.4	サリチオン+有機銅	8.6～8	サリチオン+キャプタン
		8.16～18	サリチオン+ポリオキシン+有機銅
		8.27～29	CYAP+キャプタン
初冬 LS		初冬 LS	

注: BM: ボルドー液, Ca: 炭酸カルシウム剤, LS: 石灰硫黄合剤, WS: 水和硫黄



第65図 りんご試験場におけるキンモンホソガ潜孔の100葉当たり密度の世代別変動

た。これは薬剤散布経過から明らかなように第3回成虫発生期に硫酸ニコチンが散布された影響が大きい。1970, 1971年はキンモンホソガに有効な殺虫剤が使用されないか、使用しても適期に散布されていなかったが、夏期の殺菌剤として産卵忌避効果を有するボルドー液が使用されていたこともあり、低密度で経過した。しかし、無ボルドーの散布体系をとった1972年を境としてキンモンホソガは増加し、1973, 1974年は第2世代、第3世代の幼虫防除剤(D D V P又はサリチオン)の各1回散布では抑えきれない状態であった。この際、1973年は8月末～9月始めの硫酸ニコチン散布で、第4世代の増加を抑えることができたが、1974年は硫酸ニコチンの散布がなく、第4世代の多発を招いたものとみなされる。1975～1978年は第3世代に、1979年は第2世代に硫酸ニコチンが散布されており、この期間はいずれもキンモンホソガが低密度で経過した。

次に、世代別に密度の年次変動をみると第65図のようであった。すなわち、第1世代では100果当り0～

29個の範囲にあり、1970年に1.2, 1979年に2.9であった外はすべて0.3以下の低密度で経過した。これは、殺虫剤散布の影響と共にこの園の品種が国光で占められていたことによる。第2世代では100葉当り0.29から17.5の範囲で、10年間の平均では5.24、標準偏差(Sx)が6.18であった。第3世代では1974年の202を最高にその前後の年で低下しており、最低密度は1979年の0.22であった。10年間の平均では31.06, Sx=64.50であった。さらに、第4世代は密度の変動幅が大きく、1974年の981.8を最高とし、最低は1975年の0.28であった。1971年を除いた1970～1979年の平均では162.7, Sx=317.05であった。なお、1971年第4世代の密度は落葉における密度及び寄生葉率から推定すると1975年並の低密度であったとみなされる。

(II) 結果枝当り密度の変動

1975～1979年の5年間における結果枝当り密度の変動は第98表のようであった。すなわち、第1世代では枝当り0～0.4個、第2世代以降はそれぞれ0.2～21.6個、

第98表 りんご試標準園における枝当り潜孔密度

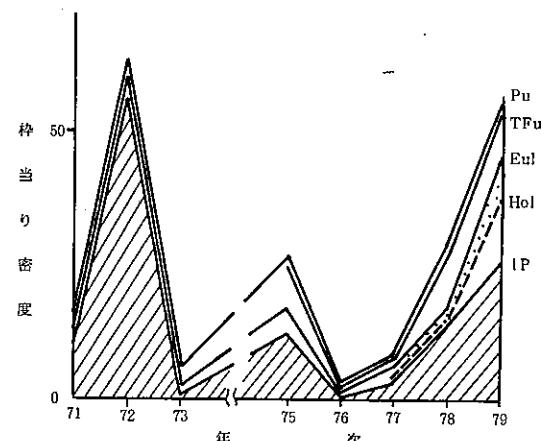
年 次	品 種	I	II	III	IV
1975	国 光	0	21.6	6.8	60.7
76	"	0.9	8.9	3.4	4.5
77	"	0	2.8	0	15.1
78	"	0.4±0.52	14.1±9.72	7.8±9.61	208.3 ±326.28
79	"	0.3±0.67	0.2±0.63	0.9±1.37	266.50±324.59
平 均		0.32±0.370	9.52±8.65	3.78±3.46	111.0 ±119.08

0～7.8個、4.5～266.5個であり、5年間の平均密度では第4世代、第2世代、第3世代、第1世代の順に高い値であった。葉当り密度が世代の進行と共に高まっていたのと異なり、第2世代と第3世代で逆転していたが、これは調査期間の中に多発年である1974年及びそれ以前の値が含まれていないこと、第3世代でキンモンホソガ防除剤が散布されるためである。また、1979年は第2世代でも防除剤が散布されたため、この世代の増加傾向が認められなかった。

年次的には1978年と1979年が第4世代で多く発生した。1978年は夏期に、1979年は秋期に高い気温であった。また、両年とも第4世代で急増したが、これはリンゴ樹で二次伸長が多く、周辺の多発樹から侵入した成虫が二次伸長葉に集中的に産卵したためとみなされる。

(iii) 越冬前の落葉における密度

1971～1979年の8年間(1974年は欠測)の落葉における密度の変動を第66図に示した。



第66図 りんご試標準園におけるキンモンホソガ越冬世代の蛹数、寄生蜂数などの変動(記号は第51図参照)

すなわち、 $25 \times 25\text{cm}$ 枠当たりの落葉数の平均は1972年の69枚から1971年の120枚の範囲にあり、全体の平均は92枚で80~100枚の場合が多かった。キンモンホソガ生存蛹の密度は1976年が最も低く、1枠当たり0.36個体であり、最も多い年は1972年の56.7個体、8年間の平均で15.5個体であった。キンモンホソガの寄生蜂のうち、キンモンホソガトビコバチのマミーは0~12.43個の範囲でみられ、1979年の12.43個を除けばすべて1個以下であり、0個-

の例も2年あった。ヒメコバチ科の幼虫並びに蛹は0.1~6.5個体程度の密度であり、平均2.22個体であった。*Scambus planatus*は0~3.9個体で、平均0.85個体、*Apanteles* sp.は1971年に1.3個体認められたが、その後はまったく認められなかった。

(iv) 越冬後の落葉における羽化数

春期に圃場から採集した落葉からのキンモンホソガ及びその寄生蜂の羽化数は第99表に示した。すなわち、キ

第99表 春期落葉からのキンモンホソガ及びその寄生蜂の羽化虫数（りんご試標準園）

年 次	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
調査枠数	12	22	20	30	32	42	30
キンモンホソガ	♂ ♀ 計	3.8±3.5 3.3±3.4 7.1±6.6	0.05±0.21 0 0.05±0.21	0.10±0.31 0.20±0.41 0.30±0.66	— — 0.07±0.25	0 0 0	0.43±0.86 0.53±0.97 0.97±1.56
寄生蜂の種類	<i>Scambus planatus</i> <i>Apanteles</i> sp. キンモンホソガトビコバチ <i>Cirrospilus</i> sp. A <i>Sympiesis laevifrons</i> <i>S. sericeicornis</i> <i>Pnigalio</i> sp. <i>Chrysocaris ujiyei</i> <i>C. albipes</i> <i>Achrysocharella</i> sp.	1.2±1.4 0 0 0 1.8±2.0 0 2.4±2.0 0 1.2±2.3 0	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	0 0.15±0.37 0 0 0.37 0 0.65 0.75 0.80 0	0 0 0.17±0.75 0 0.10±0.40 0 0.34 0.03±0.18 0.17±0.46 0	0 0 0 0 0 0 0.02±0.15 0 0 0	0.04±0.21 0 0.60±2.92 0.03±0.18 0.03±0.18 0.60±0.81 0.07±0.25 0.03±0.18 0.03±0.18

ンモンホソガは0~7.1個体の範囲にあり、平均1.21個体の成虫が羽化した。このうち、1977年と1978年は0個体で、最も多いのは1973年にみられた。寄生蜂は*Pnigalio* sp., *Chrysocaris* spp., *Sympiesis laevifrons*などのヒメコバチ科のものが多く認められ、*Scambus planatus*, キンモンホソガトビコバチ, *Apanteles* sp. その他のヒメコバチ科の寄生蜂などは年によって幾らか羽化した程度で、この園から確認された寄生蜂は5科10種にとどまった。

(v) 生命表

1971年より1979年までの9年間にわたる世代ごとの生命表を作成し、それをさらに平均したのが第100表である。ただし、ここで1971, 1972年は卵とSFの調査を欠き、1973年は第2, 第3世代、1977年は第1世代が欠測となった。

各世代における卵から成虫までの生存率は世代の経過と共に低下し、それぞれ60.8%, 40.8%, 11.3%, 2.4%であった。第4世代の低い生存率は越冬期間の高い死亡率に強く依存したため、越冬直前の蛹までの生存率は27.7%である。

また、早い世代の生存率が高い傾向があるのはこの時

期にあまりキンモンホソガに有害な殺虫剤が使用されないためであり、この時期に強力な殺虫剤が使用されると、例えば1973年のように高い死亡率をもたらす。

世代内における発育段階別の死亡率はいずれの世代もSFで最も高く、この場合の死亡要因は主として殺虫剤によるとみられる不明死であった。TFの死亡率は他の発育段階に比較して高く、世代により11.6~36.6%の範囲にあり、その大部分は原因不明のものであった。この不明死は農薬の散布経路からみて殺虫剤に負うところが大きいとみなされた。TFにおける寄生蜂による死亡率は無散布園に比較して非常に低く、最も高い第4世代でもヒメコバチ類の11.1%, キンモンホソガトビコバチの5.1%, その他1.8%であり、全寄生蜂を合わせても18%程度であった。特に第2世代では平均で2%と低い寄生率であり、第1, 第3世代でも5~7%であった。TFに次いで卵の原因不明による死亡率が高かった。特に第2世代ではTFの死亡率を上回った。これは1978年と1979年に42.3%, 60.0%という高い死亡率があったためである。蛹の生存率は比較的高かったが、第4世代では卵の生存率よりも低かった。蛹の死亡要因は不明死が圧倒的に多く、次いで奇形による羽化不能があっ

第100表 りんご試標準園におけるキンモンホソガの生命表

発育形態	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		生存数	死亡率	生存数	死亡率	生存数	死亡率	生存数	死亡率
卵	1.000	5.6	1.000	19.5	1.000	17.0	1.000	6.4	
	不明	5.6		19.5		17.0		6.4	
S F	0.944	19.6	0.805	37.8	0.830	80.4	0.936	44.8	
	不明	19.6		37.8		80.4		44.8	
T F	0.759	15.7	0.501	11.6	0.163	20.2	0.517	36.6	
	ヒメコバチ	4.2		1.3		5.0		11.1	
	トビコバチ	1.9		0.4		0.6		5.1	
	その他寄生蜂	1.1		0.3		0		1.8	
	不明	8.5		9.6		14.6		18.8	
蛹	0.640	4.7	0.443	7.3	0.130	12.3	0.328	15.5	
	ヒメコバチ	0.3		0.1		0.8		0.3	
	ヒメバチ	0		0		0		0.3	
	寄型	1.1		2.1		1.1		0.7	
	不明	3.3		5.1		10.4		14.2	
越冬蛹	—	—	—	—	—	—	0.277		
越冬失敗	—	—	—	—	—	—	91.3		
成虫	0.610	0.3	0.411	0.8	0.114	0.5	—	—	
生存成虫	0.608		0.408		0.113		0.024		
計	39.2		59.2		88.7		97.6		

(注) 1971~1979年の平均値で示した。ただし、第1世代は1971, 1972, 1977年が欠測、第2世代は1971~1973年が欠測、第3世代は1973年が欠測である。

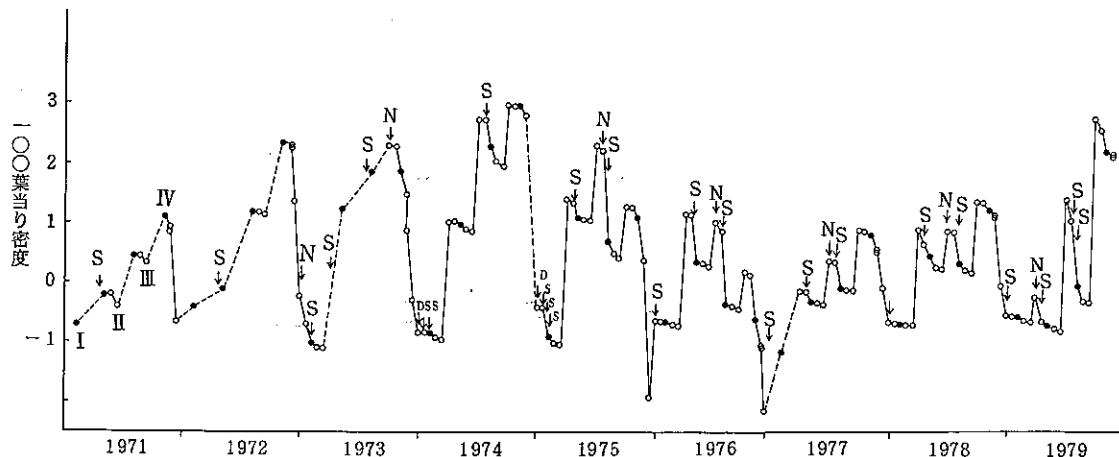
た。蛹期における寄生蜂による死亡はごく少なく、いずれの世代でも1%以下であった。潜孔内の成虫の死亡は1%以下で低かった。成虫期に硫酸ニコチンの散布が行われた場合は世代間の増殖率が低下しており、これは成虫の死亡によるとみなされる。

この圃場で寄生が確認できた寄生蜂の種類は、前述の越冬後における密度調査の項で得たもの以外は認められなかった。全般的な寄生率は薬剤散布が終了してから産卵が行われる第4世代において、*Sympiesis laevifrons*, *Pnigalio* sp.などヒメコバチ類の寄生率がわずかに高まる傾向を示した。しかし、1979年にはキンモンホソガトビコバチの寄生率が明らかに高まり、特に第4世代には39%に達した。その他の寄生率ではホソガサムライコマユバチ、*Scambus planatus*がごく少数認められた程度である。蛹の奇形個体にはプロセテリー及びメタセテリーが含まれる。

次に、各世代ごとの密度と生存曲線を組み合わせ、対数値で第67図に示した。個々の生存曲線は無散布園の場

合と若干異なり、全般に勾配の低い事例が多く、また、勾配の大きいものでも死亡が多くなる発育段階は、越冬期の蛹を除けばS Fであった。また、密度の変化と殺虫剤散布との関係を知るために、図中に矢印でキンモンホソガ防除薬剤の散布時期を示した。ここでSはサリチオン水和剤、DはDDVP、Nは硫酸ニコチンを表わす。

DDVPとサリチオンは防除適期の幅が狭く、S Fに散布しないと充分な殺虫効果を示さない。このため、多発時には2回連続散布しないと充分な密度低下を期待できない(山田1979)。第67図はキンモンモソガ以外の害虫を主目的に散布した場合も含めてあるため、防きない(山田1979)。第67図はキンモンホソガ以外の害虫を主目的に散布した場合も含めてあるため、防除時の齢構成によっては必ずしも同じ効果とならない。第67図において同じS Fに散布されたにもかかわらず、世代や年次により生存曲線の減少程度に差があるのはそのためとみなされる。第4世代で多発した1974年についてみると、第1世代に対するDDVP、サリチオンはほと



第67図 りんご試標準園におけるキンモンホソガの密度変動
(S: サリチオン, N: 硫酸ニコチン, D: DDVP)

んど効果がなかった。また、第1世代から第2世代への増加率が極めて高く、これは他品種からの移入があったためとみなされる。第2世代には有効な薬剤の散布がなかったため、高い生存率を示し、第3世代への増加率も高かった。第3世代では相当高い密度になっていたため、サリチオンの散布である程度S Fを殺したにもかかわらず、1回散布では防除し切れず、第4世代の多発を招いたとみなされる。

1975年以降は硫酸ニコチンが散布されているが、これらの散布が個体群密度に与えた影響を生存曲線の変化から推察すると成虫羽化期を中心に早めに散布した場合は世代間増加率の低下として、また、遅めに散布した場合は卵又はS Fの高い死亡を伴っていた。

(vi) 死亡率の経時的変化

第68図に示したように世代内総死亡率の変動は10~98%の範囲で激しく変動しており、特に第1世代で低死亡率を示し、第3世代で高死亡率を示した例が多い。ただし、第4世代は越冬直前の蛹までの死亡を総死亡率として扱った。総死亡率の変動曲線に最も近似して変動している死亡要因はS Fの不明死であり、これが総死亡率の変動に強く関与しているとみなされる。次いで、T Fの不明死がやや近似した変動様相を呈していた。また、蛹の不明死は1973年の第4世代で76.7%と突出した以外は20%以下で変動し、総死亡率の変動様相とは異っていた。次に、キンモンホソガトビコバチ及びヒメコバチ類の寄生率は変動幅が小さく、その変動様相も総死亡率の変動様相とは独立的であった。

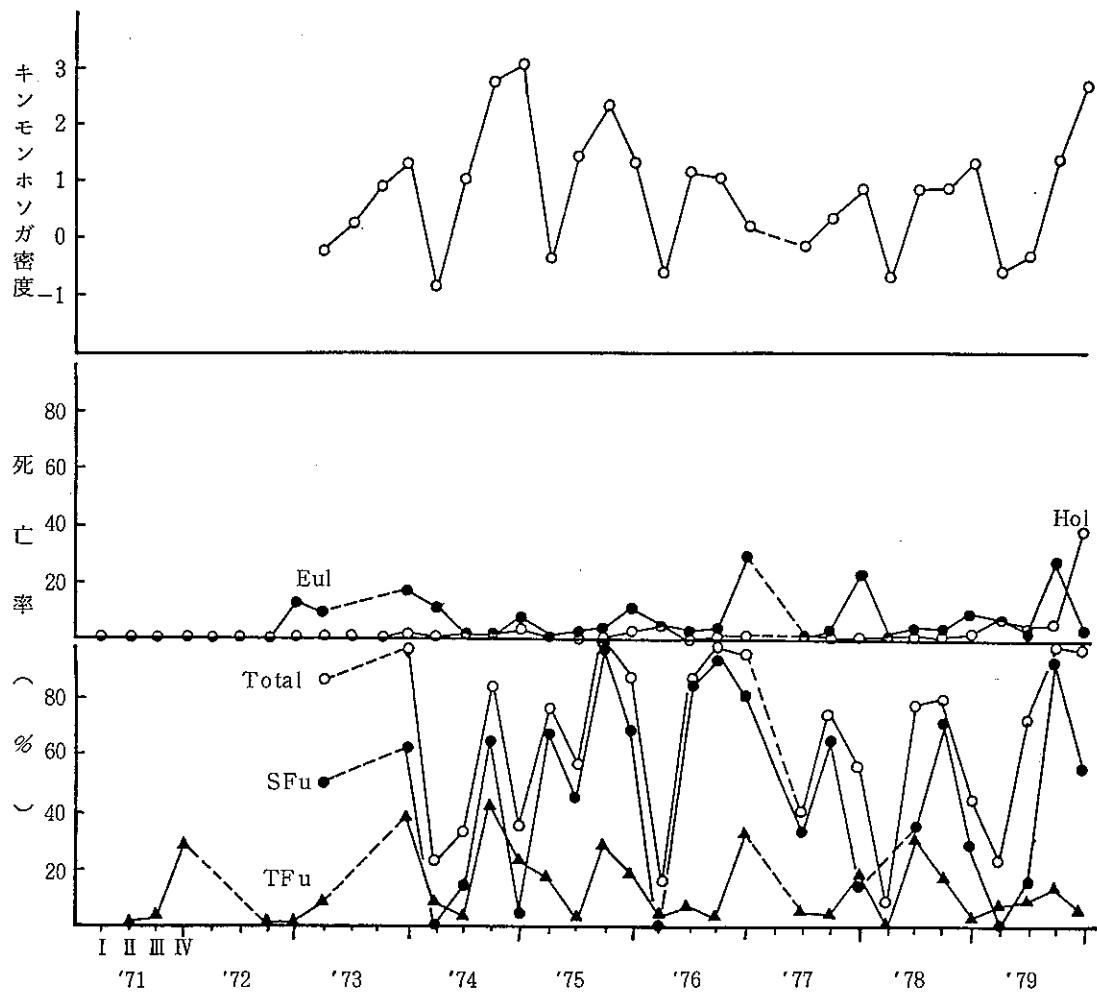
(vii) 死亡要因の密度依存性

要因別死亡率とキンモンホソガ密度との関係を世代別に作図して検討した。しかし、キンモンホソガトビコ

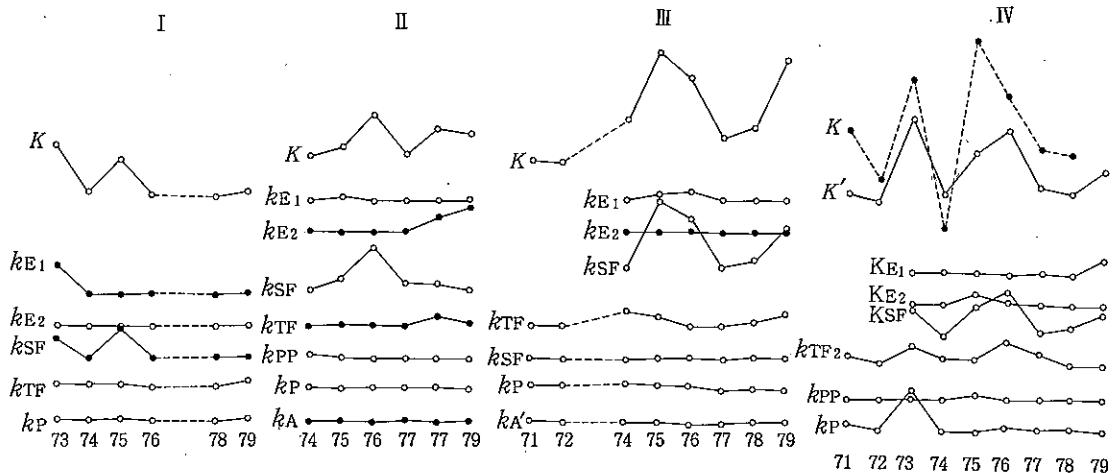
バチは全般に寄生率が非常に低く、寄主密度との間に一定の関係はみられず、また経時的にも一定の方向性はみられなかった。ヒメコバチ類も極めて低い寄生率であり、年次変動に特定の傾向は認められなかったが、第4世代ではT F密度との間に若干の逆依存的な関係がみられた。これは寄生蜂の密度が第3世代まで殺虫剤で抑えられ、極めて低い水準で経過するため、第4世代に至って殺虫剤から解放されても直ぐには高い寄生率になりえないことを示唆する。S Fの不明死はいずれの世代も変動が大きいが、第3世代では高い死亡率の側で安定する傾向がみられた。これは毎年第3世代でキンモンホソガ防除剤を散布することにより、一定の水準で死亡が起るためとみなされる。また、第4世代の不明死は一般に第3世代よりも少なかったが、この世代は例年薬剤散布終了後に産卵が行われることが多いので、殺虫剤による影響が少ないためとみられる。しかし、この世代での不明死は変動が大きく、S F密度との間に一定の傾向も認められないことから、変動にかかる要因は不明である。

(viii) 世代内総死亡率の変動と変動主要因

世代内のKと個々の発育段階での k の年次変動から変動主要因を検出するため第69図を作成した。Kは第4世代を除けばどの世代も k_{SF} に強く依存しており、これが変動主要因とみなすことができる。 k_{SF} は殺虫剤散布の影響を最も受け易く、実際の防除に当ってもサリチオン、DDVPのような幼虫防除剤はこの時期をねらって散布する。このように k_{SF} が変動主要因となっているのは一般散布園の一つの特徴ともいえる。第4世代では産卵された卵から越冬直前の蛹までの生存率から求めたK'を、同じく羽化成虫までの生存率から求めたKに分けて検討した。K'では k_{SF} と k_{TF} の両者がほぼ相補的な関係をも



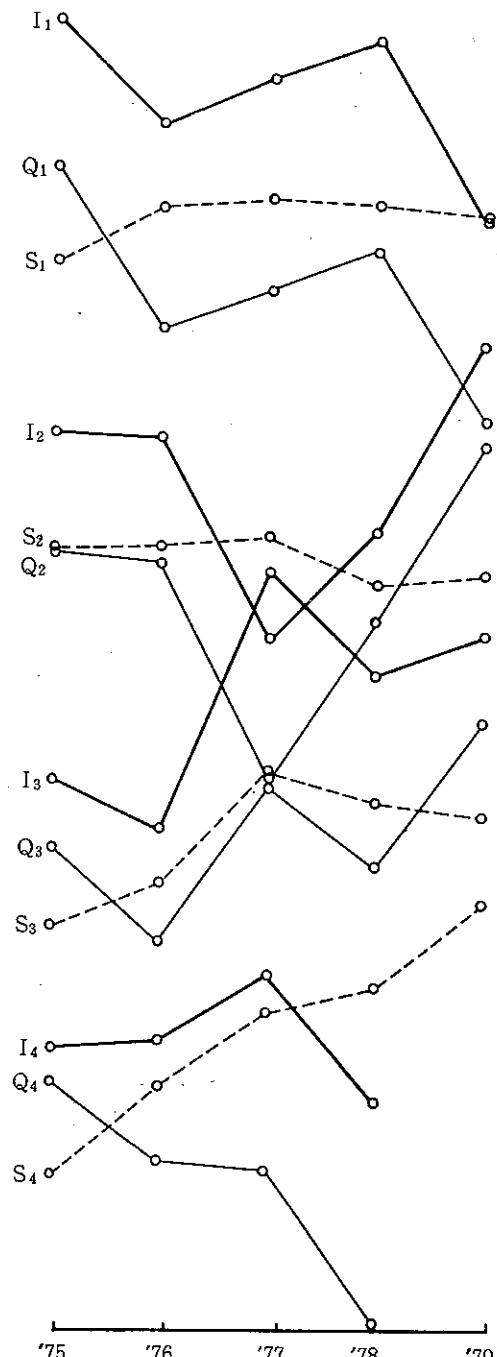
第68図 りんご試標準園におけるキンモンホソガの主要死亡要因による死亡率の変動

第69図 りんご試標準園におけるキンモンホソガ世代別Kと k_1 の変動

(I~IV: 世代, k_{E1} : キンモンホソガトビコバチによる k
 k_{E2} : キンモンホソガトビコバチによるものを除いた生存率より求めた k)

って変動主要因をなしていたが、Kではさらに k_p 、つまり越冬期の死亡が k_{SF} 、 k_{TF} よりもKの変動に強く係っているとみなされた。

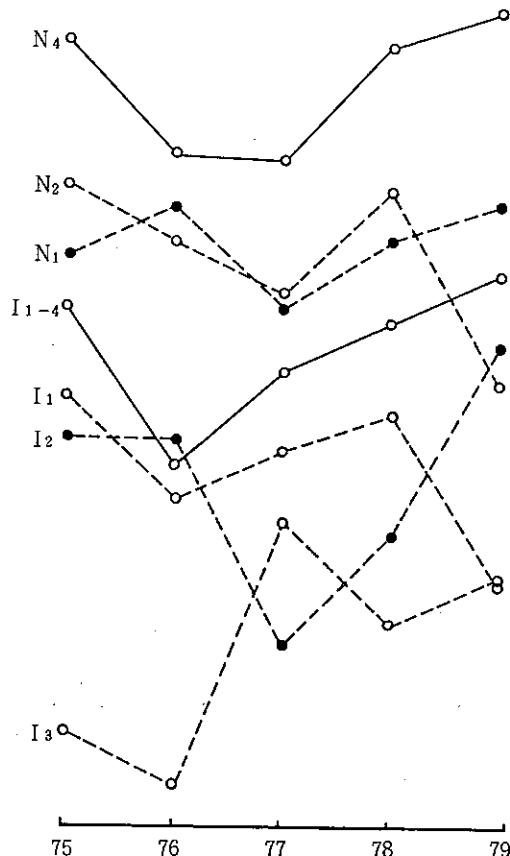
ix) 世代間増減指数の変動要因



第70図 りんご試標準園における密度増減指数(I)の変動要因としての増殖過程(Q)と生存過程(S)

枝当り密度についての世代間増減指数Iの変動が増殖過程と生存過程のいずれに依存しているかを明らかにするため、I, S, Qを求めて第70図を作成した。この図でも明らかなように、第1～3世代ではいずれもSよりもQがよりIの変動に近かった。特に第1, 第2世代ではSの値が比較的安定しており、その変動幅は1.0以下であった。しかし、第3世代のSには約1.5程度の変動幅がみられ、曲線の形からみてもIの変動にかなり影響を与えているとみなされた。これは前述のように薬剤散布による死亡率の大きな変動によるとみられる。第4世代と第1世代の間のIはSとQが相補的に働いていたが、これは越冬期の高死亡率と発芽の遅い国光への産卵数に大きな変動があるためとみられる。

一般散葉園では早期落葉がないために、最高密度を示す世代はほとんど第4世代であった。しかし、途中で防



第71図 りんご試標準園におけるキンモンホソガ第4世代枝当り密度に対する初期密度並びに増殖率の変動

(N₁, N₂, N₄: 1, 2, 4世代の密度,
I₁～I₃: 1～3世代の各増殖率,
I₁₋₄: 第1世代と第4世代間の増殖率)

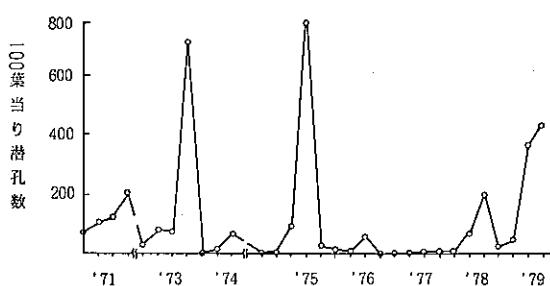
除が行われるため1975, 1976年のような例外もあった。

第4世代では一般に防除薬剤がまったく散布されないことが多いので、増殖率も高い傾向がある。第4世代の潜孔密度 n_4 が、その年の第1世代の密度 n_1 とその間の増加率 (n_4/n_1) のいずれにより強く依存しているかを久野(1968)に準じて検討した。第71図に示したように、 n_4 の対数値として表わす N_4 の変動は N_1 よりも I_{1-4} という要因に強く依存していた。つまり、この圃場では防除という要因があるため、初期密度はあまり個体群変動の上で重要でないとみなされる。一方、 I_{1-4} の変動は個々の世代間増減指数 I_{1-2} , I_{2-3} , I_{3-4} のうちいずれかに強く依存するという傾向はみられなかった。

IV 田舎館村畠中一般管理園

(i) 葉(果そう)当り密度の変動

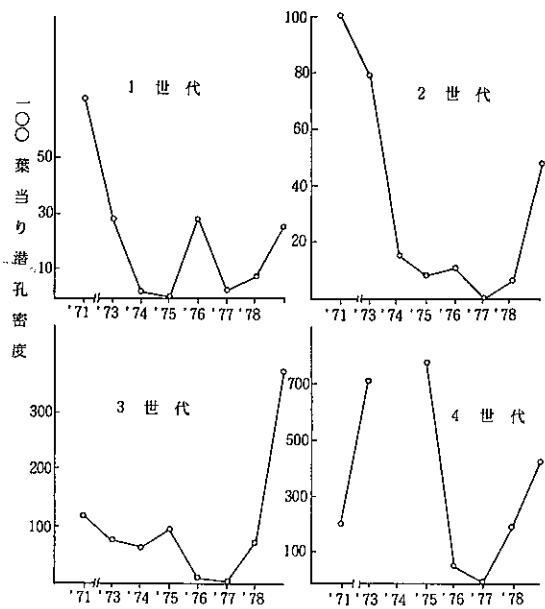
1971~1979年におけるこの圃場での100葉当たりテント型潜孔密度の変動を第72図に示した。



第72図 畠中におけるキンモンホソガ潜孔の100葉当たり密度の変動

ただし、1972年の全世代と1974年の第4世代は調査しなかった。この圃場における密度は激しい変動を示し、最高密度の777個から最低密度の0.2個以上まで3800倍以上の違いがあった。多発は1973, 1975年に起り、いずれも第4世代で急激な密度の高まりがあった。すなわち、第3世代までの密度は両年とも100個以下であり、第4世代で700個以上に増加した。次いで1979年もやや多い発生を示し、中でも第3世代では調査期間中で最も高い370個となった。しかし、第4世代への増加率は低く、結局100葉当たり435個にとどまった。一方、1977年は通年ごく低い密度で経過し、100葉当たり5個を越えなかった。このような低密度は硫酸ニコチンを用いた防除によるものであった。

一方、世代別にみた年次変動では第73図のようであり、その変動様相は世代によって大分異なっていた。第1世代では1971年の密度が高く、その後低下して100葉当たり30個以下の水準で変動し、1973, 1976, 1979年は25~30



第73図 畠中におけるキンモンホソガ潜孔密度の世代別変動

個、1974, 1975, 1977, 1978年は10個以下で経過した。変動は0.6から71個の範囲でみられ、8年間の平均密度は20.8個であった。

第2世代では1971と1973年の密度が高く、その後次第に低下し、1977年の0を境に、再び増加し、1979年は48個まで達した。この世代では0から101.7個の範囲で変動し、8年間の平均は33.7個であった。

第3世代では1971~1975年が100葉当たり100個前後のところで安定していたが、1976年と1977年に低密度となつた。その後1978年には再び増加の徴候を示し、1979年に多発した。その後の変動幅は0.2から370個までで、8年間の平均密度は93.2個であった。

第4世代では1973年と1975年が非常に高密度であり、1976, 1977年が低密度となつた。その後1978, 1979年に再び増加傾向を示した。第4世代での変動は1.4から776.7個の範囲でみられ、7年間の平均密度は342.4個と高水準であった。

(ii) 結果枝当り密度の変動

1975年から1979年までの5年間における結果枝当りテント型潜孔の密度変動は、100葉当たり密度変動にほぼ近似していたが、1975年の第4世代における密度が、100葉当たりの場合に比較して相対的に高い値となつた。この世代の枝当り潜孔数は2品種の平均で4893個であり、1979年の第4世代は同じく873個で、その比は5.6倍である。これに対し、100葉当たりではその比が1.78倍と小さい。枝当り密度は、2品種の平均ですべての世代を含

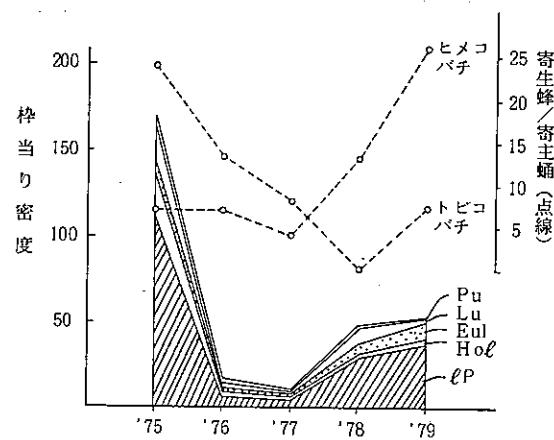
めると 0.08 から 4893 個の範囲で変動し、極めて大きな変動幅であった。また、枝当たり密度における世代別の年次間変動をみると、デリシャス系品種と国光では若干の差がみられ、第 1 世代では 1978 年を除けば、すべてデリシャス系品種で高密度であり、特に 1979 年は両品種間の密度差が大きかった。第 2 世代では 1979 年を除けば、ほぼ国光で密度が高かった。1979 年にデリシャス系品種で高いのは、前世代の密度の影響が残ったためとみられる。しかし、第 3 世代以降はほとんど国光の密度がデリシャス系品種よりも高く経過した。2 品種を平均した密度でみると、各世代ともその年次変動の様相はほぼ 100 枝当たりの場合に一致していた。

世代別の変動幅及び平均密度水準は第 1 世代が 1.9 ~ 15.9 で平均 6.5 個、第 2 世代では 0.08 ~ 192.9 で平均 64.9 個、第 3 世代では 0.17 ~ 597.5 で平均 253.8 個、第 4 世代では 14.3 ~ 4892.6 で平均 1320.2 個であった。

1975 年は第 1 世代が低密度であったにもかかわらず、この年はキンモンホソガの防除剤がまったく使用されなかつたため第 4 世代で極めて高密度に達した。一方、1976 年は第 1 世代がやや多かったにもかかわらず、この年是有機りん剤を主体とした防除薬剤の散布が行われたためその後あまり高密度にならなかった。1977 年は最初から低密度であったにもかかわらず、硫酸ニコチンによる防除が行われたため、年間を通じて極めて低い密度で経過した。1978、1979 年の両年は有機りん剤を主体とした防除が行われたが、その効果は必ずしも充分高いものではなかった。

(iii) 越冬前の落葉における密度

1975 年から 1979 年までの調査期間における枝当たり落葉数は 15.4 ~ 71.3 枚の範囲であり、5 年間の平均が 44.4 枚であった。特に 1976 年に少なかったが、これはこの年の秋期に耕起され、耕起以後に落下した葉だけを採集したことと、高つき更新による大枝の剪去という栽培的要因が影響したためである。一方、キンモンホソガ生存虫の密度は第 74 図に示したように 1975 年が最高で、110 個体、1976、1977 年は少なく、それぞれ 5.7、3.7 個体であったが、その後 1978 年が 29 個体、1979 年が 37 個体と再び高まった。キンモンホソガトビコバチの密度はキンモンホソガの越冬量が多かった 1975 年に最も多く、枝当たり 26 マミーであった。しかし、それ以外は少なく、特に 1976 ~ 1978 年は平均で 1 マミー以下であった。また、キンモンホソガの蛹に対するキンモンホソガトビコバチマミーの比率でみると、いずれの年も 1 以下で変動しており、1975 年の 0.239 から順次低下し、1978 年には 0.003 となつた。しかし、1979 年には 0.074 と再び高まった。ヒメコバチ類の密度は 1979 年が 9.7 個体と最も高密度であり、



第74図 畑中におけるキンモンホソガ越冬世代の落葉中の蛹と寄生蜂の密度変動

次いで 1975、1978、1976 年の順に高く、最低は 1977 年の 0.15 個体であった。キンモンホソガ生存蛹に対するヒメコバチ類の比率は 1975 年と 1976 年は同率の 0.075、1977 年が最低の 0.04 で、その後 0.13、0.26 と次第に高まった。その他の寄生蜂類の密度は低く、*Scambus planatus* は最高密度のときでも枝当たり 0.7 個体で、1975 年、1979 年は 0 であった。ホソガサムライコマユバチは 1975 年と 1978 年にわずか 0.1 個体程度認められただけである。

(iv) 越冬後の落葉における羽化数

春季に採集した落葉からのキンモンホソガとその寄生蜂類の羽化数は第 101 表のようであり、いずれもわずかの個体しか羽化しなかった。すなわち、キンモンホソガは 1975 年と 1976 年にそれぞれ枝当たり 0.05 個体を認めただけで、1977、1978 年は 0 であった。また、1979 年は落葉採集前に耕起されたため調査できなかった。寄生蜂のうち、*Scambus planatus* は 1976 年に、*Sympiesis laevifrons* は 1975 年と 1978 年に、*Pnigalio* sp. は 1976 年に、*Chrysocarhis ujiyei* は 1977 年にそれぞれ少数認めただけであった。キンモンホソガトビコバチは 1977 年に枝当たり平均で 1.6 個体羽化したが、他の年はいずれも 0 であった。

(v) 生命表

1971 年から 1979 年までのうち、1972 年を除いた 8 年間の調査結果から、各世代ごとの平均生命表を作成し、第 102 表に示した。

第 1 世代では総死亡率の平均が 57.4 % であり、25.0 ~ 92.5 の範囲で変動した。

各発育段階別の死亡率では T.F. が 47.6 % と死亡の大半を占め、次いで、S.F., 蛹, 卵, 成虫の順で、いずれも 10% 以下の死亡率であった。T.F. の死亡要因別ではヒ

第101表 春期落葉からのキンモンホソガ及びその寄生蜂の羽化虫数（畠中）

年 次	1975	1976	1977	1978
調査枠数	20	20	20	20
キンモンホソガ	♂ 0.05 ± 0.224	—	—	—
♀	0	—	—	—
計	0.05 ± 0.224	0.05 ± 0.22	0	0
寄生蜂の種類	<i>Scambus planatus</i>	0	0.05 ± 0.22	0
	キンモンホソガトビコバチ	0	0	1.60 ± 4.17
	<i>Sympiesis laevifrons</i>	0.30 ± 0.657	0	0
	<i>Pnigalio sp.</i>	0	0.15 ± 0.37	0
	<i>Chrysocharis ujitei</i>	0	0	0.10 ± 0.31
				0

第102表 畠中におけるキンモンホソガの生命表

発育段階	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		生存率	死亡率	生存率	死亡率	生存率	死亡率	生存率	死亡率
卵		1,000		1,000		1,000		1,000	
	不 明		3.4		0.7		1.0		0.2
S F		0.966		0.993		0.990		0.998	
	共食・不明		7.7		4.3		31.6		30.1
T F		0.877		0.951		0.679		0.698	
	ヒメコバチ		18.6		5.6		6.9		6.4
	トビコバチ		17.7		11.6		9.5		7.8
	コマユバチ		0.1		0.7		0.2		0.4
	捕食・不明		11.2		6.7		10.7		9.6
	計		47.6		24.6		27.2		24.2
蛹		0.461		0.721		0.495		0.529	
	ヒメコバチ		1.1		0.1		0.6		0.1
奇 形		0.3		1.1		0.3		1.0	
不 明		6.0		9.0		17.8		7.3	
	計		7.4		10.2		18.7		8.4
越冬蛹		—		—		—		0.484	
越冬失敗		—		—		—		99.5	
成 虫		0.427		0.647		0.402		0.002	
脱出失敗		0.2		0.7		0.45		—	
成 虫		0.426		0.643		0.401		0.002	

メコバチ類とキンモンホソガトビコバチがほぼ同率の18%内外であった。两者共年次による変動が大きかったが、その変動は相互に独立であった。ヒメコバチ類の中では *Sympiesis laevifrons* と *Pnigalio sp.* がほとんどを占めた。TF の不明死は 11.2 % とやや高く、そのうち、

3%程度は捕食によるとみなされた。蛹の死亡では不明死が大半を占め、次いでヒメコバチ類による死亡と、奇形がそれぞれ少しずつ認められた。S F の死亡要因は不明のものが多かったが、中には共食による例もあった。この世代では 4 月下旬から産卵を行なうので産卵時

に展葉している葉に集中的に寄生する傾向があり、このような競争が低密度の場合にも起こりうる。

第2世代では世代内の生存率が第1世代よりさらに高く、総死亡率は5.5~65.3%の範囲で、7年間の平均は35.7%であった。発育段階別にみた死亡率では、TFで高く、TFの死亡率は1975年の0.6%から1971年の5.2.8%の範囲で変動し、平均値では24.6%であった。

また、卵、SFの死亡率は全般に低かった。しかし、蛹では死亡率が0.8~24.9%の範囲で変動し、平均は10.2%と若干高く、これは大部分不明死に依存していた。TFにおけるヒメコバチ類、キンモンホソガトビコバチ、捕食、不明死などによる死亡率は第1世代よりも低かった。すなわち、ヒメコバチ類は0~23.0%の範囲、キンモンホソガトビコバチは0~38.6%の範囲、また、不明死は0.2~23.8%の範囲で変動し、平均値はそれぞれ5.6%、11.6%、6.7%であった。コマユバチ類はわずかに増加したものの、これは1971年と1979年の2年間だけの寄生で、いずれも2%以下の低い水準であった。

第3世代では総死亡率が59.9%と第1、第2世代よりも高く、28.7~81.1%の範囲で変動した。発育段階別では、SFの不明死が8年間の平均で31.6%と最も高く、特に1975、1977、1978年は40%以上の高率であった。このようなSFの高い死亡率は殺虫剤の散布によるものとみなされる。次いでTFの死亡率が高く、平均27.2%で、6.4~53.4%の範囲で変動した。TFの死亡要因は年次により主要因が異なり、1971年はヒメコバチ類が30.1%，1976年はキンモンホソガトビコバチが26.7% 1979年は不明死が37.2%でそれぞれ最高の寄生率並びに死亡率となった。コマユバチ科の1種は1971年だけ1.4%の寄生率を認めた。蛹の死亡率は0.4~42.7%の範囲で変動し、その大半は不明死によるものであった。蛹期におけるヒメコバチ類の寄生は、1974年と1976年にそれぞれ4.6%，0.6%で認めただけであり、奇形0~4.1%の範囲で生じた。

第4世代では総死亡率が98.7~99.99%の範囲で変動し、その死亡率の大半は越冬期におけるもので、97.9~99.9%以上の範囲にあった。越冬直前の蛹までの生存率は48.4%と第2世代に次いで高く、この間の死亡率は24.1%~85.0%の範囲で変動した。

発育段階別の死亡率は越冬蛹を別とすれば、SFで最も高く、平均30.1%を示した。これは不明死又は共食いによるもので、特に潜孔密度が100葉当たり1400個を越えた1973年と1979年にそれぞれ55.4%，74.8%と高率であり、少なくともこの両年ではSF不明死の大半が共食いによるものとみなされる。SFに次いでTFの死亡率が高かったが、死亡要因別にみるとヒメコバチ類、キ

ンモンホソガトビコバチ、不明死がそれぞれ6.4%，7.8%，9.6%で、前世代とあまり変わらなかった。しかし、それらの年次変動は小さく、ヒメコバチ類は0.8~10.4%，キンモンホソガトビコバチは0.2~25.8%，不明死は3.4~20.5%の範囲であった。コマユバチの1種は1971年、1977年、1978年にそれぞれ1.2%以下の低率で認められた。

蛹期におけるヒメコバチ類の寄生率は0.6%以下と低く、奇形も0~4.1%の範囲であった。蛹の不明死は1973年に29.7%と高く、次いで1971年が16.5%であったが、他の年次では3%以下の低率であった。このような高い蛹の死亡をもたらした原因は明らかでないが、1973年は前述のように葉当たり密度の高い年であり、SFの高死亡率を伴っていた。しかし、同じような条件であった1979年には蛹の死亡がなく、葉当たり密度だけでは説明がつかない。なお、第2世代以降におけるヒメコバチ科の種類は第1世代の場合とはほとんど一致し、わずかに*Acrysthaloides* sp.が年により若干認められた程度である。

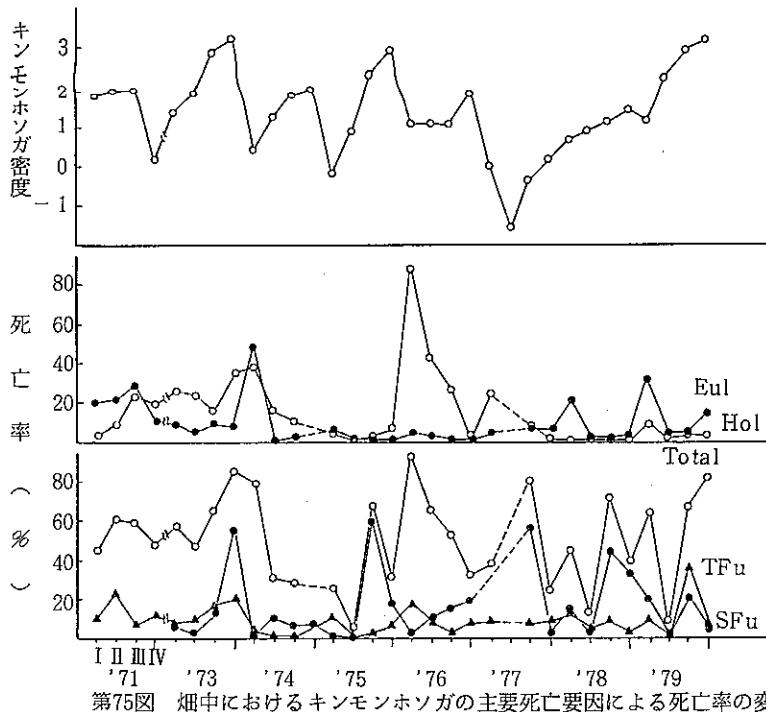
(VII) 死亡の経時的変化

個々の生命表から主要な死亡要因の経時的变化を示したのが第75図である。この図には同時に100葉当たりキンモンホソガの卵密度を対数値として示した。

世代内の総死亡率は5.5%から99.99%の範囲で大きく変動した。しかし、越冬期間中の死亡を除いた死亡率でみると最高は1976年第1世代の92.5%であった。総死亡率の経時的变化では、1971年が40~60%の狭い範囲で変動し、この傾向は1973年の前半でも引き継ぎ認められたが、1973年の後半の世代では高まり、1974年の第1世代でも高い死亡率であった。しかし、1974年の第2世代からは30%台、又はそれ以下に低下し、1975年の第3世代では5%程度の極端に低い死亡率となった。その後、変動しながら再び高まり、1976年第1世代で前記のように最も高い死亡率を記録した。しかし、この年は世代の経過と共に死亡率は低下し、第4世代では50%近くになった。1977年以降は40%水準を中心に激しく変動し、1979年最終世代の80%位になった。

1973年以降の要因不明による死亡率は、ほぼ20%以下の低い水準で変動している例多かったが、1973、1975、1977年のそれぞれ第3世代で50%台、1978年の第3世代で40%台、同じく第4世代で30%台であった。

TFにおけるキンモンホソガトビコバチによる死亡率は1971年の第1世代では2%位であったが、同年の後半の世代では20%前後に増加した。1973年も20%前後に維持していたが、第4世代に至って35%となり、1974年の第1世代では40%近くまで高まった。その後は世代と共に順次低下し、1975年第2世代に0.2%となってからは



第75図 畑中におけるキンモンホソガの主要死亡要因による死亡率の変動

再び増加し、1976年の第1世代では90%近くまで急増した。その後はまた減少し、一時に20%台まで高まつた世代もあったが、10%以下というごく低い寄生率で終った。ヒメコバチ類は1971年の第1～3世代では20～30%台の安定した寄生率であったが、第4世代では10%に低下し、1973年は2.5～5.0%と低水準で経過した。しかし、1974年の第1世代では50%近くに急増したものの、その次の世代からは10%以下の寄生率で低迷し、わずかに、1978年第1世代で20%，1979年第1世代で33%，同年第4世代で15%のやや高い寄生率をみただけである。

また、TFの不明死は10%以下の例が多く、10%を超す死亡率を認めたのは1971年の第2世代、1973年の第3、第4世代、1976年の第1世代、1978年の第1世代、1979年の第4世代の6回だけであり、そのうち、20%台に達したのが3回あり、最高で23.8%であった。

VII 死亡要因の密度依存性

この圃場における主要な死亡要因別の死亡率とキンモンホソガの葉当たり密度との関係をこれまでの圃場と同様に検討した。

まず、SFの不明死では変動様相に一定の傾向は認められなかった。ついでキンモンホソガトビコバチの寄生率にも、特定の変動様相がみられなかつたが、密度の低い第1世代で高い寄生率を示す例があった。さらにTFにおけるヒメコバチ類でもキンモンホソガトビコバチ同様、第1世代に低密度でありながら寄生率の高い例が多

かった。他の世代では寄生率が全般に低く、キンモンホソガの密度にはほとんど関係なかった。TFの不明死又は捕食の比率は世代別に分けても、世代をこみにしても特定の変動傾向を認めることはできなかった。

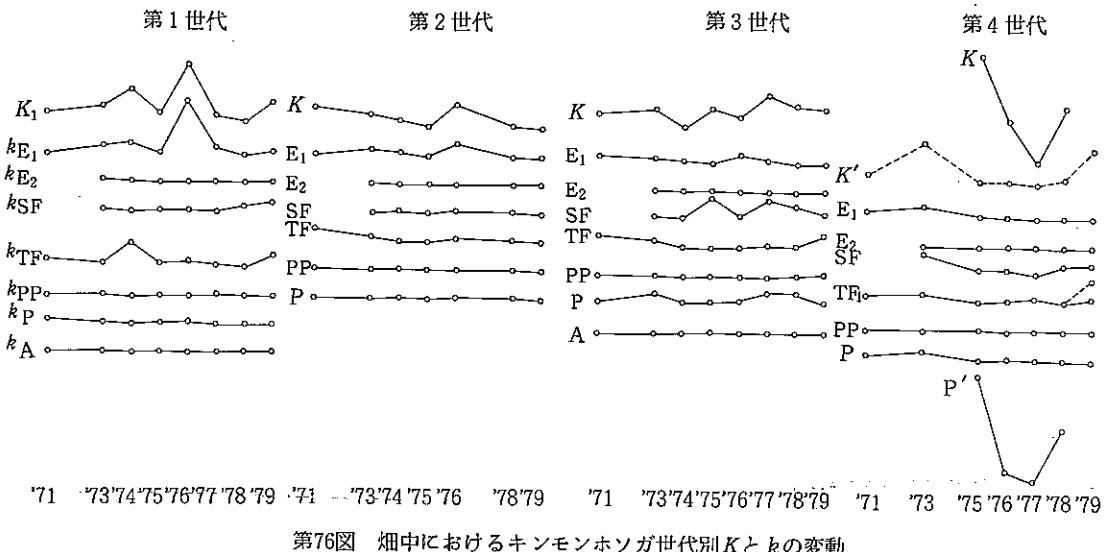
VIII 世代内総死亡率の変動と変動主要因

前述したように世代内のKと要因別kの変動を示すと第76図のようであった。

ただし、ここではキンモンホソガトビコバチによる死亡が、その成虫により寄主卵に産卵が行われた時点に起ころるものとみなして補正し、 k_{E1} として示した。第1世代におけるKの変動と最も類似した変動を示したのが k_{E1} 、つまりキンモンホソガトビコバチの寄生に係るものであった。次いで k_{TF} も年次によってKの変動に近い動きがみられ、 k_{E1} に次ぐ重要な要因とみなされる。第2世代においてもKと類似した変動を示したのは k_{E1} で、 k_{E1} も幾分似たような傾向であった。第3世代においてはKに近似した変動を示したのが k_{SF} であり、 k_{E1} 、 k_{TF} はあまり重要でなかった。第4世代の場合は k_{P1} 、つまり蛹の越冬期間中の死亡率がKの変動を支配する要因とみなされた。しかし、越冬直前までの総死亡率から求めたK'の変動の場合は k_{E1} 、 k_{SF} 、 k_{TF} などが係っているとみなされる。

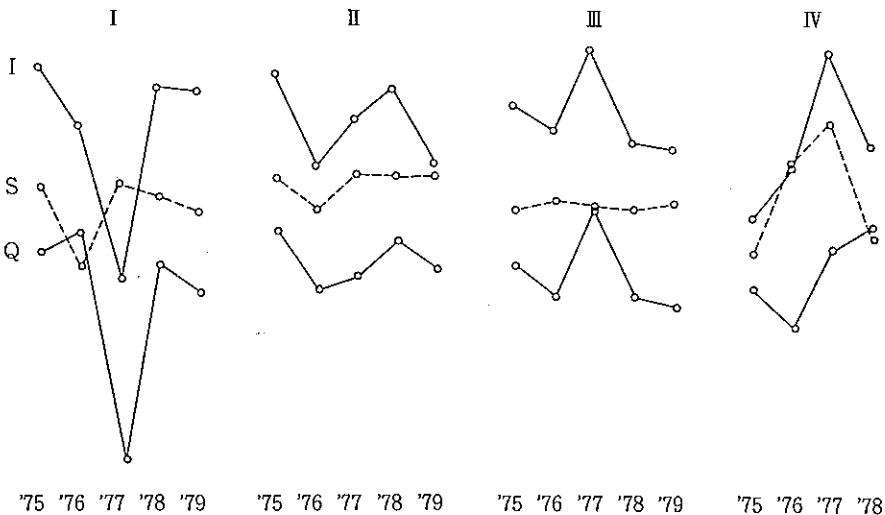
IX 密度増減指数の変動とその要因

枝当たり密度から求めた密度増減指数Iの変動に関与する要因としてS並びにQとの関係を検討すると第77図の

第76図 畑中におけるキンモンホソガ世代別 K と k の変動

ようであった。すなわち、Iと近似した変動様相を呈するものは第1～3世代ではいずれもQの変動であり、SよりもQがIの変動に強くかかわっているものとみなされる。第4世代においては逆にQよりもSの変動がIの変

動に近く、生存過程が重要とみなされた。このように、第4世代でQよりもSが主要因となっているのは越冬期死亡率が高いことによる。



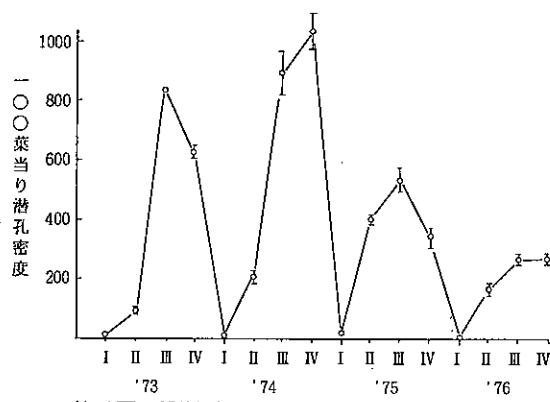
第77図 畑中におけるキンモンホソガ密度増減指数(I)の変動要因としての増殖率(Q)と生存率(S)

V 黒石市浅瀬石の放任園

(i) 葉、果そう当り密度の変動

100葉（第1世代は100果そう）当たりの潜孔密度の消長は第78図のようであり、世代及び年次により大きな変動があった。すなわち、年次間では1973年と1974年が高密度であり、後半の2年は比較的低密度であった。後半

の2年はリンゴスガ、モンクロシャチホコの発生が多く、これらの被害と早期落葉により、樹冠全体の葉数が激減し、それによって密度が低下した。リンゴスガの被害は1976年に激しく、このため、樹によっては6月末で葉がほとんどない状態となり、このようなものはその後二次伸長によって新葉をつけた。しかし、遅く出た葉は小型であり、正常な葉の50～60%の大きさしかなく、したが



第78図 浅瀬石におけるキンモンホソガ潜孔密度の変動

って、キンモンホソガの収容力も小さかった。一方、世代の経過に伴う密度の季節的な変動は第1世代で極端に低く、第2、第3世代と次第に増加し、第4世代で再び低下するという様相を呈した。これはりんご試験場無散布園における場合と類似したものであり、その原因もまた同様とみなされる。

(ii) 越冬前後の落葉における密度

1975, 1976年に調査した結果は第103表のようであつ

第103表 越冬前落葉における分解調査結果(浅瀬石)

	年 次	1975	1976
	調査枠数	20	20
	葉数	30.0	18.6 ± 7.9
一 枠 当 り	キンモンホソガ生存虫(蛹)	0.80 ± 0.83	0.25 ± 0.63
T 平 均 死 亡	キンモンホソガトビコバチ	0.30 ± 0.73	2.70 ± 3.02
F 死 亡	ヒメコバチ科 (幼虫)		0.85 ± 2.03
	" (蛹)	1.40 ± 1.64	3.90 ± 4.05
	Scambus planatus		
	不 明	0	0.25 ± 0.78
	T F 死亡合計	5.60	3.90 ± 3.02
	キンモンホソ ガ蛹不明死	0.10 ± 0.31	0.1

た。枠当たり落葉数は1975年に30枚、1976年に18.6枚と少なく、キンモンホソガの密度も、それぞれ0.8, 0.25個体と少なかった。寄生蜂のうち、キンモンホソガトビコバチは1976年に枠当たり2.7個のマミーであったが、1975年は0.3と少なかった。比較的多い寄生蜂はヒメコバチ類であり、他に *Scambus planatus* が認められた。

越冬後の春期における落葉からの羽化数は第104表に示した。

第104表 春期落葉からのキンモンホソガ及びその寄生蜂の羽化虫数(浅瀬石)

年 次	1975	1976	1977
調査枠数	17	19	20
キンモンホソガ	0	0	0
<i>Scambus planatus</i>	0.06 ± 0.243	0	0
キンモンホソガトビコバチ	0.18 ± 0.363	0.68 ± 2.51	0.65 ± 2.48
<i>Habrocytus</i> sp.	0	0	0.05 ± 0.22
<i>Sympiesis laevifrons</i>	0	0	0.40 ± 1.19
<i>Pnigalio</i> sp.	0	0	0.05 ± 0.22
不明	0.06 ± 0.243	0	0

これより明らかのように、キンモンホソガは1975～1977年を通じてまったく羽化がみられず、寄生蜂では *Scambus planatus*, キンモンホソガトビコバチ, *Habrocytus* sp., *Sympiesis laevifrons*, *Pnigalio* sp. が認められた。このうち、3年間連続して認められたものはキンモンホソガトビコバチだけで、*Scambus planatus* は1975年に、外はすべて1977年に羽化しただけである。

(iii) 生命表

1973～1976年の4年間にわたる世代ごとの生命表を平均して第105表に示した。ただし、ここでは越冬期間の生存率を調査しなかったので、第4世代は越冬直前の蛹までとした。世代内の総死亡率は第1世代の58.5%から世代の経過と共に増加し、第4世代では97.6%に達した。このように、世代の経過と共に増大した理由はSF不明死, TF不明死, 蛹不明死などが増加したためであり、中でもSFとTFの不明死が重要であった。すなわち、SFの不明死は第1世代の13.7%から第4世代の53.8%へ、TFの不明死は同じく3.3%から60.1%へと增加了。一方、寄生蜂による死亡率はTFの場合、30～61%の範囲で変動したが、第1世代と第4世代で低く、その中間世代で高かった。寄生蜂の中ではヒメコバチ類が大多数を占め、キンモンホソガトビコバチは10%以下、コマユバチ類やヒメコバチ類は1%以下の例が多かった。キンモンホソガトビコバチの寄生率は第1世代と第4世代で高い傾向があり、ヒメコバチ類と逆の傾向を示した。なお、この圃場におけるヒメコバチ科の種類は *Sympiesis laevifrons* が最も多く、次いで *Pnigalio* sp. が時に多くの例があった。その他の種類は *Chrisocharis albipes*, *Chrisocharis ujiyei*, *Cirrospilus* sp.などを少数認めただけであり、天敵相はりんご試無散布園に類似していた。

捕食によるTFの死亡率は0.2～6.7%と低かったが、世代の経過と共に明らかに低下した。蛹の死亡は前半の世代でヒメコバチ類の寄生によるものが多く、後半になると不明死が増加した。蛹の奇形は第1, 第2世代でごく少数例を認めただけである。

第105表 浅瀬石におけるキンモンホソガの生命表

発育段階	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		生存数	死亡率	生存数	死亡率	生存数	死亡率	生存数	死亡率
卵	不明	9.82		281.0		841.0		2190.6	
	不 明		4.4		0.5		8.3		0.7
S F	不明	9.39		279.6		771.2		2175.3	
	不 明		13.7		14.4		28.9		53.8
T F		8.10		239.5		548.3		1005.0	
	ヒメコバチ		24.7		53.4		51.9		25.6
	トビコバチ		9.7		5.6		3.3		7.2
	コマユバチ		0		0.1		0.1		0.7
	ヒメバチ		0.3		1.7		0		0
	捕 食		6.7		5.4		4.3		0.2
	不 明		3.3		8.2		26.5		60.1
	(計)		(44.7)		(74.4)		(86.1)		(93.8)
蛹		4.48		61.2		76.2		62.3	
	ヒメコバチ		6.7		3.0		1.0		0.5
	ヒメバチ		0		0.2		0		0
	奇 形		0.1		0.2		0		0
	不 明		2.2		6.2		7.7		15.3
	(計)		(9.0)		(9.6)		(8.7)		(15.8)
越冬蛹		—	—	—	—	—	—	52.5	
成 虫		4.08		55.3		69.6		—	
	総死亡率		58.5		80.3		91.7		97.6

注：1973～1976年の平均で表わし、また、生存数は100葉（第1世代は果そう）当たりの密度で示した

(IV) 死亡要因の密度依存性

主要な死亡要因による死亡率を寄主の密度との関連でとらえ、各世代ごとに年次変動を検討した。キンモンホソガトビコバチでは前半の2年間まったく寄生がなく、1975年も0.1%以下の低率であったが、1976年に至ってようやく10%台の寄生率をみた。第2世代では寄主密度が対数値で2.3から2.6の狭い範囲にあり、キンモンホソガトビコバチの寄生率はいずれの年も0.1%以下の低い水準で終始した。第3世代では寄主密度が対数値で2.5～3.1の範囲であったが、キンモンホソガトビコバチの寄生率は1976年に7.2%を認めた以外はすべて0.01以下の低い水準であった。第4世代の場合は寄主密度が対数値で2.6から3.75の範囲にあり、その中でキンモンホソガトビコバチの寄生率は高密度でやや高い寄生率を示した。しかし、いずれの世代でも寄主密度に対する依存性はみられなかった。

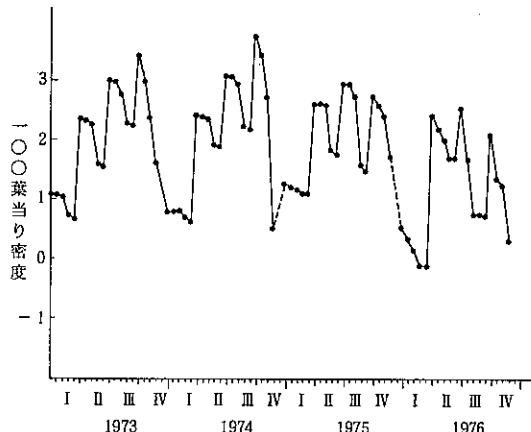
ヒメコバチ類における世代ごとの寄生率は比較的安定した年次変動を示した。また、寄主密度と寄生率の関係は特に認められなかった。

S Fにおける不明死率は第1世代の場合、寄主密度が高い時に低下する傾向があったが、第4世代で逆に高密度で高まっていた。第2、第3世代では寄主密度の変動が小さく、はっきりした傾向を示さなかった。全世代を通じてみると寄主平均密度が葉当たり1以上の場合S F不明死率が密度依存的となる傾向があった。しかし、第1世代では寄主密度がいずれも1以下で、特に低密度であった1976年に高いS F死率を示した。これは、不明死の中に複数の死亡要因が含まれているため、第1世代とそれ以降の不明死に占める主死亡要因が異っていたためとみなされる。1976年は前述したように食葉性のりん廻目幼虫が多発し、他の年次に比較して、高いS F死率をもたらした。この外に寄主密度の特に低い側で、死率が高まるのは飽和型捕食率を示す捕食者による場合が考えられる。一方、葉当たり1個体以上の側でのS F死率の密度依存性は共食による種内競争によるものとみなすことができる。T Fの不明死率は第1世代、第2世代では低く、変動も小さかった。第3世代では15～42%の範囲で変動し、第4世代では40～80%の範囲であった。寄

主密度とTF不明死率の間には明瞭な傾向が得られず、同一世代内では小幅な変動であった。

(V) 発生変動の主要因解析

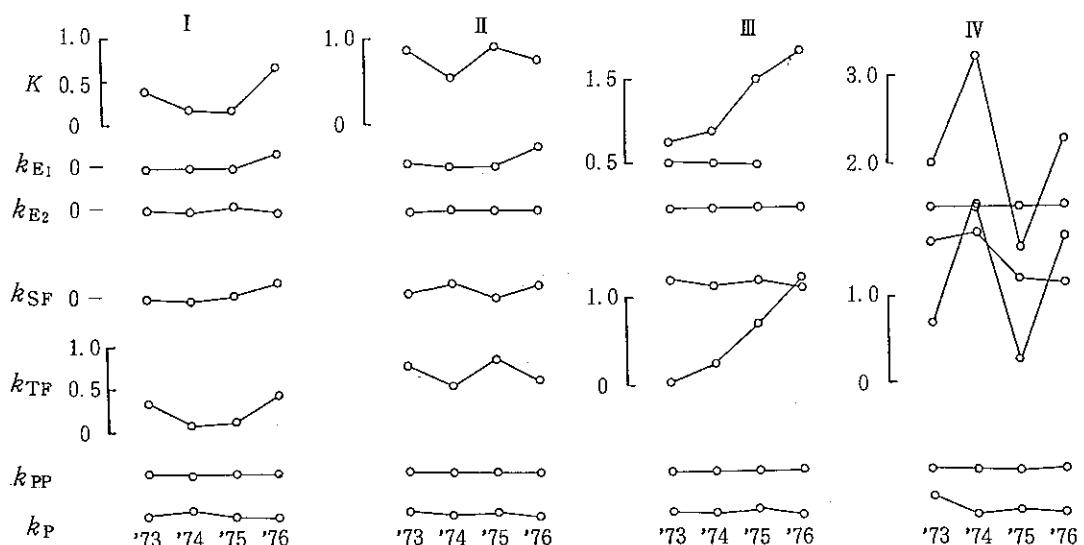
キンモンホソガの100葉（第1世代は100果そう）当たり平均密度の変動は生存曲線を組み合わせて第79図に示す。



第79図 浅瀬石におけるキンモンホソガの密度と生存曲線

した。1973年と1974年は非常に類似した変動を示し、第1世代から第4世代まで順次密度が高まって行き、越冬期間に激減するという様相を呈し、世代内の生存曲線も各世代で類似していた。第4世代の卵密度は2500個以上に達し、この世代で生存率が非常に低下していた。1975年は第3世代までは前2年間とはほぼ同じ変動を示したが、第4世代の密度が逆に低下した。これは第3世代の生存率低下が強く影響したためである。1976年は特異的な変動を示し、全般的な密度の低下と共に生存曲線が各世代の前半でSFの死亡率が高かったことにより直線的となった。

各世代ごとの K 並びに k の年次変動は第80図に表した通りである。すなわち、各世代とも K の変動は k_{TF} に最も依存しているとみなすことができ、その他の k はほとんど関与していないかった。そこで k_{TF} の変動に対して、どの死亡要因がかかわっているかを明らかにするため、TFの総死亡率の年次変動と各死亡要因ごとの死亡率の年次変動を対比して第81図に示した。これより明らかなように、第1世代、第2世代ではヒメコバチ類によ

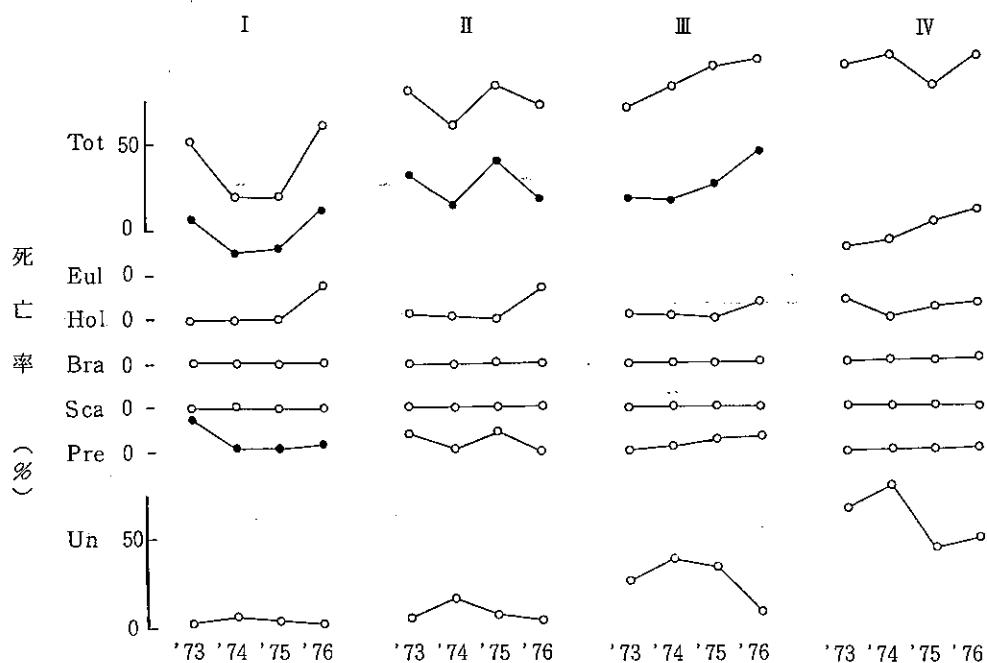


第80図 浅瀬石におけるキンモンホソガ世代別 K と k の変動

る死亡に強く依存していたが、第3世代ではヒメコバチの外に不明死が相補的にかかわっていた。また、第4世代では不明死の変動に強く影響されていた。

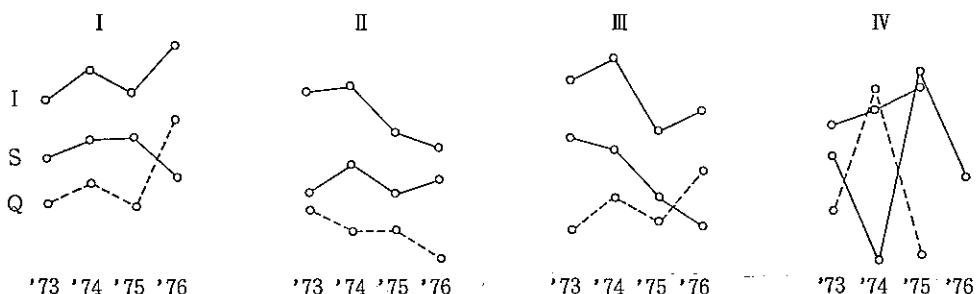
一方、世代間の増減指數Iの変動を増殖過程と死亡過程に分けて対比したのが第82図である。Iの変動と類似

した変動様相を呈したのは I_2 , I_3 , I_4 の場合、いずれも生存過程を表わすSよりも増殖過程を表わすQの方であり、 I_1 では両者が相補的に働いており、 S_1 と Q_1 の変動が大きいにもかかわらず I_1 の変動は小さかった。



第81図 浅瀬石におけるキンモンホソガTF死亡率の変動に関する主要因の分析

(Eul:ヒメコバチ, Hol:キンモンホソガトビコバチ, Bra:コマユバチ, Sca:ヒメバチ)
(Pra:捕食, Un:不明死)

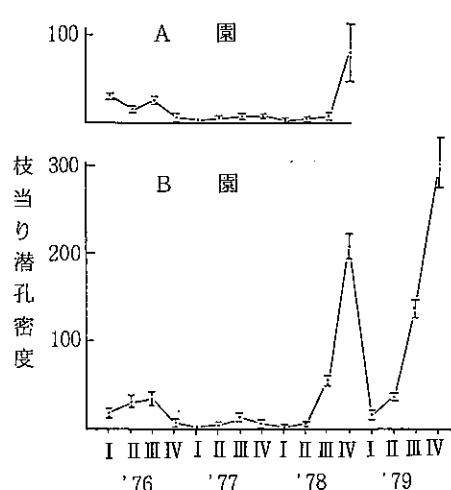


第82図 浅瀬石における密度増減指数(I)の変動要因としての増殖率(Q)と生存率(S)

VI 平賀町平六の粗放管理園

1976~1979年の4年間における枝当たり密度の経時的変動は第83図のようであった。ただし、A園は伐採のため1979年以降の調査を欠く、両園における密度の変動はほぼ類似していたが、B園でA園よりも若干変動幅が大きかった。B園について年次別の変動様相をみると1976年は第1世代の密度が比較的高く、第2世代、第3世代と幾らかずつ増加したが、第4世代では落葉が多くなり、寄生できる葉数が減少したために密度は低下した。1977年は第1世代の密度が非常に低かったが、第2世代への増加率はやや高く、第3世代までは増加が続いた。しかし、密度水準は極めて低く、また、第4世代では前年同

様に葉数が不足し、約半数の枝で調査時に全葉が落下したことにより密度は低下した。1976、1977の2年間は無散布状態であったため、特にこのような後期の落葉が多くなったとみなされる。1978年は第1世代の密度が低く、その後は世代の経過と共に密度が高まり、第4世代では枝当たり潜孔が207.6個に達した。この年はモンクロシャチホコの発生が多く、9月20日の調査で2本の枝がほとんど葉を食いつぶされ、この枝ではキンモンホソガの潜孔数も0となった。しかし、殺菌剤が2回散布されたため他の枝では葉もちがよく、モンクロシャチホコの被害を受けた枝も、2次伸長を起こして再びキンモンホソガの寄生を受け、第4世代の潜孔は全体で急増した。1979年は第1世代の発生が幾分多めで、数回の殺菌剤散布に



第83図 平六におけるキンモンホソガ潜孔の枝当たり密度の変動

より葉もちらよく、その後の世代における密度がこれまでの年よりも高めに経過した。

以上のようにB園では1976, 1977年は無散布状態で、キンモンホソガも低密度に経過したが、1978, 1979年は数回の殺菌剤散布が行われて、早期落葉が少なかったこともあり、世代と共に急激に増加した。

薬剤散布がまったく行われなかつたA園においては、1976~1978年共ほとんどB園と類似した経過をたどつた、また、全般にB園よりもさらに低密度で、変動幅も小さかった。

なお、両園での発生密度は葉当たり密度に換算すると、これまで述べた調査園地の例に比べてごく低い水準である。

(ii) 生命表

A園におけるキンモンホソガ生命表は1976, 1977年だけの調査であるが、2年間の平均でみると第106表のようであった。すなわち、世代内の総死亡率は70.1~86.8

第106表 平六A園におけるキンモンホソガ発育後期の生命表

発育段階	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		密度	死亡率	密度	死亡率	密度	死亡率	密度	死亡率
TF		14.61		7.46		14.44		5.70	
	ヒメコバチ		24.6		37.1		47.0		13.2
	トビコバチ		23.5		16.1		7.5		26.0
	ヒメバチ		0		0		0		11.2
	コマユバチ		7.7		2.5		0		0.4
	捕食		20.1		5.4		} 23.8		} 27.4
	不明		8.8		7.4				
	(計)		(84.7)		(68.5)		(78.3)		(78.2)
蛹		2.24		2.35		3.13		1.24	
	ヒメコバチ		11.7		0.4		0		0
	奇形		0		0		0		4.1
	不明		2.0		4.8		0		7.8
	(計)		(13.7)		(5.2)		(0)		(11.9)
越冬蛹		—	—	—	—	—	—	1.09	
成虫		1.93		2.23		3.13		—	
総死亡率		86.8		70.1		78.3		80.9	

%と高く、これに卵とSFの死亡率を加えると、恐らく90%台になるとみなされる。実際、1976年には第1世代で6.5%, 第2世代で18.6%のSFの死亡率を認め、その死亡要因は第1世代で共食い、第2世代でヒメコバチ類と共食いが主要なものであった。

この生命表における世代内死亡率はTF, 蛹, 成虫の死亡からなっているが、その内訳をみるとほとんどがT

Fの死亡で占め、他の発育段階では15%以下の死亡率であった。また、この圃場ではTF, 蛹とも寄生蜂による死亡が非常に多く、一部調査したSFにおいても10%程度の寄生率を示す例があった。TFの寄生蜂はキンモンホソガトビコバチと数種のヒメコバチが多く、ホソガサムライコマユバチとヒメバチ類は少なく、特にヒメバチ類は第4世代だけで認めた。その他の死亡要因では

T F の捕食或いは要因不明による死亡率が第2世代を除いて20%台と比較的高く、第2世代では13%位であった。

蛹における死亡は第1世代でヒメコバチによる寄生がやや多かったが、第3、第4世代ではそれではなく、奇形

は第4世代だけに認められた。蛹の不明死は世代によって変動があったが、最高でも1976年の14.3%であった。

B園における1976年～1979年の4年間の平均した生命表は第107表のようであった。すなわち、世代内総死亡

第107表 平六B園におけるキンモンホソガ発育後期の生命表

発育段階	死亡要因	第1世代		第2世代		第3世代		第4世代	
		密度	死亡率	密度	死亡率	密度	死亡率	密度	死亡率
T F		8.34		18.40		59.03		130.2	
	ヒメコバチ		10.8		26.3		23.3		8.1
	トビコバチ		39.7		17.9		26.9		43.4
	ヒメバチ		0		0		0		3.5
	コマユバチ		4.9		1.0		0		0.2
	捕食		16.8		1.6		5.4		10.4
	不明		12.8		4.8		9.8		15.1
	(計)		(85.0)		(61.6)		(65.4)		(80.7)
蛹		1.25		7.07		20.42		25.13	
	ヒメコバチ		0.5		3.0		5.0		0
	奇形		0		1.0		2.8		6.3
	不明		1.3		5.1		3.2		4.1
	(計)		(1.8)		(9.1)		(11.0)		(10.4)
越冬蛹		—		—		—		22.52	
成虫		1.23		6.43		18.17		—	
総死亡率		85.3		65.1		69.2		82.7	

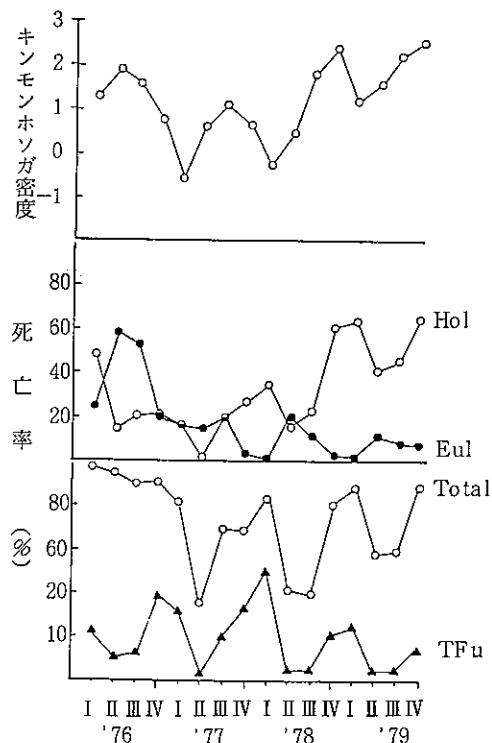
率が65.1～85.3%と高く、特に1976年は各世代とも90%以上であった。死亡要因はA園の場合とほぼ同様で、寄生蜂とT F の捕食又は不明死が主要なものであった。寄生蜂の中ではキンモンホソガトビコバチとヒメコバチ類が優占しており、両者は世代により寄生率が逆転することがあり、また寄生蜂全体での寄生率が45～55%の範囲で安定していた。平六で寄生を認めたヒメコバチ科の種類は10種で、潜孔分解調査により得ることができた中では *Achrysocharoides* sp. と *Sympiesis laevifrons* が圧倒的に多く、次いで *Pnigatio* sp. が年によりやや多い傾向があった。しかし、*Cirrospilus* の2種、*Sympiesis* sp.、*Tetrastichus* sp.、*Pediobius* sp.、*Elachertus* sp.、*Closterocerus* sp. などは少なく、また、年次や世代によっては寄生が認められないこともあった。なお、*Closterocerus* sp. はT F よりもS F に多く寄生していた。このように、ヒメコバチ科の中で *Achrysocharoides* sp. を優占種の中に含むようなところは発生動態を解析した外の調査園地では例がなく、また、*Closterocerus* sp. の存在など多くのヒメコバチ科寄生蜂を認めるなど、この園地は複雑な天敵相を有し

ていた。なお、生命表の中でヒメバチとしたものは大部分が *Scambus planatus* であり、コマユバチとしたものはほとんどがホソガサムライコマユバチである。また、ヒメコバチ科として取扱った中にはごく少数の *Habrocytus* sp. を含む。

次に、蛹の死亡はA園と同様、全般に少なく、第1世代を除くと10%内外の死亡率であり、第1世代では1.8%と低かった。死亡要因では寄生蜂、奇形、不明死をそれぞれ同程度の割合で認めたが、世代によって各要因の占める割合が変わっていた。このうち、奇形は世代の経過と共に多くなる傾向があった。

(iii) 死亡率の経時的变化

第84図に示したように世代内総死亡率は35.2%から97.1%の範囲で変動した。1976年は90%前後の高水準で安定していたが、1977年以降は世代により変動が大きくなり、第1世代と第4世代では高く、第2世代では低下し、第3世代では年次により高い場合と低い場合があった。キンモンホソガトビコバチの寄生率は1.7～64.2%の間で変動し、1976年の第1世代では50%近い寄生率を示したが、第2世代以降、翌年の第1世代までは20%



第84図 平六におけるキンモンホソガの主要死亡要因による死亡率の変動

前後で安定していた。1977年の第2世代では期間を通じての最低となり、その後は徐々に高まっていた。1978年と1979年は第1世代で高く、第2、第3世代で低下し、第4世代で再び高まった。一方、ヒメコバチ類の寄生率は0%から59.2%までの変動がみられた。1976年の場合は第1世代で24.9%とやや高く、第2、第3世代では50%台とさらに増加した。しかし、第4世代で21.5%まで低下した。1977年以降はほぼ20%以下の水準で変動しながら次第に低下していった。TFにおける捕食又は不明死は1.7%から50%の範囲で変動していた。1976年の場合、第1世代で22%あったが、第2、第3世代でそれぞれ11.5%，12.8%と低下し、第4世代で39.4%に高まった。このように第1世代で高く、第2、第3世代で低下し、第4世代で再び高まるという傾向は、ほぼ年を通じて共通していた。この際、1977年の第3世代は第2世代の1.7%という低水準より急激に高まり、20%を示したが、この場合も第1世代と第4世代は30%台の高い死亡率を示した。

(iv) 死亡要因の密度依存性

主要な死亡要因について、世代ごとの年次変動を寄主の密度との関連で検討した。

TFから成虫（第4世代は越冬前蛹）までの総死亡率

は第1世代の場合、密度に関係なく80~97%で安定していたが、第2世代と第3世代は年次変動が大きく、第4世代では再び変動幅が狭くなった。

キンモンホソガトビコバチは、寄主の卵に対して産卵するので、寄生密度との関連をとらえるには、寄主の卵密度との関係を検討することが望ましい。しかし、ここでは卵及びSFの生存率調査がないので、TFの初期密度をあてた。また、TF期に働く寄生蜂、捕食、不明死はキンモンホソガトビコバチ寄生の有無にかかわらず、同率で作用するものと仮定して、キンモンホソガトビコバチの寄生率を求め、密度との関係を調べることとした。第85図はこのようにして求めたものである。第1、第2、第4世代では当世代の寄主密度が高い時に高まる傾向があったが、調査事例が少ないこともあり、有意な相関関係は認められなかった。また、第3世代では図上からも密度との関連がみられなかった。

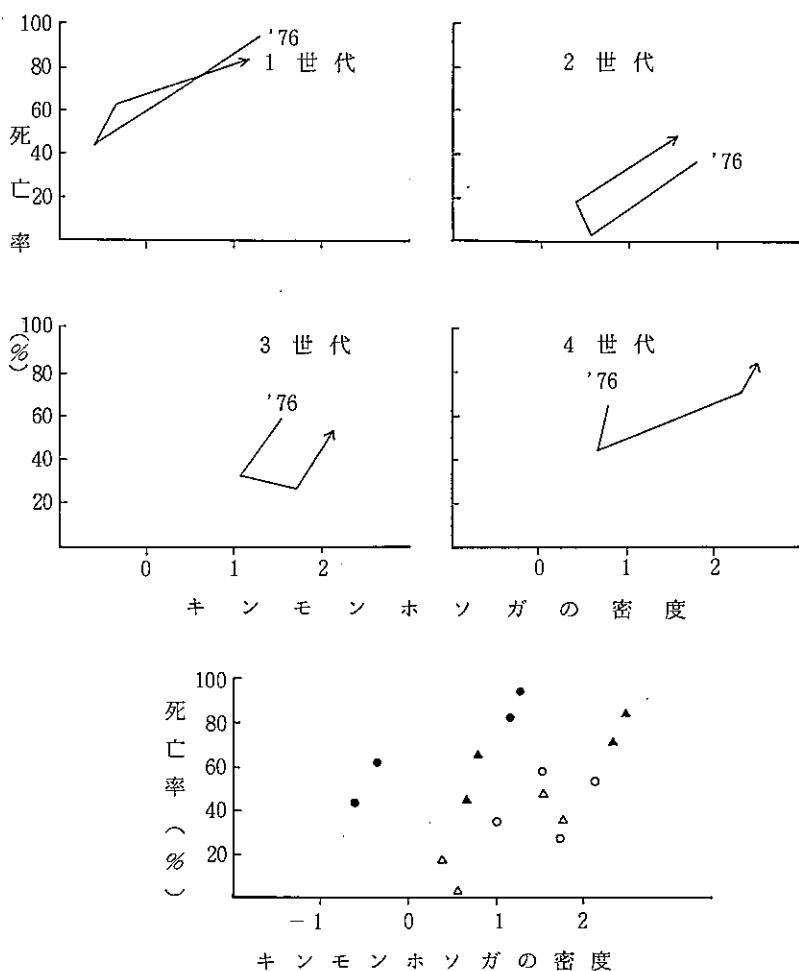
一方、全世代をこみにした場合は当世代の密度と寄生率の間に一定の関係を認めなかった。しかし、対数値で示した1世代前の寄主密度とキンモンホソガトビコバチ寄生率との間には第86図のように極めて高い相関関係があった。これは一見、世代遅れの密度効果ともみられるが、キンモンホソガは多化性であり、前述のように越冬世代で密度が激減し、キンモンホソガトビコバチはその割に減少しないという生態的特性があり、また、寄生率の高い無散布園などでは後半の世代で落葉が激しい。それらが第86図に反映されている可能性がある。さらに、キンモンホソガトビコバチの越冬世代における羽化時期が2峰型となり、寄主の第2世代への寄生も可能であることを考えると第86図のような相関関係を示す背景はかなり複雑な要因が関与しているとみなされる。いずれにしてもキンモンホソガトビコバチが、キンモンホソガの密度調節に強く関与している可能性を示唆するもので今後、実験的な解析が望まれる。

次にヒメコバチ科の寄生蜂についてみると、いずれの世代でも当世代の寄主密度との間には一定の関係がなく、全世代をこみにした場合でも寄主密度との間に一定の関係を認めることができなかった。

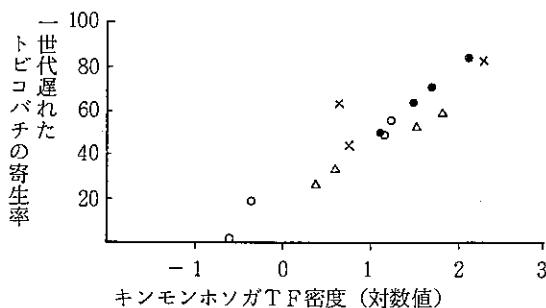
捕食と不明死を合わせた死亡率では第87図からもわかるように、密度逆依存的な関係がうかがわれ、これは世代ごとに分けた場合も同様の傾向を認めた。このような関係は捕食者の機能的反応とも考えられるが、捕食者の正体を明らかにすることはできなかった。今後、捕食による死亡と不明死を明確に区別しながら、再検討する必要がある。

(V) 発生変動とその主要因の解析

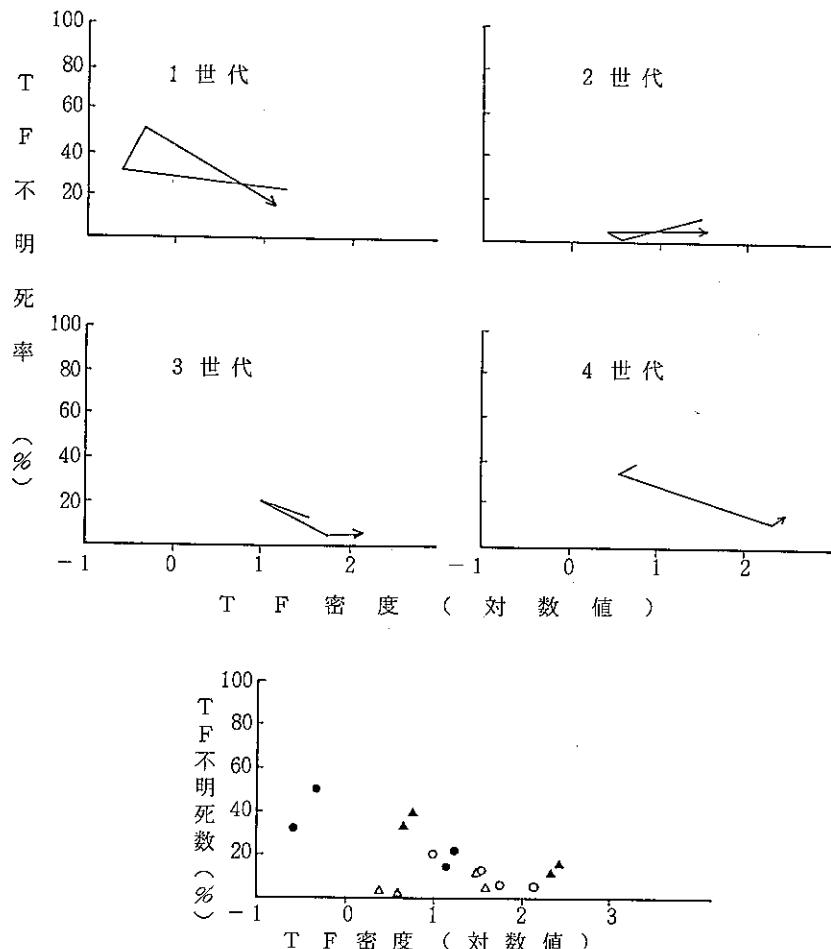
TFから成虫羽化までの生存率の逆数を対数変換した



第85図 平六におけるキンモンホソガのTF密度とキンモンホソガトビコバチ寄生率との関係
(●:第1世代, △:第2世代, ○:第3世代, ▲:第4世代)



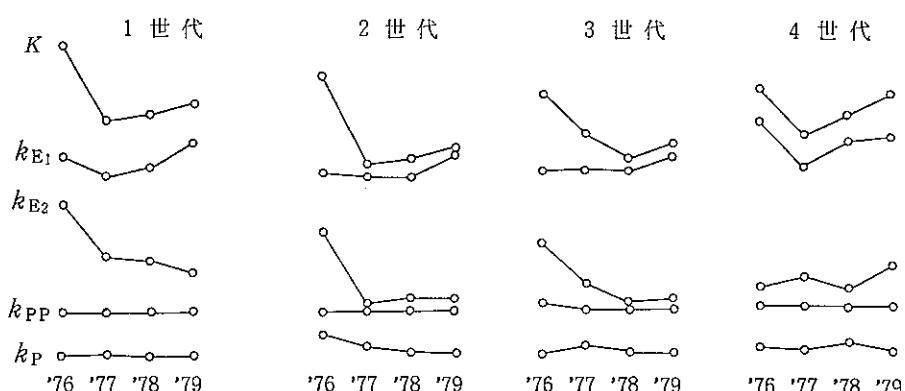
第86図 平六におけるキンモンホソガトビコバチ寄生率と寄主の前世代密度との関係
(○:寄主第1世代, △:第2世代)
(●:第3世代, ×:第4世代)



第87図 平六におけるキンモンホソガTF密度とTF不明死率との関係

値を K とし、個々の発育形態の k とを世代別、年次別に配列し、第88図に示した。ただし、ここで k_{TF_1} はト

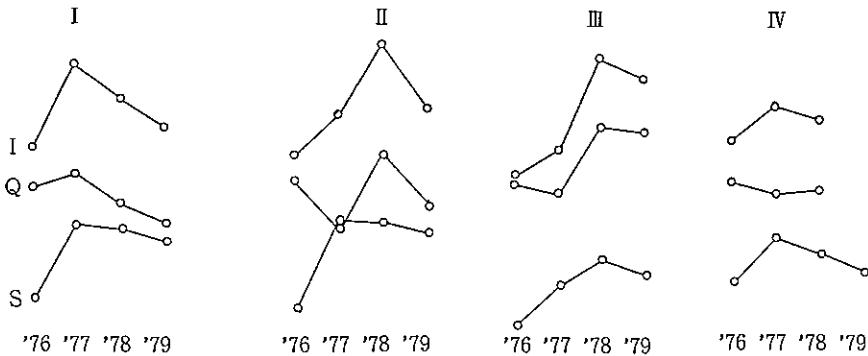
ビコバチの寄生に係るものであり、 k_{TF_2} はそれ以後のTFの全死乙要因に係るものである。 K の変動に近い動

第88図 平六におけるキンモンホソガの世代別 K と k との変動

きをするのは第1世代の場合 k_{TF_1} と k_{TF_2} であり、この両者を変動主要因としてあげることができる。第2世代では k_{TF_2} を変動主要因とみなすことができ、第3世代は第2世代とはほぼ同じ傾向を示し、 k_{TF_2} と k_{TF_1} が変動の主要因とみなされ、第4世代の場合は k_{TF_1} が最も重要であった。このように第1世代と第4世代で、キンモンホソガトビコバチが重要な変動要因となっていたのに對

し、第2と第3世代はむしろTFにおけるトビコバチ以外の死亡要因、中でも捕食や潜孔破壊による不明死、或いはヒメコバチによる寄生が主要な変動要因としてかかわっていた。

また、テント型潜孔密度から求めた世代間増減指数IとIの構成要素であるSとQの変動を第89図に示した。第4世代ではSがIの変動主要因であったが、その他の



第89図 平六におけるキンモンホソガの増減指数(I)の変動要因としての増殖率(Q)と生存率(S)

世代では両者が複雑に関与し、いずれがより重要とはいえないかった。

ところで、増減指数Iの変動をTFの密度との関係でとらえると第90図のようになり、密度が高まるとIが低下する傾向と共に密度が高まる変動様相のために1年を周期とした左回りのらせん状変動を示した。

うな係わりをもっているかを見い出すための検討を行った。この際、IWAO & WELLINGTON(1970)がカレハガの1種 *Malacosoma californicum pluviale* の幼虫活動性の異なる個体群において全体の生存率に違いをもたらす要因を検出するために用いた方法を適用した。すなわち、a, b 2つの個体群における世代内生存率の対数値を aST , bST とすれば

$$aST - bST = (aS_1 - bS_1) + \dots + (aS_i - bS_i) + \dots + (aS_e - bS_e)$$

ただし、 aS_i , bS_i は i 番目の発育段階における生存率の対数値である。ここでは、生存率の代りに K 及び k_i (VARLEY & GRADWELL 1960) を用い、作図によって視覚的な解析をした。無散布園の各世代における生存率から求められる nK と殺菌剤散布園における同様の fK の差 $n-fK$ は次のように表わすことができる。

$$n-fK = nK-fK = (nk_{e'}-fk_{e'}) + (nk_E-fk_E) + (nk_{SF}-fk_{SF}) + (nk_{TF}-fk_{TF}) + (nk_p-fk_p)$$

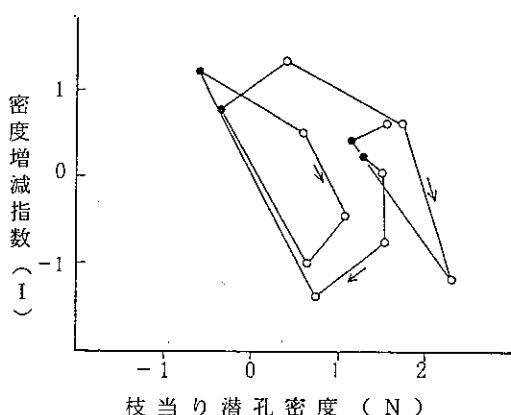
$$= n-fk_e + n-fk_e + n-fk_{SF} + n-fk_{TF} + n-fk_p$$

ここで、 K 及び k の左下に示した n , f はそれぞれ無散布園、殺菌剤散布園を k_e , k_E , k_{SF} , k_{TF} , k_p はそれぞれキンモンホソガトビコバチの寄生から逃れた卵、卵の不明死から逃れた卵、S F, T F, 蛹の生存率から求められる k の値である。

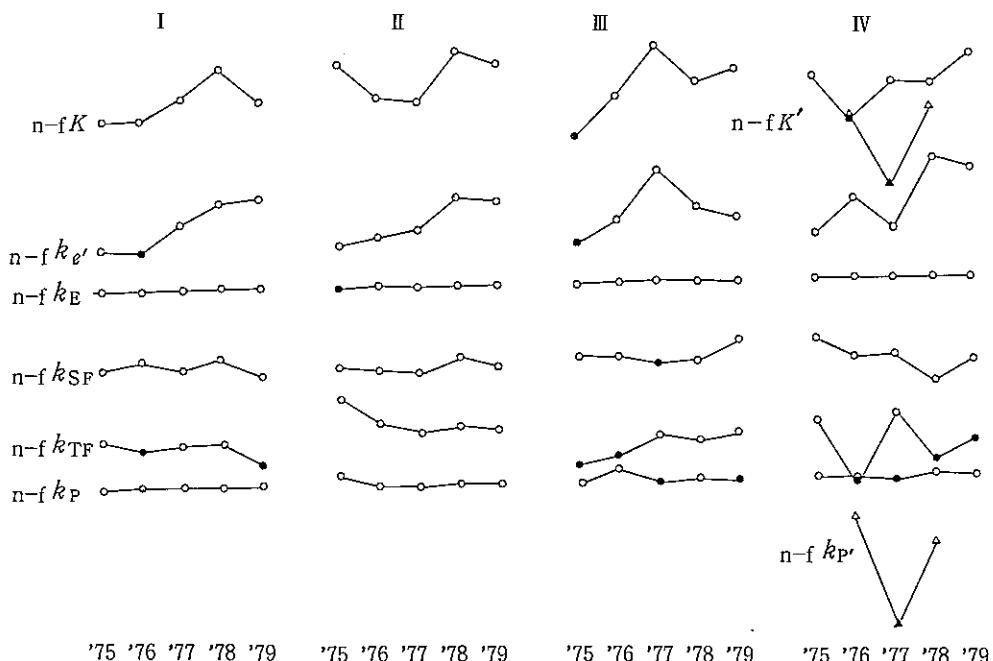
世代ごとの $n-fK$ と各発育段階別の $n-fk_i$ を求め、第91図に示した。第1世代における $n-fK_1$ の値はいずれも正の値を示した。これはすべての年で世代内生存率が殺

VII 管理の異なる園における変動要因の差

りんご試験場内の栽培管理が異なる園におけるキンモンホソガ発生変動並びに生命表に関する1975~1980年の調査資料を用い、栽培管理の違いが個体群変動にどのよ



第90図 平六におけるキンモンホソガの密度と密度増減指数の関係



第91図 キンモンホソガの生存過程におけるりんご試無散布園と殺菌剤園の差の変動
 (○は正、●は負、n-f = 無散布園 - 殺菌剤園、P' : 越冬期の生存率に係る)
 (K'はP'を含まない場合)

菌剤散布園で高かったことを意味する。 $n-f K_1$ の変動は $n-f k_E$ すなわち、キンモンホソガトビコバチの寄生とかかわる要因に最も依存的な変動をしており、1979年には SF と TF の死亡が無散布園よりも殺菌剤散布園で高かった。これは卵寄生性のキンモンホソガトビコバチと SF または TF に主として寄生するヒメコバチ類の関係を示唆するものとして興味深い。

第2世代においても $n-f k_2$ の変動は正の値であり、無散布園で高い死亡を示した。また、これに対応した各発育段階での $n-f k_i$ の変動では第1世代同様キンモンホソガトビコバチによる寄生が主要因として検出された。しかし、1975, 1976年においては TF の死亡率における差が大きく、これが全体の死亡に強く係わりをもっていた。ちなみに、1975年は両園共にトビコバチの寄生率が0であったが、ヒメコバチの寄生率は無散布園で特に高い傾向を示した。

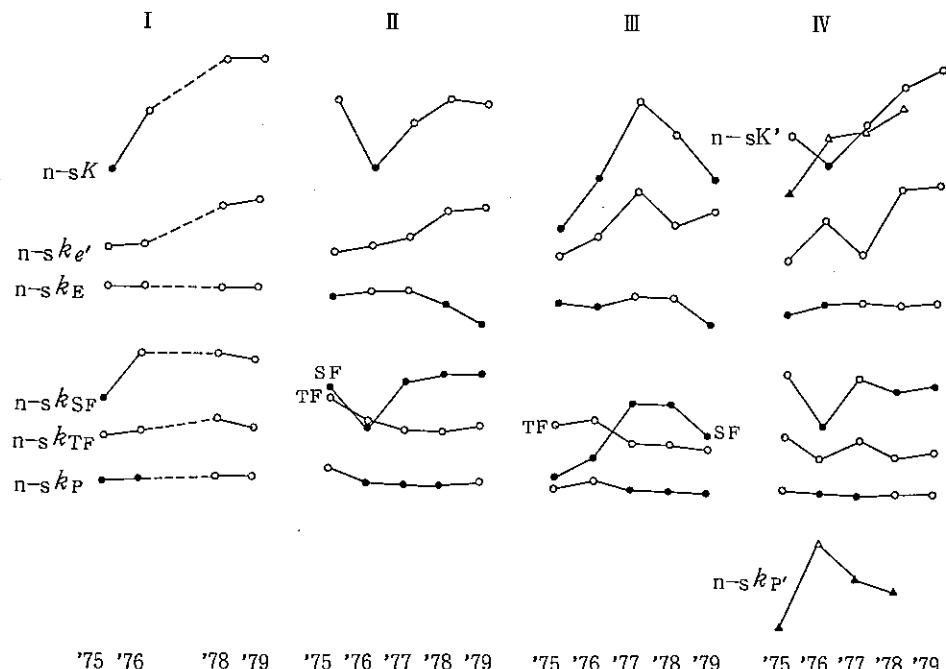
第3世代では $n-f K_3$ が1975年に負であった外は、ここでも無散布園での死亡率が高く経過し、特に1977年は大きな差を示した。 $n-f K_3$ の変動は大部分キンモンホソガトビコバチの寄生率の差によって説明できるとみなされる。

第4世代では越冬直前までの死亡でみた場合 $n-f K_4$ は1976年にわずかに負の値となった以外は正であり、各発

育段階の $n-f k_i$ の変動との関係では TF の死亡、並びにキンモンホソガトビコバチ寄生率に強く依存していた。ここで両者は相補的に働いており、キンモンホソガトビコバチの寄生率が無散布園で絶えず高い値を示したもの、その差が縮小するような年には、TF の死亡率が無散布園で殺菌剤散布園よりも高まり、逆に差が大きい年に TF の死亡率は殺菌剤散布園の方で高くなつた。第4世代で卵から成虫羽化までの生存率より求められる $n-f K_4$ の変動は越冬期の死亡率に強く依存していた。

次に無散布園と標準散布園の差の変動を比較し第92図に示した。第1世代では1875年を除いて $n-f K_1$ は正の値を示し、無散布園で高い死亡を示した。1975年は SF の死亡が標準散布園で特に高かった。これは5月中旬、下旬、6月下旬に連続してサリチオンが3回使用され、SF の高い死亡を來したことによる。他の年はこの時期に SF に強く影響するような薬剤が使用されなかった。 $n-s K_1$ の変動はキンモンホソガトビコバチ、並びに TF 死亡率に依存しているとみなされた。 $n-s k_{TF}$ の変動はヒメコバチ類寄生率に依存するもので、無散布園での寄生蜂類の活動が高いのに対し、標準散布園ではそれが低いことが大きな要因とみなされた。

第2世代においても $n-s K_2$ は1976年に負となつたが、他は正の値で変動した。これに対して $n-s k_{e'}$ と $n-s k_{TF}$ は

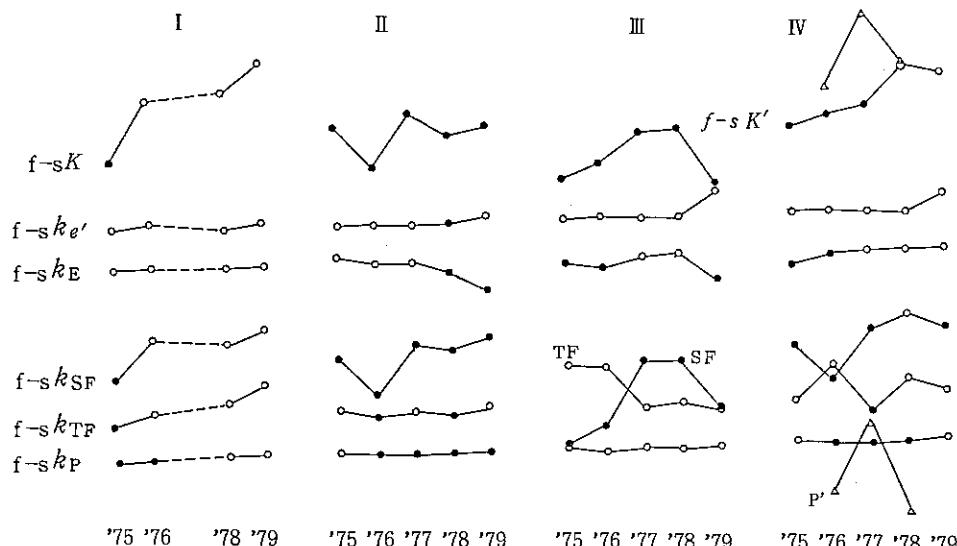


第92図 キンモンホソガの生存過程におけるりんご試無散布園(n)と標準園(s)の差の変動

いずれの年も正であり、無散布園でより高い死亡率を示した。逆に $n-s k_{SF}$ はすべての年で負となった。このため、 $n-s K_2$ の変動は第1世代と同様に寄生蜂類による寄生率の違いと殺虫剤によるSF死亡率の違いに依存しており、かなり複雑な相様を呈した。

第3世代においては原則的に第2世代の場合と変りなく、無散布園におけるキンモンホソガトビコバチ、ヒメ

コバチ類による寄生率の違いと標準散布園におけるSFの殺虫剤による死亡率の違いがそのまま $n-s K_3$ に反映されていた。しかし、 $n-s K_3$ の値は1975, 1976, 1979年に負となり、無散布園よりも高い死亡率を示した。これは、この世代に重点的にキンモンホソガの防除が行われるためで、SFの死亡率の差が他の世代に比較して負の方向に大きく変化している。



第93図 キンモンホソガ生存過程における殺菌剤園と標準園の差の変動

第4世代では越冬直前までの場合、1976年を除けば $n-sK_4'$ は正の値を示し、変動の幅はかなり大きい。 $n-sK_4'$ に最も対応して変動した要因はキンモンホソガトビコバチの寄生率の違いによる $n-sk_{sf}$ であり、SFやTFの死亡率の違いが年によって相補的に働いた。1976年のSFの特異な変動は、おそらく殺虫剤の影響と考えられる。この世代において、越冬期の死亡を含めた場合の $n-sK_4$ の変動は越冬期の死亡に大きな差を認めた1975年と1976年で、 $n-sk_{sf}$ の違いに強い影響を受けた。

次いで、殺虫剤散布園の fK と標準散布園の sK の差 $f-sK$ の変動について検討し、第93図に示した。

第1世代では、1975年で $f-sK_1$ が負となった以外は正の値を示し、これは主にTFの死亡率が殺虫剤散布区で高かったことが大きな理由で、次いでSF生存率の違いが同様の傾向を示した。TFの場合はヒメコバチ類の寄生率の違いが大きく関与していた。

第2世代では $f-sK_2$ が負の側で変動し、いずれの年も一般散布園での死亡率が相対的に高かった。また、この変動はほとんどSF生存率の違いに依存しており、これはほぼ殺虫剤の防除圧によるとみなされる。

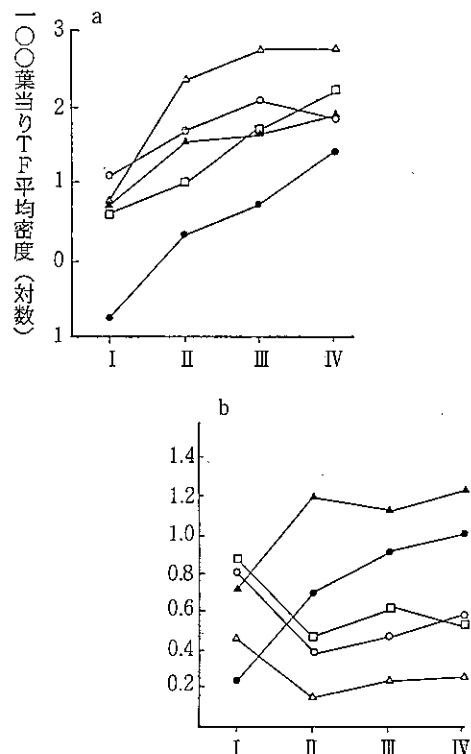
第3世代においては、 $f-sK_3$ の変動は第2世代よりもさらに負側に片寄って変動し、SFの生存率の違いに強く依存していた。しかし、TFの死亡はほとんどの場合殺虫剤散布区で高く、正の側で変動した。これは主としてヒメコバチ類による寄生率の違いに基づくものである。

第4世代では、越冬直前までの総死亡率を表わす $f-sK_4$ の変動が、前半3年間は負、後半2年は正の値を示し、変動幅も対数値で0.8以下であった。このような変動は主にSFとTFの死亡率の違いに依存し、 $f-sk_{sf}$ と $f-sk_{tf}$ は前半で互いに相補的に後半では平行的に変化した。両者の関係が何に基づくものかは不明である。一方、越冬期の死亡を含めた場合には越冬期間中の死亡率の違いが、 $f-sK_4$ 変動の主要因であった。

VIII 密度水準と変動幅

調査期間中における園別、世代別100葉当たりの卵、TF及び幼虫密度の対数変換値より平均密度と標準偏差をそれぞれ求めて検討した結果、卵、成虫ともTFの場合とはほぼ同じ傾向を示したのでTFの場合について検討する。

第94図に示したように平均密度は無散布状態における浅瀬石とりんご試無散布園で高い水準を示し、特に浅瀬石では第2、第3世代で極めて高かった。また、浅瀬石では第1世代から第2世代にかけての増殖率が極めて高かった。さらに、この両園とも第4世代は第3世代とあまり変わらないか、逆に低下する傾向を示した。変



第94図 キンモンホソガ潜孔の園別、世代別平均密度と標準偏差

(○：無散布園、●：標準散布園、□：殺虫剤散布園
 △：浅瀬石、▲：畑中、a：平均密度、b：密度の年次
 変動における標準偏差、I～IV：世代)

動は第1世代で高い値を示したが、第2世代以降は低下し、浅瀬石では0.16～0.27の範囲となり、りんご試無散布園では0.38～0.58の範囲であった。

一方、殺虫剤の散布を行なっている畑中とりんご試標準園では平均密度がりんご試無散布園に比較して低く、畑中の第4世代の密度がりんご試無散布園の第4世代密度を上回っただけであり、りんご試標準園では明やかに低い水準であった。これに対し、標準偏差は殺虫剤散布園で大きく、りんご試標準園の場合はりんご試無散布園に比較して第1世代で小さかったが、第2世代以降は明らかに増大し、また、畑中では特に高い変動を示した。

このように第2世代以降の変動が大きいのは年により、散布薬剤や防除時期が異なり、そのために防除効率に年次変動があるためとみられる。

殺虫剤だけを散布した場合の平均密度は第1～第3世代はりんご試無散布園より低く、りんご試標準園よりも高かったが、第4世代ではりんご試無散布園より高い密度となった。また、世代間の増加傾向はほぼ直線的であり、これはりんご試標準園と類似した。一方、変動は第

1世代で大きかったが、第2世代以降は低下し、無散布園よりは幾分大きいものの0.47~0.62で殺虫剤散布園の0.7以上に比較すれば小さかった。

以上のように一般にりんご試無散布園及び殺虫剤散布園では密度水準が高いが、年次変動が小さく、逆に一般散布園では平均的な密度水準は低いが、年次変動が大きいという傾向が認められた。これは防除がキンモンホソガの密度変動に与える一般的な影響を反映したものと考えられ、最近の現地栽培園におけるキンモンホソガの発生情況とも類似している。

考 察

生息環境の異なるリンゴ園でのキンモンホソガ個体数変動曲線並びに生命表から発生動態に係わるいろいろな問題について以下に考察する。

| 生存曲線

卵から成虫羽化までの生存曲線にはいろいろな形がみられ、高い死亡率のみられる発育段階の違いから初期死亡型、中期死亡型、後期死亡型、並びに少死亡型に類別できる。初期死亡型は卵またはSFで高い死亡を生じる場合で、主に硫酸ニコチンの卵・SF期散布、サリチオン又はDDVPのSF期散布などの条件下で起こり、りんご試標準園の1975年の第3世代、1976年第2世代と第3世代および1979年第3世代などで認められる。この外、一般散布園で寄生蜂密度が低い条件下でキンモンホソガの密度が異常に高まり、共食いが多くなった場合にもこの型の生存曲線が考えられるが、今回の調査ではそのような例を確認できなかった。

中期死亡型の生存曲線は一般に密度のあまり高くない放任園や無散布園で認められる。すなわち、寄生蜂の密度が高いためにTFでの死亡率が高く、共食いや殺虫剤による死亡があまりないために卵やSFの死亡が少ない場合にこのような型となる。りんご試無散布園や浅瀬石の放任園ではほとんどがこの型の生存曲線であり、平六では卵、SFの調査がないが、この型を示しているものと推察される。この型は防除圧のかからない自然条件下におけるキンモンホソガの典型的な生存曲線とみなされる。

後期死亡型は越冬世代にみられるもので、特に多雪地帯である津軽地方の越冬世代はほとんどこの型を示し、蛹の高死亡率を伴う。一般に越冬世代ではTFの高死亡率を伴うことが多いので中期死亡型に越冬期の高死亡率が加わった形で起ることが多く、中にはTFの死亡率がごく低い、1972年、1978年のりんご試標準園のような例も含まれる。少死亡型は全発育期間を通じてごくわずか

な死亡しか起らないもので、勾配の緩かな直線状の生存曲線となる。りんご試標準散布園における1974年の第1世代と第2世代、1970年、1978年、1979年の第1世代などにみられた。また、それぞれの型の中間的なものや、2型以上が重なった形でもみられる。伊藤(1959)はいろいろな動物の生存曲線を類別し、種の繁殖戦略との関係を考察した。しかし、これは人為的操作のあまり加わらない自然環境における種の特性として取扱った。しかし、ここで扱ったキンモンホソガから明らかなように同じ種でもおされた生息環境によって生存曲線は変わる。生息環境と生存曲線との関係は害虫管理上極めて重要であり、このような関係を応用した害虫管理技術を検討することが必要である。そのための一つの手法として生息環境並びに生存曲線の数量化による類別が肝要と考える。

II 生命表と死亡要因

環境条件の異なる条件で得られた生命表を比較する場合には平均的な生命表が有効である。無散布園や、放任園での生命表が人為的操縦の加わる以前の自然環境下における生命表に近いとすれば、キンモンホソガはそのような自然環境下ではTFで最も高い死亡を示し、その死亡要因は寄生蜂が主体であるとみなすことができる。また、高密度の場合は共食いが多くなり、越冬期には自然環境が強く作用している。生息環境の違いによる生命表の差は、大きく3つの群に分けることができる。第一は自然環境下に近く寄生蜂の働きが強い例で、りんご試無散布園、浅瀬石放任園、平六粗放園などで認められ、キンモンホソガトビコバチやヒメコバチ類の寄生率が比較的高い。これは、中期死亡型の生命表に対応する。第2は、殺虫剤の強い防除圧を受けた場合で、りんご試標準散布園、畠中一般園などのある世代でみられ、卵やSFの不明死を多く生じ、逆に寄生蜂によるTFの死亡は少く、前期死亡型の生存曲線を示す。第3は、寄生蜂による死亡が少く、また、殺虫剤による防除圧もあまりない場合のもので、世代内の総死亡率が極めて低い、少死亡型の生存曲線に対応する。さらに、越冬世代は雪による圧力、凍結、脱出不能などにより高い死亡率を認めるが、この場合上記の3つの型のいずれかに組み合わされた形とみなすことができる。これは生存曲線では後期死亡型としたものであり、蛹の死亡率が極めて高いことから、生命表では第4群として類別することも可能である。

異なる環境条件から得られた生命表を対比することによって栽培管理、中でも殺虫剤散布がキンモンホソガの生存過程にいかに大きな影響を与えていたかを明確に表わすことができる。すなわち、自然環境下で第1にあげ

た生命表のような生存過程を示していたところへ、各種の病害虫防除のために農薬を散布することにより、寄生蜂は死滅し、第3に示したような生存過程に移行し、異常発生を招く。このため殺虫剤による防除が必要となり、キンモンホソガそのものの防除対策として硫酸ニコチンやサリチオンなどが散布され、その世代では第2に示したような生存過程を示すようになる。しかしそれらの防除薬剤が散布されない世代では第3に示したような生存過程を維持し、このため防除に失敗すると、いつでも多発する状況を現出しているとみなされ、現状の発生実態とよく符号する。

iii 死亡要因の密度依存性

害虫の死亡が密度と依存関係にあるかどうかを明らかにすることは、その個体群動態を解明する上で極めて重要である。このためいろいろな害虫において死亡要因の密度依存性が検討されている(MORRIS 1963, ITŌ et al. 1969, KIRITANI et al. 1970, 志賀1979, SEKITA et al. 1984など)。キンモンホソガの死亡要因では葉内密度と死亡率との関係について検討した例があり、それでは共食いで明らかな密度依存性を認めたが、キンモンホソガトビコバチ, *Sympiesis* sp., 共食いを除いたSFの不明死, TFの不明死では非依存的であった(SEKITA & YAMADA 1979)。ここでは各圃場ごとのキンモンホソガ平均密度とそれぞれの死亡要因における密度依存性を検討した。

この場合、SFの不明死には殺虫剤による死亡や共食いも含まれているため、圃場によっては世代を区別して検討する必要がある。殺菌剤園における第4世代、りんご試無散布園、浅瀬石の無散布園などではSFの死亡率が密度依存的であった。これはいずれも殺虫剤による死亡がないような園地で、かつキンモンホソガが高密度に達する第4世代を中心みられたことから考え、共食いの密度依存性が反映されたものとみなされる。次いで、寄生蜂のうち、ヒメコバチ類の寄生率には密度依存性を認めることができなかったが、キンモンホンガトビコバチは平六において密度依存的傾向がみられた。すなわち、キンモンホソガトビコバチは全世代をこみて、当世代の密度と対比した場合は密度依存的といえなかったが、世代ごとに分けた場合に密度依存的傾向を示す例があった。また、1世代前の寄主密度と寄生率の間に明らかな相関関係が認められた。寄生活動そのものが前世代の密度に依存して変化しているとすれば、キンモンホソガの個体群における密度調節機構と関連して極めて注目される。しかし、この点に関しては前にも述べたように、むしろ寄主の季節的変動様相との関連などが考えられ、今

後の検討を待たなければならない。

次いでTFの不明死についてみると、ほとんどの園では密度依存性を認めなかつたが、平六の粗放園では幾分密度逆依存的傾向を認め、世代別に分けると第1世代と第4世代でそのような傾向が強かった。これは捕食者による捕食率が餌動物の密度によって変る場合の機能的関係に似ているが、捕食者を確認していないこともあり、今後さらに詳しく検討する必要がある。平六で特に密度依存性を示唆するような成績が得られたのは、天敵の活動が比較的多く、山間に孤立しているので、キンモンホソガの移入があまりないなどの条件に恵まれていたためと考えられる。

iv 変動の主要因

野外における昆虫の密度変動要因を分析した例ではMORRIS(1959, 1963)やVARLEY & GRADWELL(1960)のように単純な主要因で説明できる場合もあるが、志賀(1979)のオビカレハの例にみられるように単純で、独立的な要因だけでは説明できないことが少なくない。

キンモンホソガでは生物的要因、気候的要因、栽培的要因が複雑に係り合っている点で、後者の例に近い。しかし、環境条件や栽培条件を一定としたリンゴ園を想定した場合にはある程度変動要因を検討することができる。

密度増減指数の変動が増殖過程と生存過程のいずれかによって完全に説明できるような例は少なく、園地や世代によって、いろいろな事例が認められた。このことはキンモンホソガの動態に係わる要因が園地の環境や栽培条件によって異なることを示唆する。

キンモンホソガの増殖過程の中では成虫の移動分散と成虫の寿命が重要とみなされる。幼虫期に集合生活をするガ類の中には個体の質的な変化、特に密度依存的な体の小形化と産卵能力の減少が変動の主要因となりうる(伊藤1973, 志賀1979)。しかし、キンモンホソガではSFで密度依存的な共食いによる死亡が起るため、幼虫後半の餌不足、個体間干渉などがみられず、個体の質的变化はそれ程重要とは考えられない。

一方、生存過程では生物的要因として、キンモンホソガトビコバチを中心とした寄生性天敵が密度変動の主要因とみなされる例が無散布園や粗放管理園に多く認められた。この事実は寄生蜂の活動が自然条件におけるキンモンホソガの動態の主要因とみなすこともできる。しかし、無散布園や粗放管理園では同時に早期落葉が多く、それによる直接的な死亡が高まる外、残された葉では寄生密度が高まって共食が増加し、さらに寄生蜂密度も寄主に対して相対的に高まる。これらの要因が重なって起きるため、寄生蜂だけでキンモンホソガの全世代の変動を説

明することは困難であり、むしろこのような複数の要因によって変動が支配されていると考えるべきであろう。

一般管理園では殺虫剤による卵とSFの死亡が増殖過程における産卵数の減少と共に極めて重要な変動要因をなしている。しかし、殺虫剤は寄生蜂も同時に殺すため、殺虫剤の影響が少い世代では逆に生存率が高まり、このため密度変動幅が大きくなる。また、数世代にわたって殺虫剤の影響が除かれると極端な場合は葉当り収容力の限界にまで達する(山田ら1970)。このような場合、葉内の種内競争も激しくなり、究極的には種内競争によって個体群を自己調節するとしたNICHOLSON(1954)の理

論を想定できる。キンモンホソガの分散は成虫による機会的なものが主体で、相変異的な現象による移動型は確認されていない。そのため、開放状態であるにもかかわらず、寄主植物のモザイク状分布の元で、寄生蜂による抑制力を欠いた場合、局部的に激しい種内競争による密度調節が起こるものと考えられる。

キンモンホソガの密度変動に係わる重要な気象要因として、越冬期の積雪があり、これは特に積雪の多い地帯で最も大きな季節的変動の要因をなしており、第一世代の密度を極めて低く抑える要因として、動態解析上無視できない。

X 摘

本報はキンモンホソガの密度管理をめざして、青森県における本種の個体群動態を解明しようとしたもので、概略以下のような結果を得た。

i キンモンホソガの増殖能力を評価するため、寿命、藏卵数、産卵曲線などを明らかにした。平均産卵数は越冬世代成虫で30.0個、第1世代成虫で46.9個、第2世代成虫で73.6個、第3世代成虫で62.5個とみなされた。雌成虫の体の大きさと産卵能力との関係はばらつきが大きく、有意な相關関係は認められなかった。越冬世代における性比はほぼ1:1とみなされた。圃場における雌の精包保持数は1個のものが極めて多かったが、中には2個以上の場合もあり、特に9月中旬以降の個体でそのような例が多かった。

ii 青森県内的一般圃場におけるキンモンホソガTF以降の死亡要因は園地、年次、世代により大分異なり、一般防除が行われている場合は寄生蜂による寄生率が低く、全般に生存率が高かった。しかし、粗放な管理をしている園や放任園では各種の寄生蜂がいるためキンモンホソガの生存率は低かった。寄生蜂の種類は5科23種を認め、中でもキンモンホソガトビコバチ、ホソガサムライコマユバチ、*Sympiesis laevifrons*, *Pnigalio* sp., *Achrysocharoides* sp.などが多く認められた。

iii 世代内の初期にあたるSF期と同じ世代の後半にあたる羽化期に圃場から被害葉を抽出して、卵数、潜孔数、死亡要因別死亡数などを調べることによって生命表を作成した。野生植物、粗放園、放任園などにおける単一世代の生命表にはそれぞれの生息環境が反映されていたが、全般にTFの死亡率が高く、世代内総死亡率の高い傾向を認めた。各発育段階別の死亡要因についてその特性を論議した。

iv キンモンホソガは落葉内に蛹で越冬するので越冬期には気象的な要因を主体とした特別な死亡要因が関与

要

していた。すなわち、冬期の死亡率は、積雪量が多く積雪期間の長いほど高くなることが判明した。キンモンホソガの各種寄生蜂は寄主と同じ条件下で越冬するにもかかわらず、寄主よりも高い生存率を示した。

v キンモンホソガを寄主とする各種寄生蜂のうち、*Scambus planatus*, *Sympiesis laevifrons*, *Pnigalio* sp., *Pediobius* sp.の性比は平均で雌がそれぞれ19.9, 46.4, 49.6, 54.5%であり、*Scambus planatus*で明らかに雌の比率が低かった。また、キンモンホソガトビコバチは越冬世代に雌雄の比率がほぼ2:1であった。実験室内で行った成虫の飼育調査による各種寄生蜂の寿命は *Sympiesis laevifrons* の越冬世代が雌21.2日、雄17.4日、*Scambus planatus* の雄は20°Cで約12日、キンモンホソガトビコバチの越冬世代では、雌雄とも平均で2日位、長いもので1週間位であった。

多寄生をする *Achrysocharoides* sp.の寄主当り寄生個体数は1.5個体であった。キンモンホソガトビコバチの順に早く、50%羽化日でみるとこの間約12日の違いがあった。

各種寄生蜂の越冬世代における羽化時期は *Scambus planatus*, *Chrysocaris albeipes*, *Pnigalio* sp., *Sympiesis laevifrons*, *Achrysocharoides* sp.の順に早く、50%羽化日でみるとこの間約12日の違いがあった。

キンモンホソガトビコバチの越冬世代における羽化消長は2峰型を示し、前半の山で羽化したものは寄主の第1世代に、後半の山で羽化したものは寄主の第2世代に寄生が可能と考えられた。このような2峰型は休眠性の異なる個体が混在しているためと考えられ、同一場所でも年次により両者の比率が変わることが明らかとなった。

vi 複数のリンゴ園を含む2.5haの孤立したリンゴ栽培地における全樹を対象に、キンモンホソガの全世代に

ついて密度を調査し、園内分布、園地間分布などを検討した。各世代とも園地間に密度の違いが大きく、これは品種構成、薬剤散布体系などの違いに強く支配されていた。また、分布の実態から密度推定のために必要な抽出法と抽出数を検討した。

一般園においてキンモンホソガの密度を推定するに当たり、抽出単位を新梢、結果枝などにした場合の分布集中度と、必要抽出数を求め、葉や果を抽出した場合との関係を明らかにした。

越冬期の前後における地表面での落葉、キンモンホソガ、各種寄生蜂などの分布実態を平均と平均こみあい度の関係から検討し、必要抽出数を求めた。この際、桿の大きさや樹上密度との関係についても検討を加えた。

vii 園場に設置した粘着トラップにキンモンホソガの成虫がよく付着した。トラップの形は越冬世代で地表近くに30×30cmのベニヤ板を垂直に立てたトラップによく付着し、その他の世代では、ハマキムシフェロモン用のトラップを樹冠内につるしたものへよく付着し、それぞれの発生消長を把握することができた。薬剤散布を行っていない園、又は世代ではトラップへの付着虫数と葉当たり密度、或いは枝当たり密度との間に高い相関関係があった。

viii りんご試の標準園、殺菌剤園、無散布園の3園、現地の無散布の1園、粗放管理の1園、同じく一般管理の1園において、4年間から10年間にわたってキンモンホソガの発生動態の調査を行い、以下のようなことが判った。

(i) 上記の園における葉当たり潜孔密度と標準偏差を比較したところ、防除を行っている園は一般に低い密度水準だが変動幅が大きく、無散布園や殺菌剤だけ散布しているところは高い平均密度で変動幅が小さい傾向を示した。

(ii) 卵から成虫羽化までの生存曲線を初期死亡型、中期死亡型、後期死亡型並びに少死亡型に区分すると、

標準園や一般管理園では初期死亡型、又は少死亡型に属し、無散布園や粗放管理園では中期死亡型に属した。また、後期死亡型はすべての園の越冬世代で認められた。この際、各発育段階における死亡要因をみると、初期死亡型では卵やSFの不明死が多く、中期死亡型では寄生蜂によるTFの死亡率が高かった。これに対し、後期死亡型は越冬期における蛹の不明死が特に多かった。

(iii) 各種死亡要因のうちキンモンホソガの密度との間に明らかな依存関係を認めたのはSFの不明で、これには共食いが関与しているとみなされた。また、山間地の孤立した粗放園においてTF不明死率が密度逆依存的傾向を示したが、これは捕食者による反応と考えられた。

キンモンホソガトビコバチの寄生率は、孤立した粗放管理園で当世代の寄主密度に対しては依存関係を認めないが、1世代前の寄主密度との間に相関関係が認められた。その原因として寄主密度の季節変動が考えられる。

(iv) キンモンホソガ密度増減指数の変動は一般に生存過程よりも増殖過程に依存する傾向が強かった。しかし、園地や世代によっては生存過程も重要であり、特に越冬世代では越冬期の生存率も重要であった。

(v) 世代内の生存率の変動はTFの生存率の変動に依存している例が最も多かったが、SFや越冬期の生存率に依存する例もあった。

(vi) りんご試の管理の異なる3園において、世代内生存率の違いに対して重要な要因は、無散布園と殺菌剤園の比較では、第1～3世代の場合ほぼキンモンホソガトビコバチの寄生率の差が重要であり、第4世代では越冬期における生存率が重要であった。また、無散布園と標準園の比較では第1～3世代の場合キンモンホソガトビコバチとSFの不明死、第4世代ではさらに越冬期の生存率が重要であった。殺菌剤散布園と標準管理園の比較では、ほぼSFの不明死が重要であり、越冬期の生存率も重要とみなされた。

引用文 献

- 青森県りんご課（1984）昭和56年りんご指導要項。
- 青森県りんご試験場（1981）青森県りんご試験場50年史。
- BALÁZS, K. (1984) Parasitization of *Lithocolletts blancardella* F. in apple stands of different management types. Növényvédelem, 20: 9-16.
- BORDEN, A. D., W. H. LANGE and H. F. MADSEN (1953) A spotted tentiform leaf miner outbreak in California orchards. J. Econ. Ent., 46: 519.
- BRIONI, D. G. (1960) Ricerche su quattro specie di Micro lepidotteri minatori delle foglie di Melo. Boll. Ist. Ent. Univ., 24: 239-269.

6. CELLI, D. G. (1964) Contributi allo studio degli imenotteri parassiti di insetti minatori. III. Notizie su alcuni parassiti ed iperparassiti di insetti minatori delle foglie di pioppo, di platano, e de ciliegio. *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 24 : 271-279.
7. CELLI, G (1970) Contributii allo studio degli imenotteri parassiti di insetti minatori. V. Indagine preliminare sulle possibilta di attuazione di un metodo di lotta fondato sul rispetto e la valorizzazione degli entomofagi di due minatori del melo. *Boll. Ist. Ent. Univ. Bologna*, 29 : 167-314.
8. DIMIC, N. (1984) Studies of the food-plants of apple leaf-miner, *Lithocolletis blancardella* F. and results of experimental work. *Rad. Poljop. Fak. Univ. Sarajevo* 32 (36) : 63-72.
9. DUTCHER, J.D. and A.J. HOWITT (1978) Bionomics and control *Lithocolletis blancardella* in Michigan. *J. Econ. Ent.*, 71 : 736-738.
10. 藤家梓 (1978 a) ナシチビガ個体群の生態学的研究. I. 第1, 2世代の生命表. *昆虫*, 46(3) : 485-497.
11. 藤家梓 (1978 b) ナシチビガ個体群の生態学的研究. II. 発生消長とその解析. *千葉農試報*, 19 : 77-82.
12. 藤家梓 (1979) ナシチビガ個体群の生態学的研究. IV. 慣行防除園における第3・4世代の生命表. *応動昆*, 23 (3) : 156-161.
13. FUJIIE, A. (1980) Ecological studies on the population of the pear leafminer, *Bucculatrix pyrivorella* KUROKO (Lepidoptera : Lyonetiidae). III. Fecundity fluctuation from generation to generation within a year. *Appl. Ent. Zool.*, 15 (1) : 1-9.
14. FUJIIE, A. (1984) Ecological studies on the population of the pear leaf miner, *Bucculatrix pyrivorella* KUROKO (Lepidoptera : Lyonetiidae). *千葉農試特報*, 13 : 1-55.
15. 福田仁郎 (1961) 果樹害虫編, 養賢堂.
16. 石橋嘉一 (1980) ミカンハダニの個体群動態に関する研究. *静岡柑橘試特報*, 4 : 1-56.
17. HAGLEY, E.A.C. (1985) Parasites recovered from the overwintering generation of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blancardella* (Lepidoptera : Gracillariidae) in pestmanagement apple orchards in southern Ontario. *Can. Ent.*, 117 (3) : 371-374.
18. HAGLEY, E.A., C.D.G. PREE, C.M. SIMPSON, and A. HIKICHI (1981) Toxicity of insecticides to parasites of the spotted tentiform leafminer (Lepidoptera : Gracillariidae). *Can. Ent.*, 113 : 889-906.
19. HERBERT, H.J. and K.B. MCROE (1983) Effect of temperature on the emergence of overwintering *Phyllonorycter blancardella* and its parasite *Apanthes ornigis* in Nova Scotia. *Can. Ent.*, 115 (9) : 1203-1208.
20. 広瀬健吉 (1960) 最近のリンゴ園害虫相の変化について (長野県のリンゴ害虫とその防除に関する研究Ⅰ). *長野園試報*, 2 : 21-43.
21. 広瀬健吉 (1961 a) キンモンホソガの生態と防除に関する研究. 長野県のりんご害虫とその防除に関する研究Ⅲ. *長野園試報*, 3 : 51-65.
22. 広瀬健吉 (1961 b) 長野県北部地方のキンモンホソガの異常発生と防除. *植物防疫*, 15 (10) : 443-446.
23. 池本孝哉 (1972) ミカンハモグリガ個体群の動態. とくに分布構造の面から. *応動昆*, 16 : 127-138.
24. 池尻周二, 吉安裕, 笹川満廣 (1982) アヤメキバガ (*Monochroa* sp.) の生活史. *応動昆*, 26 (4) : 266-272.
25. 一色周知 (1977) 原色日本蛾類図鑑 (改訂新版). 保育社.
26. 伊藤嘉昭 (1952) アブラムシ数種の増殖型式, 特に棲息密度と移動との関係について. 個体群生態学の研究, 1 : 36-48.
27. 伊藤嘉昭 (1959) 比較生態学. 岩波書店.
28. 伊藤嘉昭 (1973) 密度効果とこみあい効果. *生物科学*, 25 : 134-143.
29. 伊藤嘉昭・桐谷圭治 (1971) 動物の数は何できるか. (NHKブックス 133). 日本放送出版協会.
30. 伊藤嘉昭・村井実 (1977) 動物生態学研究法 (上). 古今書院.

31. ITŌ, Y., A. SHIBAZAKI and O. IWASHI (1969) Biology of *Hyphantria cunea* DRURY (Lepidoptera : Arctiidae) in Japan. IX. Population dynamics. Res. Popul. Ecol., 11 : 211-228.
32. ITŌ, Y., A. SHIBAZAKI and O. IWASHI (1970) Biology of *Hyphantria cunea* DRURY (Lepidoptera : Arctiidae) in Japan. XI. Results of road survey. Appl. Ent. Zool. 5 : 133-144.
33. ITŌ, Y., A. TAKAI, K. MIYASHITA and K. NAKAMURA (1963) Estimation of density, survival rate and dilution rate of *Mecostethus magioter* (Orthoptera : Acrididae) population by the mark and recapture method. Res. Popul. Ecol., 5 : 51-64.
34. IWAQ, S. (1968) A new regression method for analyzing the aggregation pattern in animal populations. Res. Popul. Ecol., 10 : 1-20.
35. 岩 (1971) 生命表 3, 4. 植物防疫, 25 : 379-385, 25 : 497-501.
36. IWAQ, S. and E. KUNO (1971) An approach to the analysis of aggregation pattern in biological population. Statistical Ecology, 1 : 461-513.
37. IWAQ, S. and W. G. WELLINGTON (1970) The western tent caterpillar ; qualitative differences and the action of natural enemies. Res. Popul. Ecol., 12 : 81-99.
38. JOHNSON, E. F., R. TROTTIER and J. E. LAING (1979) Degree-day relationships to the development of *Lithocolletis blancardella* and its parasite, *Apanteles ornigis*. Can. Ent., 111 (10) : 1177-1184.
39. KADLUBOWSKI, W. (1984) The parasite complex of the leaf-miner *Lithocolletis blancardella* (F.) in western Poland. Polskie pismo Entomologiczne, 51 (4) : 493-499.
40. KAMIJO, K. (1978) Chalcidoid parasites (Hymenoptera) of Agromyzidae in Japan, with description of a new species. Kontyū, 46 : 455-469.
41. 稲見悼一・桐谷圭治・下畠次夫・安田弘之・都築仁・浅山香 (1984) イネミズゾウムシの個体群動態と平衡密度. 応動昆, 28 (4) : 274-281.
42. 川嶋浩三・山田雅輝 (1982) 同一圃場に発生したキンモンホソガとギンモンハモグリガにおけるヒメコバチ科寄生蜂の世代別種構成. 応動昆講演要旨.
43. KIRITANI, K. and H. HOKYO (1963) Studies on the life table of the southern green sting bug *Nezara viridula*. Jap. J. Appl. Ent. Zool., 6 : 124-140.
44. KIRITANI, K., H. HOKYO, T. SASABA and F. NAKASUJI (1970) Studies on population dynamics of the green rice planthopper, *Nephrotettix cincticeps* UHLER: Regulatory mechanism of the population density. Res. Popul. Ecol., 12 : 137-153.
45. KREMER, F. W. (1963) Major leaf miner species occurring in the south tirolean fruit-farming region and their control. Pflanzenschutznachrichten "Bayer", 16 (1) : 1-16.
46. KUMATA, T. (1963) Taxonomic studies on the Lithocolletinae of Japan (Lepidoptera : Gracillariidae). Insecta Matsumurana, 26 : 69-88.
47. KUMATA, T., H. KUROKO, K. T. PARK (1983) Some Korean species of the subfamily Lithocolletinae (Gracillariidal, Lepidoptera). Korean J. Plant Prot., 22 (3) : 213-227.
48. 久野英二 (1968) 水田における稻ウンカ, ヨコバイ類の個体群の変動に関する研究. 九州農試果報, 14 : 131-246.
49. KUNO, E. (1971) Sampling error as a misleading artifact in "key factor analysis". Res. Popul. Ecol., 13 : 28-45.
50. KUNO, E. and N. HOKYO (1970) Comparative analysis of the population dynamics of rice leaf-hoppers, *Nephrotettix cincticeps* UHLER and *Nilaparvata lugens* STAL, with special reference to natural regulation of their numbers. Res. Popul. Ecol., 11 : 127-136.
51. 黒子浩 (1975) ホソガ科原色日本蛾類幼虫図鑑(下). : 139-144. 保育社.
52. MACPHEE, A. W. (1964) Cold-hardiness, habitat and winter survival of some orchard arthropods in Nova Scotia. Can. Ent., 96 (4) : 617-625.

53. MAC PHEE, A. W. (1964) Parasitism of the apple blotch leafminer, *Phyllonorycter crataegella*, on sprayed and unsprayed apple trees in Connecticut. Environ. Entomol., 11 (3) : 603—610.
54. MAIER, C. T. (1982) Effect of the apple blotch leafminer (Lepi: Gracillariidae) on apple leaf abscission. J. Econ. Entomol., 76 (6) : 1265—1268.
55. MAIER, C. T. (1984) Abundance and phenology of parasitoids of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blanchardella* (Lep: Gracillariidae), in Connecticut. Can. Ent., 116 : 443—449.
56. 三上敏弘 (1977) 青森県の気象、異常気象とりんご栽培。園芸会技術シリーズ, 8 : 28—36.
57. 宮下和喜・伊藤嘉昭・後藤昭 (1956) モンシロチョウの卵および幼虫個体群の消長とそれに影響する2, 3の因子について。応用昆虫, 12 : 50—55.
58. MOMOI, S., H. SUGAWARA, and K. HONMA (1978). Ichneumonid and Braconid parasites of lepidopterous leaf-rollers of economic importance in horticulture and tree-culture (Hymenoptera). JIBP. Synthesis, 7 : 46—60.
59. 森下正明 (1950) ヒメアメンボの生息密度と移動。動物集団についての観察と考察。京大生理生態学業績, 65 : 1—149.
60. MORRIS, R. F. (1959) Single-factor analysis in population dynamics. Ecology, 40 : 580—588.
61. MORRIS, R. F. (1963) Predictive equations based on key-factor. Mem. Entomol. Soc. Canada, 32 : 16—21.
62. MORRIS, R. F. (1963) The dynamics of epidemic spruce budworm populations. Mem. Entomol. Soc. Canada, 31 : 1—332.
63. 望月武雄・千葉滋男・花田慧・斎藤寛 (1975) 農薬の散布によって重金属類の蓄積したりんご園土壤の動物生態学的研究。第一報 青森県津軽地方のリンゴ園土壤中の銅, 鉛, ヒ素含量と大形土壤動物相について。土肥誌, 46 (2) : 45—50.
64. 棟方哲三 (1913) 果樹を害するMicro-lepidopteraに就て。昆虫世界, 18 (1981) : 80—82.
65. 中村和雄 (1980) 性フェロモントラップによる害虫の発生予察。植物防疫, 34 : 223—228.
66. 成瀬博行 (1978) モモハモグリガの生態と防除。植物防疫, 32 : 475—479.
67. 根本久・桐谷圭治・小野久和 (1984) メゾミル処理によるコナガの内的自然増加率の増大。応動昆, 28 (3) : 150—155.
68. NICHOLSON, A. J. (1954) An outline of the dynamics of animal population. Aust. J. Zool., 2 : 9—65.
69. 西谷順一郎 (1916) 苹果の潜葉虫に就て。昆虫世界, 20 (231) : 457—459.
70. 野口浩 (1981) チャノコカクモンハマキの交尾回数と産卵量および化率。応動昆, 25 (4) : 259—264.
71. 長田勝・伊藤嘉昭 (1974) 神縄県に侵入したモンシロチョウ個体群動態 1. 冬世代および春世代。応動昆, 18 : 65—72.
72. 大竹昭郎 (1971) MORRISの方法に否定的見解。St. AMANTらの論文紹介。個体群生態学会々報, 20 : 17—19.
73. 大竹昭郎 (1985) 果樹害虫の分布と発生調査への性フェロモンの利用。
74. 小山信行・山田雅輝 (1975a) 薬剤散布管理の異なるリンゴ園における地表昆虫相の違い。北日本病虫研報, 26 : 88.
75. 小山信行・山田雅輝 (1975b) リンゴ園の地表トラップによる昆虫及びクモの消長とゴミムシの薬剤感受性。東北農業研究, 17 : 233—236.
76. 小山信行・山田雅輝 (1979) リンゴ園地表の動物相。第一報。落込み式トラップで得られた動物。北日本病虫研報, 30 : 107.
77. 小山信行・山田雅輝 (1980) リンゴ園地表の動物相。第2報。落込み式トラップで得られたゴミムシ類。北日本病虫研報, 30 : 144—146.
78. PARK, K. T. (1975) Notes on the nomenclature of some micro lepidoptera in Korea. I. Kor. J. Pl. Prot., 41 : 227—231.
79. PECK, O., Z. BOUCEK and A. HUFFER (1964) Keys to the Chalcidoidea of Czechoslovakia.

- Mem. Ent. Soc. Can., 34 : 1—120
80. PETROVA, U. K. (1970) Two species of moths (Lep., Lithocolletidae, Bucculatricidae) that mine the leaves of apple trees in Alma Ata fruit-growing zone. Entomolsgicheskoe Obozrenie, 49 (3) : 672—677.
 81. PIELOU, E. C. (1974) Population and Community Ecology. Principles and Methods.
 82. POTTINGER, R. P. and E. G. LE ROUX (1971) The biology and dynamics of *Lithocolletis blancardella* (Lepid. ; Gracillariidae) on apple in Quebec. Mem. Entomol. Soc. Can., 77 : 437.
 83. PREE, D. J., E. A. C. HAGLEY, C. M. SIMPSON and H. HIKICHI (1980) Resistance of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blancardella* (Lepidop ; Gracillariidae) to organophosphorus insecticides in southern Ontario. Can. Ent., 112 : 469—474.
 84. RAW, F. (1962) Studies of earthworm population in orchards. 1. Leaf burial in apple orchards. Ann. Appl. Biol., 50 : 389—404.
 85. SAITO, Y. and H. Mori (1981) Parameter related to potential rate of population increase of three predacious mites in Japan. Appl. Ent. Zool., 16 (1) : 45—47.
 86. SEKITA, N. and M. YAMADA (1973) Applicability of a new sequential sampling method in the field population surveys. Appl. Ent. Zool., 8 (1) : 8~17
 87. 関田徳雄・山田雅輝 (1978) リンゴに寄生する二種のハモグリガの生態の比較. 応動昆講演要旨.
 88. SEKITA, N. and M. YAMADA (1979) Studies on the population of the apple leaf miner *Phyllonorycter ringoniella* MATSUMURA (Lep : Lithocolletidae) III. Some analyses of the mortality factors operating upon the population. Appl. Ent. Zool., 14 (2) : 137—148.
 89. SEKITA, N., K. KAWASHIMA, H. AIZU, S. SHIRASAKI, and M. YAMADA (1984) A short term control of *Adoxophyes orana fasciata* (Lepidoptera:Tortricidae) by a granulosis virus in apple orchards. Appl. Ent. Zool., 19 (4) : 498—508.
 90. 志賀正和 (1970) アブラムシ類の個体群動態. 植物防疫, 24 : 87—94.
 91. 志賀正和 (1979) オビカレ個体群の動態に関する研究. 果樹試報, A 6 : 59—168.
 92. SOUTHWOOD, T. R. E. (1966) Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations. Methuen, London.
 93. SOUTHWOOD, T. R. E. and JEPSON, W. F. (1962) Studies on the populations of *Oscinella frit* L. (Dipt chloropidae) in the oat crop. J. Anim. Ecol., 31 : 481—495.
 94. STULTZ, H. T. (1964) *Lithocolletis blancardella* FABRICIUS (Lepi.; Gracillariidae) on apple in eastern North America with notes on other species on oeccurring rosaceae. Can. Ent., 96 : 1442—1449.
 95. 菅原寛夫 (1969) リンゴ害虫防除—キンモンホソガとバダンに関連して—. 主要害虫の発生と薬剤防除の新動向 : 120—125.
 96. 菅原寛夫・本間健平・氏家武・降幡広一 (1963) リンゴ園とその近接無散布樹における害虫相の比較. 北日本病害虫研究会年報, 14 : 101—102.
 97. 菅原寛夫・山田峻一 (1971) 原色果樹の病害虫診断. 農山漁村文化協会.
 98. 杉江元・玉木佳男・川崎健次郎・若公正義・奥俊夫・氏家武・平野千里・堀池道郎・本間健平 (1985) キンモンホソガの性フェロモン：構造決定. 応動昆講演要旨.
 99. 高橋佑治・成田弘 (1963) キンモンホソガに関する研究. I. 天敵 *Copidosoma* sp. について. 北日本病虫研報, 14 : 100—101.
 100. 高橋佑治・成田弘 (1964) キンモンホソガに関する研究. II. 加害様相について. 北日本病虫研報, 15 : 116—117.
 101. 高橋佑治・成田弘 (1965) 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. 北日本病虫研報, 16 : 80—81.
 102. 高橋佑治・成田弘 (1967) キンモンホソガに関する研究. IV. 防除薬剤について. 北日本病虫研報, 18 :

- 111.
103. 立川哲三郎 (1966) リンゴ害虫キンモンホソガの有力天敵. 農及園, 41 : 363-365.
 104. 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.
 105. TRIMBLE, R. M. (1983) Diapause termination and the thermal requirements for postdiapause development in six Ontario populations of the spotted tentiform leafminer, *Phyllonorycter blancardella* (Lep., Grac.). Can. Ent., 115 : 387-392.
 106. TRIMBLE, R. M. (1984) Effect of carbohydrate on the fecundity of the spotted tentiform leaf-miner, *Phyllonorycter blancardella* (Lepidoptera : Gracillariidae). Can. Ent., 116 : 1433-1435.
 107. 津川力 (1961) リンゴの主要害虫. りんご栽培全編 (木村甚弥編) : 729-812, 養賢堂.
 108. 津川力・山田雅輝・小山信行 (1969) キンモンホソガ発生に関与する2, 3の栽培要因. 応動昆大会講演要旨 : 39.
 109. 津川力・山田雅輝・小山信行 (1970) キンモンホソガならびにトビコバチの休眠終了期とこれらの寄生関係. 東北農業研究, 11 : 273-274.
 110. 津川力・山田雅輝・白崎将瑛・小山信行・閔田徳雄 (1966a) 各種殺虫剤のキンモンホソガに対する効果について. 北日本病虫研報, 17 : 133.
 111. 津川力・山田雅輝・白崎将瑛・小山信行・閔田徳雄 (1966b) キンモンホソガの天敵 *Holcothorax testaceipes* RATZEBURG の第1回羽化時期について. 応動昆講演要旨.
 112. 津川力・山田雅輝・白崎将瑛・小山信行・閔田徳雄 (1967) 越冬世代キンモンホソガに対する各種生寄生蜂の寄生率. 北日本病虫研報, 18 : 112.
 113. 津川力・山田雅輝・白崎将瑛・小山信行・閔田徳雄 (1968a) 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異とその成因について. 北日本病虫研報, 19 : 83.
 114. 津川力・山田雅輝・小山信行・白崎将瑛・閔田徳雄 (1968b) キンモンホソガ第1世代幼虫の花葉そうにおける分布. 応動昆講演要旨.
 115. 氏家武 (1966) 粘着板によるキンモンホソガ第1化期成虫の捕獲. 東北昆虫, 4 : 3.
 116. 氏家武 (1969) リンゴのキンモンホソガ防除上の問題点. 植物防疫, 23 (3) : 120-123.
 117. 氏家武 (1970) キンモンホソガ蛹の特徴ならびにその大きさの季節変異. 応動昆, 14 (3) : 146-149.
 118. 氏家武 (1972) キンモンホソガの配偶行動. 応動昆, 16 (4) : 175-179.
 119. 氏家武 (1973) キンモンホソガの生態と防除. 植物防疫, 27 (5) : 185-190.
 120. 氏家武 (1976a) キンモンホソガの寄生性昆虫に関する研究. 果樹試報, C 3 : 51-77.
 121. 氏家武 (1976b) キンモンホソガ幼虫の齢数について. 果樹試報, C 3 : 79-85.
 122. 氏家武 (1978) リンゴを加害する *Phyllonorycter sorbicala* KUMATA (Lep., Gracillariidae) について. 果樹試報, C 5 : 39-51.
 123. 氏家武 (1980) わが国各地方におけるキンモンホソガが越冬世代に対する寄生蜂の種類. 果樹試報, C 7 : 117-151.
 124. 氏家武 (1982) 日本におけるキンモンホソガの生態. 植物防疫, 36 (11) : 505-509.
 125. 氏家武 (1983a) キンモンホソガの休眠に関する研究. 1, 斎岡個体群の休眠誘起に対する光周反応. 応動昆, 27 (2) : 117-123.
 126. 氏家武 (1983b) キンモンホソガの発育零点および発育有効積昇温量. 果樹試報, C 10 : 81-97.
 127. 氏家武・菅原寛夫 (1967) リンゴ園の害虫相に関する研究. 第一報 新植園における害虫相の実態と変化. 園試報, C 5 : 21-45.
 128. 氏家武・若公正義 (1970) キンモンホソガトビコバチ成虫に対する数種農薬. 北日本病虫研報, 21 : 16-20.
 129. 梅谷献二・於保信彦・岸国平 (1976) 原色果樹の病害虫防除. 家の光協会.
 130. van DRIESCHE, R.G. and G. TAUB (1983) Impact of parasitoids on *Phyllonorycter* leafminers infesting apple in Massachusetts. USA Prot. Ecol., 5 (4) : 303-317.
 131. van FRANKENHUYSEN, A. (1983) On the biology and control of the apple leaf miner, *Phyllonorycter blancardella* F. (Lep., Gracillariidae). Anzeiger für Schadlingskunde Pflaz. Um-

- weltschutz, 56 (8) : 149—153.
132. VARLEY, G.C. and G.R.GRADWELL (1960) Key factors in population studies. J. Anim. Ecol., 29 : 399—501.
133. VARLEY, G.C. and G.R.GRADWELL (1970) Recent advances in insect population dynamics. Ann. Rev. Ent., 15 : 1—24.
134. VERESHCHAGINA, V. (1966) Mining moths in orchards in Moldavia. Zashch. Rast., 56 (8) : 464—465.
135. 若松正義・奥俊夫・氏家武・本間健平・杉江元・玉木佳男・平野千里・堀地道郎 (1985) 性フェロモンによるキンモンホソガの誘引. 応動昆講演要旨.
136. WALDBAUER, G. P. and J. G. STERNBURG (1973) Polymorphic termination of diapause by Cecropia: genetic and geographical aspects. Biol. Bull., 145 : 627—641
137. WEIRES, R.W., D.R.DAVIS, J.R.LUPER, and W.H.REISSIG (1980) Distribution and parasitism of gracilariiid leafminer on apple in the Northeast. Ann. Entomol. Soc. Am., 73 : 541—546.
138. WERNER, R. A. (1978) Overwinter survival of spear-marked black moth, *Pheumaptera hastata* (Lepidoptera: Glametridae) pupae in interior Alaska. Can. Ent., 110 : 877—882.
139. 山田雅輝 (1974) りんごの病害虫. 果樹の病害虫. 農村漁村文化協会.
140. 山田雅輝 (1979) 原色りんご病害虫図説—害虫編・天敵編一. 青森県りんご協会.
141. 山田雅輝 (1984) 主要りんご害虫と防除. 新編 リンゴ栽培技術(津川力編) : 303—354. 養賢堂.
142. 山田雅輝 (1986) キンモンホソガ. 果樹の病害虫診断と防除. (山口昭・大竹昭郎編) 224—226. 全国農村教育協会.
143. 山田雅輝・川嶋浩三 (1983) キンモンホソガに対する2, 3殺虫剤の選択的効果. 北日本病虫研報, 34 : 55—58.
144. 山田雅輝・川嶋浩三・関田徳雄 (1977) 農薬の散布園と無散布園におけるキンモンホソガの生命表の比較. 北日本病虫研報, 28 : 110.
145. 山田雅輝・小山信行 (1974) キンモンホソガの樹上における生命表. 北日本病虫研報, 25 : 78.
146. 山田雅輝・小山信行・関田徳雄 (1972) キンモンホソガの個体群に関する研究. 1. リンゴ樹内におけるmineの分布. 青森りんご試報, 17 : 1~17.
147. 山田雅輝・小山信行・関田徳雄・白崎将瑛・津川力 (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. 青森りんご試報, 14 : 1—28.
148. 山田雅輝・関田徳雄・小山信行 (1971) キンモンホソガの個体群に関する研究. 1. 逐次抽出法による園内密度の推定. 応動昆, 15 (4) : 248—258.
149. 山田偉雄・川崎健次 (1983) コナガの発育, 産卵および増殖に及ぼす温湿度の影響. 応動昆, 27 (1) : 17—21.

Studies on the Biology and the Population Dynamics
of the Apple Leaf Miner *Phyllonorycter nigroniella*
MATSUMURA (Lepidoptera : Gracillariidae)

Masateru YAMADA, Norio SEKITA, Nobuyuki OYAMA*,
Kōzō KAWASHIMA and Shōei SHIRASAKI
Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, Japan
(* Present address ; Tsugaru Plant Protection
Office, Kuroishi, Aomori 036-03)

Summary

This study was performed in order to obtain fundamental knowledge for pest management.

1. Survival rate of the adults and the daily oviposition were assessed to appraise the potential for reproduction. The average number of eggs produced per female was 46.9, 73.6, 65.2 and 30.0, respectively, in the first, second, third and fourth generations. The relationship between size of a female and fecundity was not significant. The sex ratio was almost unity. Although some females had two spermatophores in their spermatheca and such females increased after the middle of September, the majority had only one spermatophore, which suggested that a female usually mates only once during its lifespan.

2. Mortalities at and after the tissue-feeding stage varied greatly according to methods of culture, years and generations. In orchards where pesticides were sprayed intensively, the mortalities were low since the parasitoid complex was poor. In extensively managed orchards and neglected orchards, the parasitoid complex was rich and mortalities of the leafminer were high. Twenty-three species of parasitoids belonging to 5 families were recorded during the course of this study. Common species were *Holcothorax testaceipes*, *Apanteles kuwayamai*, *Sympiesis laevifrons*, *Pnigalio* sp. and *Achrisochrooides* sp..

3. In order to compare life tables of populations from different habitats, infested leaves were sampled at the sap-feeding stage and adult stage from wild host plants, neglected orchards and extensively managed orchards. The mines were dissected under the binocular microscope and the number of dead individuals were noted for each mortality factor. Although the life tables thus obtained differed according to the type of habitat, mortality at the tissue-feeding stage as well as overall mortality was generally high in these populations.

4. Since the leaf miner passes the winter as a pupa in the fallen leaves under the snow, mortality factors during the winter were different from those operating on the pupae of the summer generations. Important factors were freezing, snow pressure and drowning. Pupal mortality was higher in winter than in the summer generations and it was proportional to the duration of snow cover. In spite of the fact that parasitoids pass the winter under the same condition as their host, their winter mortalities were lower than that of the host.

5. The proportion of females was lowest in *Scambus planatus* (20%) and highest in *Holcothorax testaceipes* (75%). In *Sympiesis laevifrons*, *Pnigalio* sp. and *Pediobius* sp., the sex ratios were almost unity. Adult longevity of the overwintering generation averaged 21.2 and 17.4 days, respectively, for females and males of *Sympiesis laevifrons*. For males of *Scambus planatus*, it was 12 days at 20°C. For *Holcothorax testaceipes*, the longevity averaged about 2 days with a

maximum of one week, irrespective of the sex of the adult. The number of offspring that emerged from a host was 1.5 on average for *Achrysocharoides* sp. and 11 to 12 for *Holcothorax testaceipes* depending on the generations. *Scambus planatus* was the earliest to emerge after hibernation, and was followed by *Chrysocaris albipes*, *Pnigalius* sp., *Sympiesis laevifrons* and *Achrysocharoides* sp. in that order. The span between the dates of 50% adult emergence of the earliest and latest species was about 12 days.

For *Holcothorax testaceipes*, the adult emergence curve was bimodal for the hibernating generation. The first group of adults to emerge was considered to parasitize eggs of the first generation of the host and the second group the next host generation. The size of the two groups varied according to location as well as years. Circumstantial evidence suggested that the bimodality of emergence is determined genetically through different intensities in their diapause.

6. In an area of about 2.5 ha which is composed of several apple orchards and is surrounded by paddy fields in all directions and thus isolated from other apple orchards, a fixed number of leaves were sampled from all the trees during each generation. Since the orchards varied in the composition of cultivars as well as in the spray system, the densities differed greatly from orchard to orchard. Analyzing the relationships between the mean and variance, a sampling scheme for this area was developed as well as one for an orchard level.

At various orchards throughout this prefecture, populations were sampled using different kind of sampling units. Analyzing the relationships between the mean and variance, sampling schemes, which assured a precision within a predetermined level, were obtained for each sampling unit. Empirical equations which converted the density of a sampling unit to the density of another sampling unit were also obtained.

The distributions of fallen leaves, pupae of the leaf miner and parasitoids on the soil surface were examined before and after the winter. Based on these results, sampling schemes for a predetermined level of precision were developed.

7. Sticky traps were tested to monitor the flight activities of the moth. In the hibernating generation, more moths were trapped when a sticky plate was set close to the soil surface, while in the summer generations a plate hung in a tree canopy at a height of about 1.5 m trapped more moths. Among several kinds of traps, a sticky plate set vertically was effective in the overwintering generation, while in the summer generations a sticky trap for leaf rollers, developed by Takeda Chemical Industries, but without a pheromone was effective. In the orchards or generations which received no pesticide applications, the number of trapped moths was proportional to the density of the immature stages.

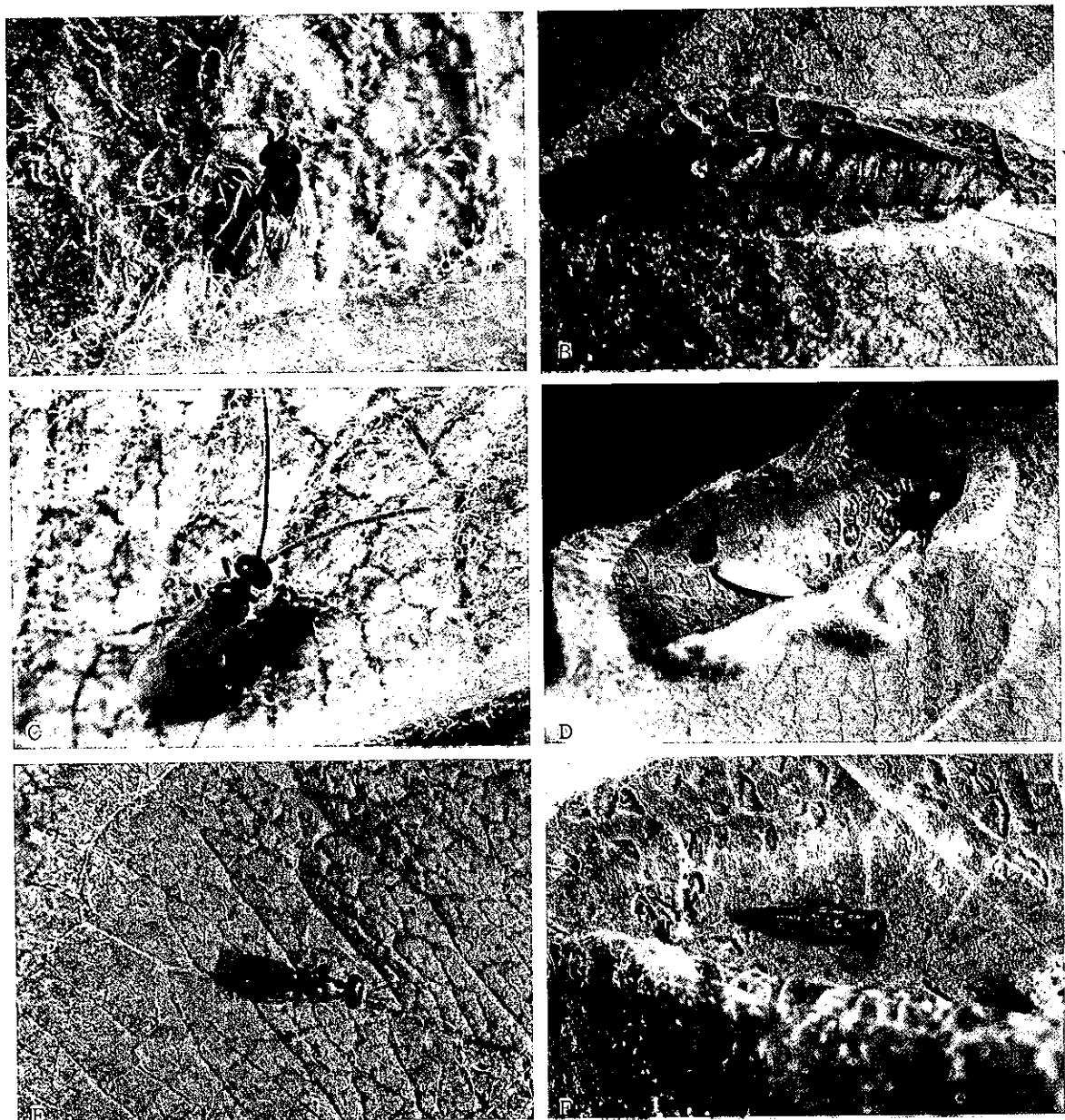
8. The population dynamics of *P. ringoniella* were studied for 4 to 10 years at 6 orchards under different cultural conditions. Insecticide-sprayed populations fluctuated with a large amplitude at low levels, while the populations which were not treated with any pesticide or treated only with fungicides were very stable at high levels. In the former populations, relatively high mortality occurred at the egg and sap-feeding stages but overall mortality from the egg to adult stages was low. In the latter, high mortality due to parasitoids occurred at the tissue-feeding stage. Irrespective of the cultural conditions, pupal mortality was negligible in the summer generations but it was extremely high in the hibernating generation.

Mortality at the sap-feeding stage was dependent on the density, which was possibly due to cannibalism among individuals within a leaf. At one orchard which was isolated in a mountainous and was poorly managed mortality from unknown causes at the tissue-feeding stage showed a tendency to be inversely related to density. Although the true cause of this mortality, which was listed as unknown, was not clarified, it was probable that predators were responsible for it in this particular orchard.

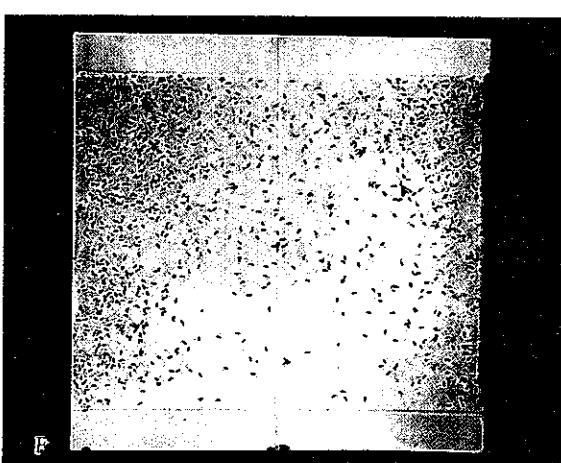
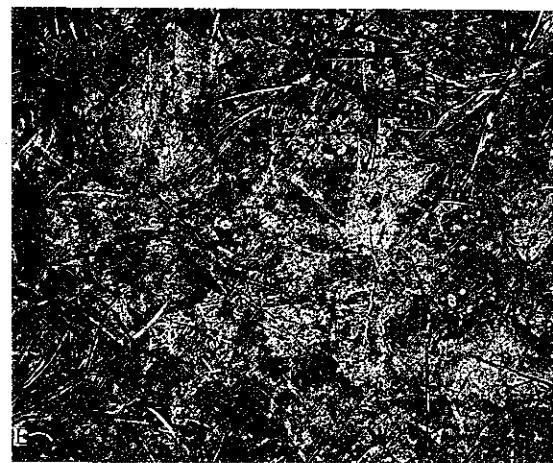
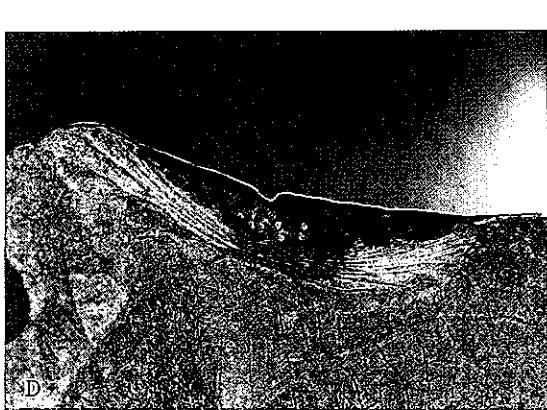
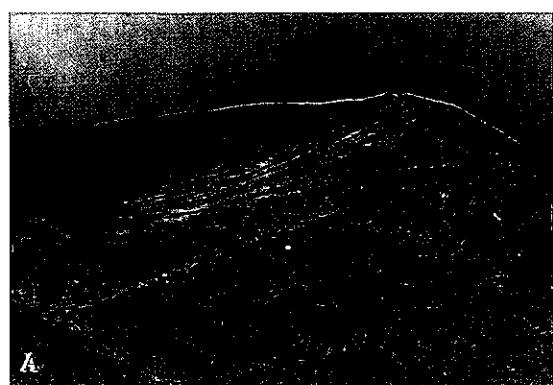
Yearly fluctuations in the population trend indices were explained better by reproductive processes than by survival processes in many cases. In some cases, however, especially in the hibernating generation, survival was more important.

Overall mortality from the egg to adult stages was largely determined by the mortality of the tissue-feeding stage in the majority of cases. In some cases, however, mortalities of the sap-feeding stage or during hibernation were also important.

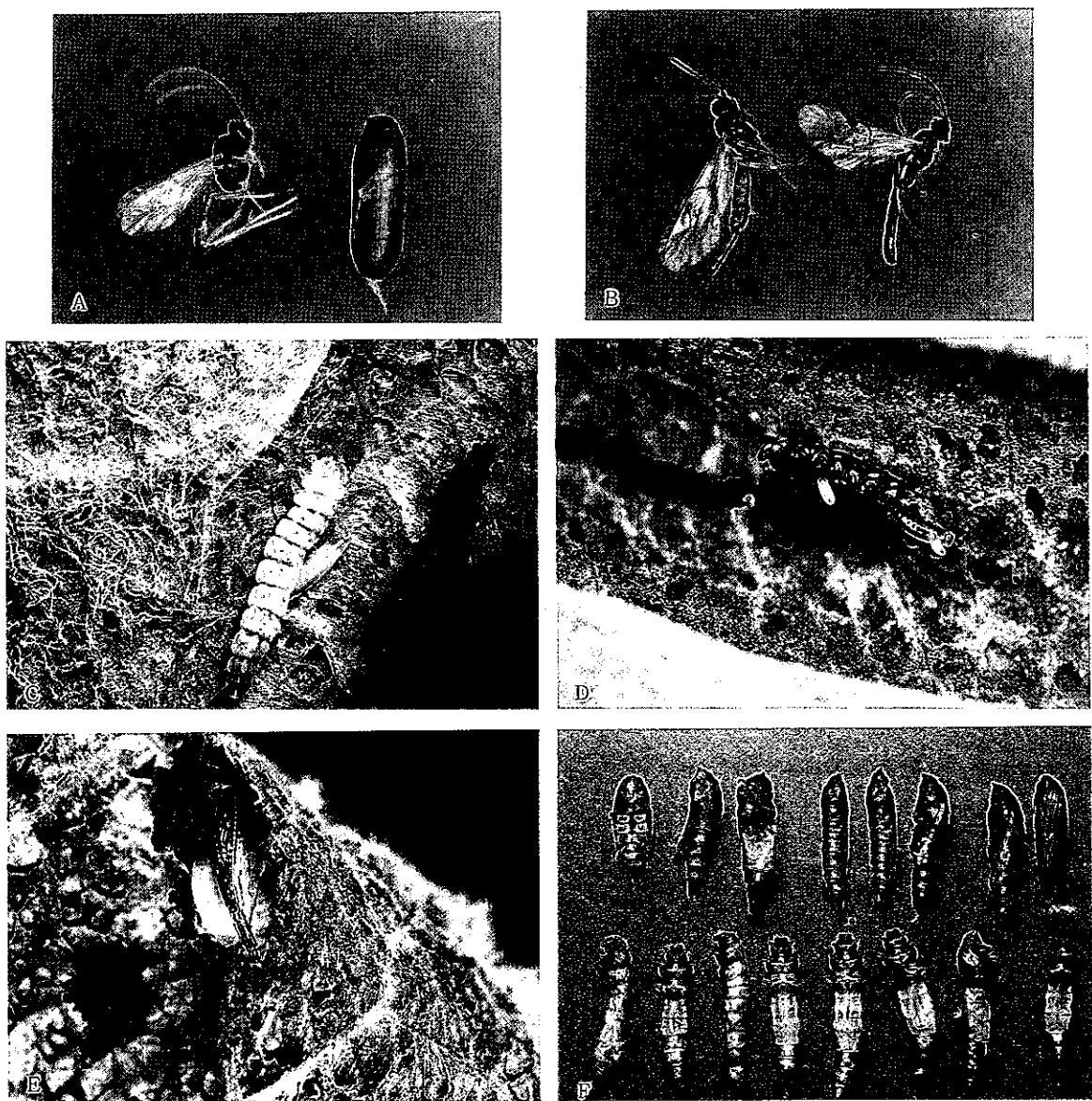
Factors which were responsible for differences in overall mortality in the summer generations between the different cultural conditions were *Holcothorax testaceipes* and death from unknown causes at the sap-feeding stage. In the hibernating generation, pupal mortality was most important.



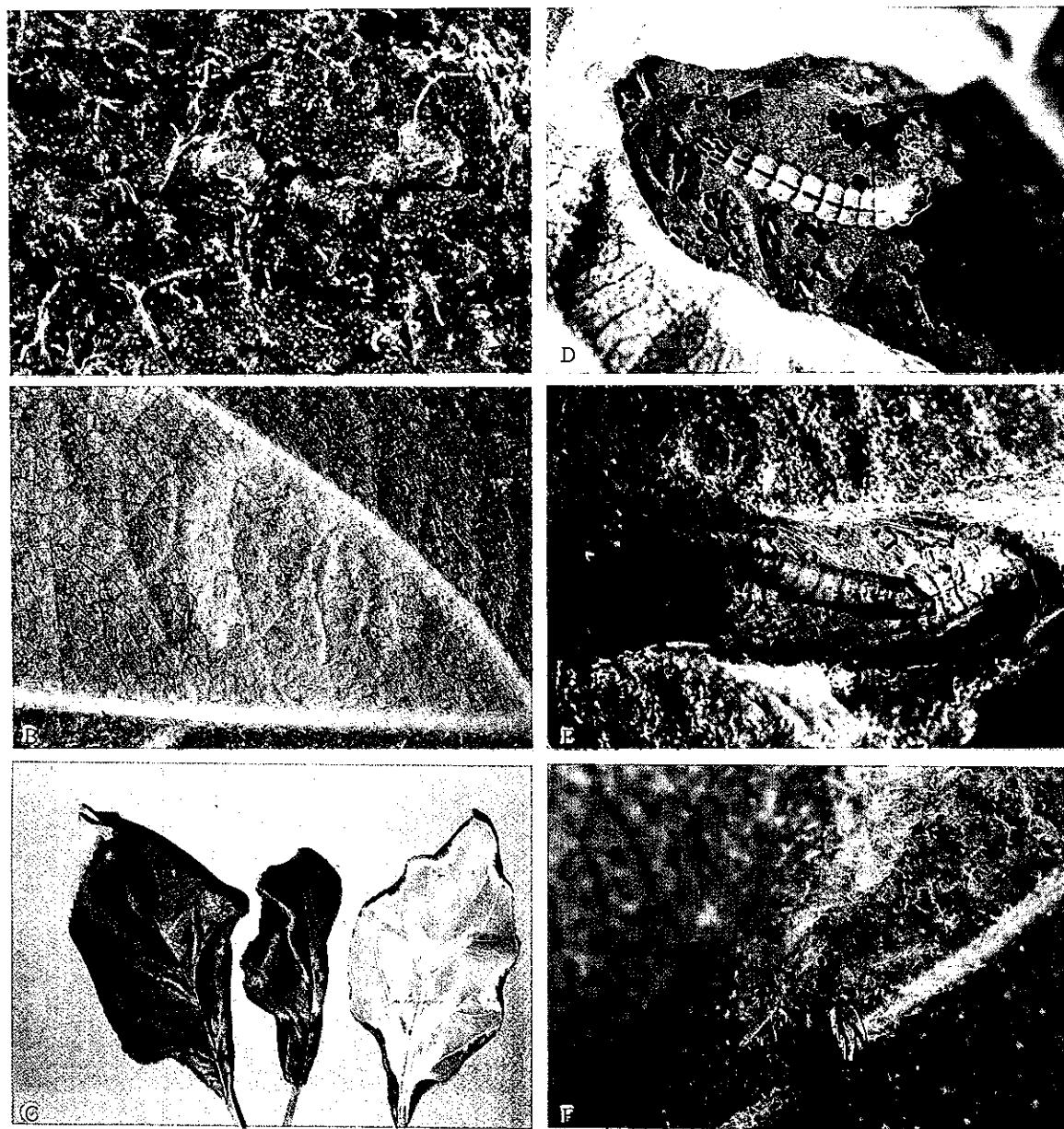
図版1 A, B: キンモンホソガトビコバチ成虫(A)とマミー(B)
C, D: ホソガサムライコマユバチ成虫(C)とまゆ(D)
E, F: *Sympiesis laevifrons* KAMIJOの成虫(E)と蛹(F)



図版2 A : ヒメコバチ科寄生蜂の脱出口, B : キンモンホソガの脱出口
C : チビドロバチにより破られた潜孔, D : 鳥による捕食痕
E : 消雪後密着状態の落葉の様相, F : 武田粘着トラップに付着したキンモンホソガ成虫



図版3 A : *Apanteles* sp. の成虫とまゆ, B : *Scambus planatus* 成虫
 C : キンモンホソガの幼虫に寄生するヒメコバチ科寄生蜂の幼虫
 D : ヒメコバチ科寄生蜂の幼虫に産み付けた別の寄生蜂の卵
 E : 寄主の蛹に外寄生しているヒメコバチ科の1種の幼虫
 F : キンモンホソガの奇形蛹。



図版4 A: キンモンホソガの卵とふ化直後の幼虫, B: S.F.の潜孔
C: テント状潜孔, D: キンモンホソガのT.F.
E: キンモンホソガ蛹, F: キンモンホソガ成虫脱出後の蛹殻

青森県りんご試験場報告第23号正誤表

ページ	行	誤	正
1右	上 19	1972, しかし	1972), しかし
3右	下 8	蜂蜜	蜂蜜
8右	下 14	1日当りり	1日当りの
"	下 11	11.52の越冬,	11.52, 1979年の越冬,
"	下 9	越冬世代虫の	越冬世代成虫の
9右	上 16	1976年の県南	1976年の南部地方
11左	上 9	世代で2日前後	産卵前期間は極めて短く、越冬世代で2日前後
15左	上 4	園場率	圃場率
17左	表上3	<i>Elachertus</i> sp.	<i>Elachertus inunctus</i>
"	下 17	<i>Laevifrons</i>	<i>laevifrons</i>
17右	下 9	<i>ceri-</i>	<i>seri-</i>
20右	上 5	園地割合	園地数
23右	下 11	<i>Phyllonorycter</i>	<i>Phyllonorycter</i>
24右	上 1	<i>Phyllonoryctter</i>	<i>Phyllonorycter</i>
25	第26表 注	はに準じて	はPECK et al. (1964)に準じて
30右	下 11	卵密調査	卵密度調査
32左	下 4	<i>lavifrons</i>	<i>lacivifrons</i>
33	第35表 下2	<i>Chrysocaris</i>	<i>Chrysocaris</i>
40右	上 17	第12図	第13図
"	下 2	県南	南部地方
41左	上 14	<i>laeve-</i>	<i>laevi-</i>
"	下 11	<i>laeveisfrons</i>	<i>laevifrons</i>
43	表 下9	<i>Crysocharis</i>	<i>Chrysocaris</i>
45	第15図	種雪量	積雪量
53左	第18図 図中		上から 久吉, りんご試, 田舎館, 新城, 雲谷, 大川目, 蛇浦, 八戸, 伝法寺, 仙台市, 福島市
55左	上 13	行われるは	行われるのは
53右	下 1	マミー率	マミー率
59	第65表 上6	(6.4)	6.4
"	" 注	得たものであるため除外	得たものは除外
64左	上 14-15	(川嶋 1982)	(川嶋・山田 1982)
64右	上 21	(BOULTBAUER 1975)	(WALTBAAUER & STERNBURG 1973)
66	第30図	リンゴ園	リンゴ園
67左	下 7	分けても集中度に	分けても集中度の低下は顕著でなかった。しかし集中度に
68左	第34図 図中	A, A'	A', A
70右	上 3	1.016 \bar{x}	1.016 \bar{x}
76左	上 3	Dを一定した	Dを一定にした
81左	上 6	<i>Phyllonoricter</i>	<i>Phyllonorycter</i>
86右	下 7	一般栽栽者	一般栽培者
87	第48図	孔道数	潜孔数
87右	下 8-7	した結果, 国光	した結果より国光
89右	第51図	'71 '72 '73 '74 '75 '76 '77 '78 '79	'71 '72 '73 '75 '76 '77 '78 '79
98	第96表 下3	孔道内羽化	潜孔内羽化
103	下 10	アカール	クロルベンジレート
104	上 1	P A P	P A P
"	上 15	M E D	M E P
107	上 16	寄型	奇形

