

マメコバチの増殖に関する個体群生態学的研究

山田 雅輝・川嶋 浩三・会津 博作

Population dynamics of the horn faced bee, *Osmia cornifrons* RADOSZKOWSKI,
with a special reference to the population management.

Masateru YAMADA, Kôzô KAWASHIMA and Hirosaku AIZU

目 次

1. 緒 言	25
2. マメコバチ生態の概要と増殖率変動要因解析法	26
3. 津軽地方におけるマメコバチの分布密度と巣筒内の生存過程	28
調査方法	28
結 果	29
i 分布及び密度	29
ii マメコバチとツツハナバチの筒内生存過程の比較	29
iii 生存率の変動を支配する主要因の解析	30
iv マメコバチとツツハナバチの生存過程における差	31
考 察	32
4. 一般りんご園内における増殖率	32
試験方法	33
結 果	33
i 営巣数と増殖率	33
ii 筒内における生存率	34
iii 放飼方法の差と増殖率及び死亡率	38
考 察	38
5. 自然環境の異なる場所における増殖	39
試験方法	39
結 果	40
i 場所別の生命表	40
ii 飼育場所と増殖率	42
iii 増殖過程の評価	43
iv 生存過程の評価	44
v 2地点間の増殖率とそれにかかわる要因の比較	46
vi 2地点間の筒内生存過程の比較	47
vii 生態的特性に関する2, 3の分析	47

考 察	48
6. 飼育条件と増殖率	49
試験方法	49
結 果	50
i 脱出期を遅らせた巣群での増殖	50
ii 大量飼育における増殖率	51
考 察	52
7. 紙製ストロー群における増殖率の年次変動	54
試験方法	54
結 果	54
考 察	55
8. 放飼群の複数化と増殖率	56
試験方法	56
結 果	57
i 定 着 率	57
ii 巣箱間の交流	58
iii 増 殖 率	59
iv 生存過程及び増殖率変動要因	59
考 察	63
9. 人工巣の性能	63
試験方法	64
結 果	66
i ニス塗り繊維筒における営巣率	66
ii 紙製ストローの供与方法と営巣率及び筒内死亡率	67
iii 紙製ストローと無着色ビーテルの性能比較	69
iv 3種の人工巣筒の性能比較	69
v 紙製ストローとビニールストローの比較	76
vi 人工巣における異常な営巣行動	76
vii 紙製ストロー群における営巣筒の分布	77
viii 筒口着色の効果	80
ix 人工巣筒における筒当り独房数	81
x 巣筒の重量から筒内独房数の推定	84
考 察	84
10. 要 約	87
11. 引用文献	88
Summary	91

1. 緒 言

近年、他家受精を必要とする各種作物の受粉のためにそれに適した野生の昆虫を探索して活用する技術が急速に発展し、最近ではむしろ古典的なポリネーターであるミツバチをしのいで利用されるようになった例もある。中でもレッドクローバーなどマメ科牧草の採種のためのマルハナバチ類は世界的に活用されており(BOHART, 1972; HOLM, 1966), 北米大陸を中心としたアルファルファ採種のためのアルカリハナバチ *Nomia melanderi* COCKERELL やアルファルファハキリバチ *Megachile rotundata* (FABRICIUS) も広く普及している(HOBBS, 1972, 1973; BOHART, 1972)。その他に一部実用化されたり、有望とされている訪花昆虫と作物の組合せはその例をあげるのにことを欠かない(小林, 1979; FREE, 1970; CRANE, 1972; YARRIS, 1983; 前田, 1978)。このような応用研究が進展した背景には花の形態と進化におけるポリネーターの重要性を明らかにした基礎研究の発展があったことを見逃すことができない(KUGREL (中野訳), 1955; RICHARD 編, 1978)。

さて、わが国におけるリンゴの受粉は1955年頃より主として人工受粉に依存してきた(青森りんご試, 1981)。しかし、この作業は開花期間という短い間に多大な労力を必要とするため、早くからその省力化が叫ばれた。このため、青森県では1961年より受粉の機械化の試みと共に、ミツバチ利用の研究が開始され(青森りんご試, 1962)、同時に行われた訪花昆虫相の調査(津川ら, 1967)と並行して、1962年からはマメコバチ *Osmia cornifrons* RADOSZKOWSKI の飼育研究に着手した。

マメコバチはリンゴのポリネーターとして青森県のリンゴ栽培者が注目して以来40年ほど経過したが、1960年代までの沿革については山田ら(1971)に詳しく述べられている。また、長野県、山梨県などを含めた果樹全般でのマメコバチ利用経過に関しては前田・北村(1964)、前田(1978)などに詳しい。その後、リンゴのポリネーター研究はミツバチ、シマハナアブ及びマメコバチの3種について重点的に行われ、このうち、ミツバチに関しては高橋ら(1963, 1967)、小山ら(1980)の報告がなされ、シマハナアブに関しては小林(1979)によって報告されている。マメコバチはこれらポリネーターの中でもわが国のリンゴ園で利用するには最も優れた特性をもち(山田, 1971; 前田・北村, 1981)、そのため以前より生活史、成虫の活動性、飼育方法などについて民間水準での研究が行われてきた(竹嶋, 1958, 1965)。しかし、これらの研究だけでは実用化になお多くの問題が残されていた。その後、訪花昆虫利用研究の機運が高ま

ると共に1969年から3年間青森県りんご試験場、秋田県果樹試験場、山形県園芸試験場、岩手県園芸試験場により訪花昆虫の利用に関する総合助成試験が実施され、さらに1972年から5年間青森県りんご試験場による訪花昆虫利用効果の実証に関する総合助成試験が行われ、マメコバチに関するそれまで未知だった多くの新知見をもたらした(津川, 1973; 山田, 1971, 1981; 庄司, 1972)。また、前田(1978)は日本産ツツハナバチ類の比較生態学的研究の中でマメコバチについても花粉媒介昆虫としての利用とマネージメントについて詳しい報告をしている。一方、それまでの研究成果を基に、青森県では1968年以來マメコバチの利用に関しての指導指針を打ち出し(青森県農林部りんご課, 1968)、また、実用上の観点に立った総合的解説書も刊行されるに至った(前田・北村, 1974, 山田, 1981)。その後、リンゴ栽培者間におけるマメコバチへの評価も年々高まり、最近数年間に青森県ではその飼養者が急激に増加し、リンゴの受粉面積約19,500 haのうち、1982年は1,364 ha相当分、1983年はほぼ6,800 haで活用が予測されるまでに至った(東奥日報夕刊, '83 5・16)。このように本蜂の利用が拡大すると共に利用にかかわる新たな問題が提起されたり、従来、充分に解明されていなかった問題の解決が要望されるようになった。

その第1点は巣材の問題である。すなわち、マメコバチ飼育に当たって基本的な素材となる巣筒は、従来、アシを切断した筒が広く活用されてきた。アシはわが国に広く分布するものの、資源として活用するためには必ずしも充分とはいえないし、それを切断して利用可能な筒とする労力も無視できない。このようなことからアシ筒に代りうる人工巣筒の開発が利用者から強く要望されている。

第2は増殖率の向上と天敵の排除の問題である。一般栽培園におけるマメコバチの増殖率は変動が大きく、かなり低い例も多いため、もっとそれを高める方法が望まれている。しかし、これまで増殖率の実態についての正確な報告は2, 3みられるものの、どのような要因が増殖に強く関与しているかといった個体群生態学的な分析はまだ充分なされていない。このため、増殖率改善の手がかりが不充分である。

第3は農薬害の問題である。リンゴ園では病害虫の発生が絶えず問題となり、農薬散布は常にマメコバチの活動並びに増殖をおびやかしている。特に農薬は天敵のような死亡要因に比較し、激しく作用して壊滅的な打撃を与えることがあるので、マメコバチ利用園では常にその使用に当たって細心の注意を払わなければならない。各種の作物で広く利用されているミツバチやアルファルファ

ァに使用されているアルファルファハキリバチに関しては、すでに多くの農薬についてその影響力が調査されている (ANDERSON & ATKINS, 1968; JOHANSEN, 1969, 1977)。しかし、マメコバチに関しては津川(1973)によって秋田県の成績が若干紹介されているが、多くの薬剤について不明な点が多く、マメコバチ利用者には不便をきたしている。

第4は開花時の気象条件とマメコバチの活動性の問題であり、これには受粉に必要な個体数の問題もからんでいる。過去において開花期間における気象条件が、リンゴの豊凶を支配した事例は少なくない (福島, 1965)。マメコバチによる受粉がどの程度の悪条件まで耐えうるかという懸念である。

第5はマメコバチの需要に対する供給上の問題であり、この際経済的なことは除外するとしても流通上の技術的な問題が提起されている。すなわち、需要量に対する供給量の不足は勿論であるが、分譲時におけるハチ個体数の評価法、天敵汚染度など品質管理の問題である。

この他細部にわたる問題はなお少なくないが、重要と考えられる点は以上5点に要約できる。このようなマメコバチ利用者の要望に応えるため、前報 (山田ら, 1971) に引続いて研究を実施してきた。まだ、これらすべての問題に答えるには不充分であるが、これまで検討できた内容をとりまとめて報告することとした。

なお、本研究は多数の方々による協力を得て初めてなしたものであり、また、一部の研究は総合助成による国庫補助に負うところが大きく、これら援助のために助

力された多くの方々にお礼を申しあげる。また、青森県りんご試験場工藤祐基場長、前青森県りんご試験場長津川力博士並びに元場長福島住雄博士、青森県りんご試験場病虫部長田中弥平氏の各位には本研究に深くご理解をいただき、懇切な助言並びに激励をいただいた。当场昆虫科の白崎将瑛研究管理員、関田徳雄主任研究員、木野田技師、並びに元昆虫科に勤務された小山信行氏、斎藤靖夫氏の各位には、研究の遂行に当たり、有益な助言とご協力をいただいた。元臨時職員の成田一郎、長谷川久一、原田正栄、対馬文治、境裕康、佐藤徹、奈良公德、松田修一、石岡清文らの各位には調査に当たり、様々な協力をお願いした。弘前大学農学部教授正木進三博士、同理学部斎藤和夫博士、島根大学農学部前田泰生博士らからは文献、資料の調査、あるいは研究推進上のご助言などを仰ぐことができた。秋田県果樹試験場成田弘氏、元長野県果樹試験場北村泰三氏、元山形県園芸試験場庄司敬氏には各種の検討会議において有益な助言をいただいた。現地圃場における試験や調査に当たっては園主の方々のご理解ある協力によって何ら支障なく施行できた。また、アスク工業社、大内新興化学株式会社、裕光社には試験用としての人工果材の提供を受け、紙製ストローの購入に際しては前田泰生氏並びに長瀬産業株式会社の労をわずらわした。

以上の方々のご協力、ご援助がなければこの研究は完遂できなかったものと考えられ、本報を草するに当たり、ここに記して心から感謝の意を表する。

2. マメコバチの生態と増殖率変動における基本要因分析法

近年、野外における昆虫個体群の動態を分析するために VARLEY & GRADWELL のグラフ法、MORRIS-WATT の回帰分析法、SOUTHWOOD の初期密度と死亡の重要性検定法、久野の多化性昆虫動態分析法、IWAO & WELLINGTON の系統間差分析法などが活用できる (MORRISら, 1963 a, b; 久野, 1968; VARLEY & GRADWELL, 1960, 1970; IWAO & WELLINGTON, 1970; 巖, 1971; 伊藤・村井, 1977)。このような手法の中で、生命表を基準として用いる場合は多くの情報を活用できるので、有効な解析が可能である。

さて、マメコバチはこれまで多くの個体水準における生態研究により、生活史、越冬、天敵、行動、習性などの生物学的な面についてかなりよく解明されている (山田ら, 1971; 前田, 1978; 庄司, 1972)。すなわち、マメコバチは年1化性で、成虫越冬し、4~6月に成虫が活動して、筒内に独房を作り、餌を集めた上で1卵を産

みつける。1本の筒に独房は平均8個位作られ、卵、幼虫、蛹、成虫前半はすべてその中で経過する。今、特定の巣群におけるマメコバチの増殖を個体群生態学的視点からとらえるとすれば、独房から脱出した成虫が死亡するまでの過程で、どれだけの卵を残したかという増殖過程と、産卵された個体が次の成虫脱出までにどれだけ生き残ったかという生存過程に大別できる。この両者の量的な関係によって増殖率は決まることになる。

i 増殖過程

ここで区分した増殖過程の中には脱出成虫の性比、雌成虫の定着率、定着虫当たり産卵数といった要因が含まれる。前2者はもともと生存過程としてとらえるべきものと考えられるが、ここでは試験実施上の都合でこのような取り扱いをした。マメコバチは独房から脱出した当時からほぼ成熟した卵を持っており、短い産卵前期間を経て、営巣行動を始め、産卵を行う。産卵前期間は一般

に数日であり、脱出時期や脱出後の天候によって若干の伸縮がある。この間に交尾を行い、栄養摂取のために脱出場所をいったん離れる。産卵体制に入ると再び帰郷して、本格的な営巣活動に入る。マメコバチは1雌が、脱出直前ですでに45個位の産卵数をもち(山田 1971)、また、絶対卵母細胞が56個位であるといわれる(前田 1978)。しかし、実際に産まれるのはその半以下の20個程度である(山田, 1971; 前田・北村, 1965; 前田, 1978)。マメコバチ個体群の研究では1独房1卵という特性から実質産卵数として新しく作られた独房数をあてることができる。この数は巣筒を割って調べることによって、正確に把握できる。本試験では多くの事例で、全巣を分解して調査したが、場合によっては標本抽出によって行うことも可能である。増殖過程のうち、性比はあらかじめ性別を分けた上、放飼個体を一定とするか又は計数してから放飼することにより把握できる。また、定着率はこれまでにも2, 3の研究で行われているように(前田, 1978; 山田, 1983)、放飼雌数に対するピーク時の営巣個体数の比でもって表わすことができる。

ii 生存過程

筒内における生存過程については、越冬時に巣筒を割り、独房の内容を調べることにより、多くの情報を得ることができる。すなわち、生死、死亡時の発育形態、死亡要因、生存虫の性別などがわかる。死亡時の発育形態は虫体が残っていれば勿論判別できるが、発育の前半で

それがない場合でも、卵では花粉塊に食痕が残っていないことによって、幼虫は逆に食痕があることによって判別することができる。また、前蛹ではまゆ形成を行っていること、蛹、成虫では残っている死がいによって判別できる。天敵のうち、コナダニは独房内にヒボブスが多く、マメコバチの生存虫がいない場合をもって被害とみなし、寄生蜂は寄主の代りにこれらの幼虫が居るものをもって区別し、それぞれの種はまゆ内に10数個体が多寄生しているものをツツハナトゲアシコバチ *Monodontomerus osmia* KAMIJO、まゆ内に大型の幼虫1個体のはシリアゲコバチ *Leucospis japonica* WALKERとみなすことができる。ただし、後者には稀にエゾクロツリアブ *Anthrax jezoensis* MATSUMURA の混在もあるので、このようなアブの寄生が多い場所では、その後の羽化虫で確認するか、幼虫を取り出して形態を調べる必要がある。まゆ内の成虫期を中心とした捕食者による被害は、捕食者自体の存在とその被害様相によって判別できる。このような調査は軟X線撮影により、筒を割らずに行うこともできる(第23図参照)。しかし、この場合はハチの性別を判定できない。

iii 個体群の特性

個体群の増殖率とその変動における基本要因を分析する上で、本報に用いられる主な用語と記号は第1表に示した。この中で、次世代の成虫数は休眠期に巣筒の分解調査で得られた生存虫をあてた。

第1表 増殖率変動要因解析のために用いた主な記号

項 目	記 号	同対数型*
当世代の成虫数(放飼数)	a_n	A_n
次世代の " (脱出成虫数)	a_{n+1}	A_{n+1}
当世代の性比 ($\text{♀} / (\text{♀} + \text{♂})$)	p_f	P_f
巣群に定着した雌数	a_r	A_r
総産卵数 (=独房数)	e	E
営巣筒数	t	T
世代内生存率	s	S
成虫の増減指数	$I_a = a_{n+1} / a_n$	I_a
雌成虫の増減指数	$I_f = (a_{n+1} \cdot p'_f) / (a_n \cdot p_f)$	I_f
雌の定着率	$s_f = a_r / (a_n \cdot p_f)$	S_f
定着雌1個体当たり平均産卵数	$e_a = e / a_r$	E_a
放飼雌 " "	$e'_a = e / (a_n \cdot p_f)$	E'_a
放飼雌1個体当たり平均営巣筒数	$t_f = t / (a_n \cdot p_f)$	T_f
営巣筒1本当たり平均独房数	$e_f = e / t$	E_f

備考：対数型は例えば $A_n = \log a_n$ を表わす。

また、 s は各発育形態別の生存率の積として次のように表わすことができる。

$$s = s_e \cdot s_l \cdot s_{pp} \cdot s_p \cdot s_a \text{-----} \textcircled{1}$$

ただし、 s_e は卵、 s_l は幼虫、 s_{pp} は前蛹、 s_p は蛹、 s_a は筒内における成虫のそれぞれ生存率を表わす。

ここで、 I_a は放飼虫に対する次世代脱出成虫の比であるから、

$$I_a = p_f \cdot e'_a \cdot s \text{-----} \textcircled{2}$$

で表わすことができる。また、巣群への定着率に関する調査資料がある場合は、

$$I_a = p_f \cdot s_f \cdot e_a \cdot s \text{-----} \textcircled{3}$$

として表わすことができる。さらに、営巣筒数、巣筒当たり平均独房数についての資料があれば、

$$I_a = p_f \cdot t_f \cdot e_t \cdot s \text{-----} \textcircled{4}$$

として表示することもできる。ここで、 s を各発育形態の生存率で置きかえると②～④式はそれぞれ

$$I_a = p_f \cdot e'_a \cdot s_e \cdot s_l \cdot s_{pp} \cdot s_p \cdot s_a \text{-----} \textcircled{5}$$

$$I_a = p_f \cdot s_f \cdot e_a \cdot s_e \cdot s_l \cdot s_{pp} \cdot s_p \cdot s_a \text{-----} \textcircled{6}$$

$$I_a = p_f \cdot t_f \cdot e_t \cdot s_e \cdot s_l \cdot s_{pp} \cdot s_p \cdot s_a \text{-----} \textcircled{7}$$

のようになる。これらの式は両辺を対数でとることにより、加法型とすることができ、例えば②式では

$$\log I_a = \log p_f + \log e'_a + \log s \text{-----} \textcircled{8}$$

となり、これは第1表より $I_a = P_f + E'_a + S$ である。この形は VARLEY & GRADWELL の方法、MORRIS の回帰分析、SOUTHWOOD の方法などの個体群変動解析手法を応用できる。

3. 津軽地方におけるマメコバチの分布密度と巣筒内の生存過程

マメコバチを初めて飼育する場合、何らかの手段でたねバチを入手しなければならない。そのためには飼養者から分譲を受けるか、野生の個体が多いところにトラップを仕掛けて採集する。後者の場合、あらかじめ高密度の地域を知っておかなければ効率よくたねバチを得ることができない。青森県内のマメコバチの分布に関しては山田ら (1971) の報告があるが、これでは平面的な分布状況は判るにしても、密度に関する十分な情報が得られない。

一方、マメコバチの野生個体群における生存過程を解明することはマメコバチの増殖を成功させるために重要である。また、天敵の種類を明らかにし、今後の増殖上障害になるものがないかを見極めることも有意義である。

このような観点から、津軽地域にアシ筒のトラップを配置し、それへの営巣程度により高密度地域の探索をし、同時にトラップで得られた野生個体群における生存過程について検討することとした。

このような分析法は、いろいろな試験で得られた生命表を基にして各章でそれぞれの調査内容に合わせて適用した。

IWAO & WELLINGTON (1970) はオビカレハの1種 *Malacosoma californicum pluviale* の活動性が異なる二つのコロニーにおいて、両者の死亡の差をもたらす要因を引出すのに、生存率の比を求めて検討した。すなわち、

$$\frac{S_a}{S_b} = \frac{S_{ea}}{S_{eb}} \cdot \frac{S_{la}}{S_{lb}} \cdot \frac{S_{pa}}{S_{pb}} \cdot \frac{S_{aa}}{S_{ab}} \text{-----} \textcircled{9}$$

であるから、対数型に変換すると

$$(S_a - S_b) = (S_{ea} - S_{eb}) + (S_{la} - S_{lb}) + (S_{pa} - S_{pb}) + (S_{aa} - S_{ab}) \text{-----} \textcircled{10}$$

となり、それぞれの () 内を S_o , S_{eo} , S_{lo} , S_{po} , S_{ao} とすれば

$$S_o = S_{eo} + S_{lo} + S_{po} + S_{ao} \text{-----} \textcircled{11}$$

となる。IWAO & WELLINGTON はここで、WATT の回帰分析の手法を応用し、 S_o と右辺各項との決定係数 r^2 を求めることによって主要因を見出した。本報では r^2 を求める方法以外に VARLEY & GRADWELL によるグラフ分析法に準じた作図による方法も試みた。このような方法はトラップで得られたマメコバチとツツハナバチの生存過程の比較、環境条件の異なる場所における増殖並びに生存過程の比較、異なる人工巣における生存過程の比較などのために応用した。

調査方法

1970年4月上旬のマメコバチが活動を始める以前に、津軽地域27か所にトラップとしてアシ筒を配置しておいた。アシ筒は節を中心にして両側から入れるよう約30cmの長さに切断した。それを200本ずつ調査地点にある建物の軒下に、横向きに結束しておき、同年秋季に回収した。調査は冬季にアシ筒を割り、中に営巣されている蜂の種類別に個体数、生死、死亡要因などを記録して行った。

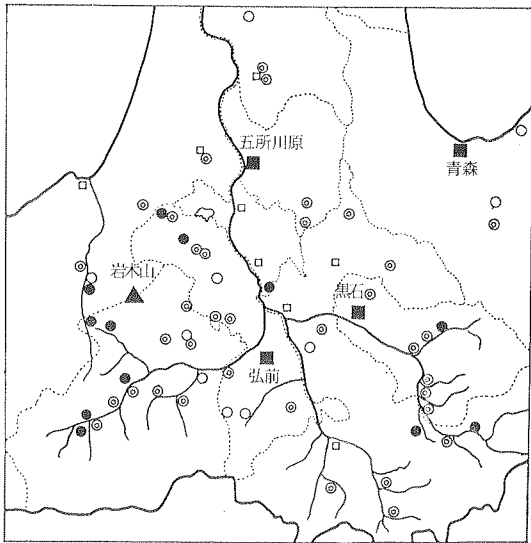
1974年にはやはり4月上旬に津軽地域34か所に、1970年と同様のアシ筒400本を200本ずつに束ね、家屋、物置小屋などの軒下に結束しておいた。これを同年10月に回収し、冬期間に次のような調査をした。調査はまず蜂類によって営巣された筒を区分し、さらにそれよりマメコバチ又はツツハナバチ *Osmia taurus* SMITH の巣筒を軟X線撮影装置を使用して選別した。このようなツ

ツツハナバチ類の巣筒はすべて割った上、1970年の場合と同様にして独房ごとの内容を調べた。

結 果

i 分布及び密度

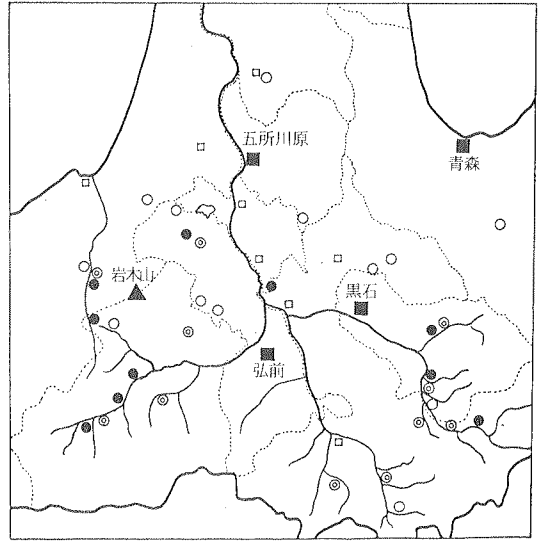
1970年の場合はトラップ 200 本当りで営巣筒が10本以上あったところ、1974年の場合は400本当り15本以上あったところを高密度地点とし、それ以下を低密度、さらにまったく営巣のなかったところを未分布地とみなして、津軽地域の地図上に表示した。第1図はこのようにして示したマメコバチの分布状況である。すなわち、高密度地域は岩木川のの上流地帯にあたる西目屋村一帯、浅瀬石川源流地帯にある黒石市大川原及び平賀町小国、平六など、岩木山麓の南西部にある岩木町百沢、枯木平、同じく北部にある弘前市十腰内、長前など一般に山間地で古いかやぶき屋根の建物が残っているような場所に認められた。平野部では藤崎町松野木で高い密度をみたが、この付近では一部の人が受粉用に飼育しているため、活動期にはそれから分散したとみられる個体が多く観察された。



第1図 津軽地域におけるマメコバチの分布
(●：高密度地点，◎：分布地点，○：未分布地点)

一方、ツツハナバチの高密度地域は第2図に示したが、この場合もマメコバチの分布と非常に類似しており、岩木川及び浅瀬石川の源流地帯と岩木山の南西部及び北部山麓、藤崎町松野木で認められた。

両種が共に高密度であったところは平賀町平六、鯉ヶ沢町松代、西目屋村川原平、岩木町枯木平、弘前市十



第2図 津軽地域におけるツツハナバチの分布
(記号は第1図と同じ)

沢、藤崎町松野木であり、マメコバチだけ高密度でみられたのは平賀町小国、岩木町岳であった。逆にツツハナバチだけ高密度でみられたところは黒石市黒森及び二庄内、西目屋村村市及び田代などであった。

ii マメコバチとツツハナバチの筒内生存過程の比較

すべての産地のものについてマメコバチとツツハナバチに区分し、それぞれを合計した生命表を作成した。第2表はマメコバチの生命表、第3表はツツハナバチの生命表である。

第2表 マメコバチ野生個体群の生命表

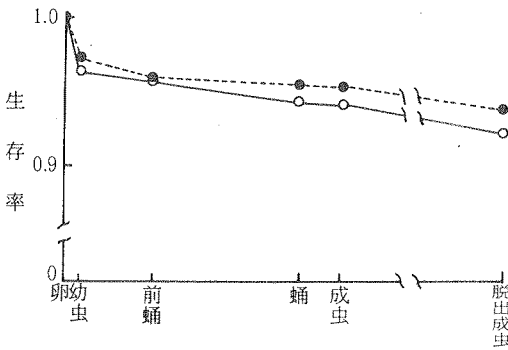
发育段階	l_x	$d_x F$	d_x	$100 q_x$
卵	2,705	コナダニの1種	63	3.04
		不明	35	1.30
		計	98	4.34
幼虫	2,607	<i>Melittobia</i> sp.	1	0.04
		不明	17	0.65
		計	18	0.69
前蛹	2,589	ツツハナトゲアシコバチ	3	0.12
		シリアゲコバチ	6	0.23
		不明	26	1.00
		計	35	1.35
蛹	2,554	不明	6	0.23
成虫	2,548	カツオブシムシ	43	1.69
		ナガヒョウホンムシ	8	0.31
		計	51	2.00
脱出成虫	2,498			

備考：世代内総死亡率（卵→脱出成虫）；7.7%

第3表 ツツハナバチ野生個体群の生命表

発育段階	l_x	$d_x F$	d_x	$100 q_x$
卵	3,258	コナダニの1種	20	0.61
		不明	67	2.06
		計	87	2.67
幼虫	3,171	<i>Melittobia</i> sp.	0	0
		不明	44	1.39
		計	44	1.39
前蛹	3,127	ツツハナトゲアシコバチ	0	0
		シリアゲコバチ	4	0.13
		不明	12	0.38
		計	16	0.51
蛹	3,111	不明	2	0.06
成虫	3,109	カツオブシムシ	50	1.61
		ナガヒョウホムシ	1	0.03
		計	51	1.64
脱出成虫	3,058			

備考：世代内総死亡率（卵→脱出成虫）； 6.1%



第3図 トラップされたマメコバチとツツハナバチの生存曲線 (○—○ マメコバチ, ●---● ツツハナバチ)

これより明らかなように全個体のうち、翌年の越冬後まで生存した割合は、マメコバチで92.3%、ツツハナバチで93.9%であり、両種はほとんど同率の高い値であった。各発育形態別の死亡率では両種共に卵で最も高く、次いでマメコバチでは成虫、前蛹、幼虫、蛹の順に、ツツハナバチでは成虫、幼虫、前蛹、蛹の順に高く、両種で前蛹と幼虫が逆転していた。卵期の死亡要因ではマメコバチの場合、コナダニによるものが3%でやや高かったのに対し、ツツハナバチでは0.6%と低かった。卵の不明死はコナダニの場合と逆にツツハナバチで高く、マメコバチで低かった。幼虫の不明死はツツハナバチで若干多く、前蛹の不明死はマメコバチで多めであった。寄生蜂はマメコバチの場合、幼虫に*Melittobia*の1種、前蛹にツツハナトゲアシコバチとシリアゲコバチが認められたが、ツツハナバチの場合は、上記のうち*Melittobia*とツツハナトゲアシコバチが認められなかった。成虫期の捕食者であるカツオブシムシの1種とナガヒョウホム

シ *Ptinus japonicus* REITER は共通して認められたが、これら捕食者による死亡率は2%以内であった。卵から成虫脱出まで至る全期間の死亡率でもマメコバチが7.7%、ツツハナバチが6.1%程度であるから、個体群増殖の重要な阻害要因にはなっていないとみなされる。

生命表から両種の生存曲線を描くと第3図のようであり、両種は極めて類似した曲線を示した。すなわち、卵期に幾分急激な低下をみたが、その後はほぼ直線的にゆるい傾斜で低下し、最終的には極めて高い生存率で終わっている。

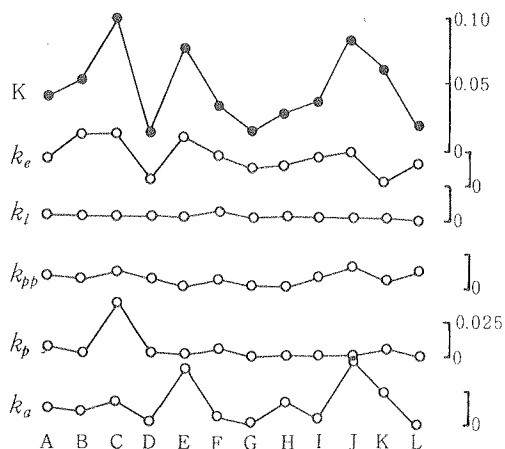
iii 生存率の変動を支配する主要因の解析

産地ごとの調査結果からマメコバチとツツハナバチを区別した後、両種とも100個体以上得られた産地のものについてそれぞれの生命表を作成した。個々の生命表から各発育段階の初期における生存虫数を対数変換して縦軸にとり、産地毎に等間隔で横に配置し、発育形態別の交換値を直線で結び、それによって示される曲線の型を比較した。しかし、各発育形態における死亡率が極めて低いために、すべての曲線が類似し、中にはほとんど重なってしまうものも少なかった。このため、このような手法では個体群における死亡過程の特徴を把握することは困難であった。

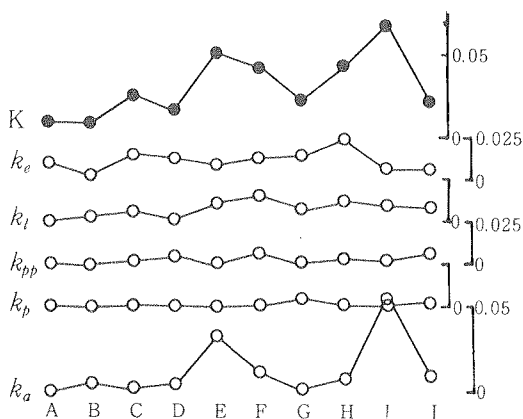
次に総死亡率の産地間変動に対してどのような死亡要因が強く関係しているかを検討した。ここでは VARLEY-GRADWELL のグラフ法を応用することとし、 k 値を求めて、作図によって評価した。なお、 k は個体群における生存率の逆数の対数値である。世代内の生存率から求められる値を K とし、卵、幼虫、前蛹、蛹、成虫の各発育段階の生存率から求められる値をそれぞれ $k_e, k_l, k_{pp}, k_p, k_a$ とすると次の式が成立する。

$$K = k_e + k_l + k_{pp} + k_p + k_a \dots\dots\dots \text{⑩}$$

マメコバチの生命表からこれらに対応する k 値を求め、産地ごとに等間隔に配列して、線で結ぶと k の変動様相は第4図のようであった。すなわち、 K の変動に最も近似して変動しているのは k_a であり、 k_e も無視できない。 k_a と k_e は平行的に変動しているため、 K の変動幅は k_a, k_e のそれよりも大きいものとなった。すなわち、 K は0.084の変動幅をもっていたのに対し、 k_a は0.047、 k_e は0.034で、ほぼ K の1/2に相当した。一方、同様に求めたツツハナバチの場合では第5図のようになり、 K の変動は k_a の変動により強く依存していた。また、変動幅は K が0.056、 k_a が0.052であり、両者がほぼ同じ値であった。このようにマメコバチ、ツツハナバチとも、ii で示した全体の生命表において最も高い死亡率をみた卵は変動の主要因をなしていないで、むしろそれより低い死亡率をみた成虫期における捕食による死亡が総死亡の変動に強く影響を及ぼしていた。



第4図 トラップされたマメコバチにおけるK分析
 (A~Lは採集場所, e, l, pp, p, aはそれぞれ卵, 幼虫, 前蛹, 蛹, 成虫を表わす)
 (A~Cは1970年, D~Lは1974年に採集)



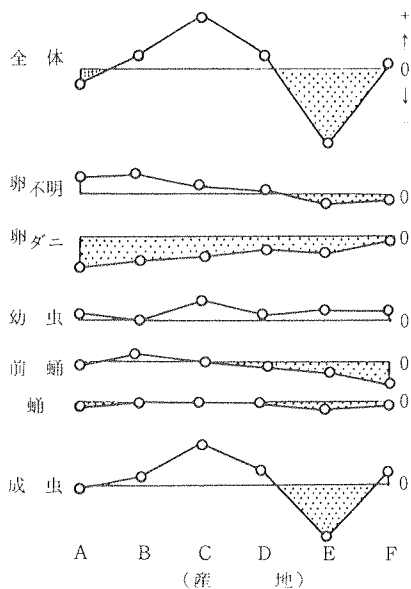
第5図 トラップされたツツハナバチにおけるK分析
 (A~Jは採集場所, e, l, pp, p, aは前図と同じ)

iv マメコバチとツツハナバチの生存過程における差
 ツツハナバチはマメコバチよりもやや遅れて活動を始めるが、営巣時期は重複する期間が長く、また、同じ素材を営巣に利用するなど生態的地位に近い。その上、世代内の生存率や生存曲線も近似していることは前述したとおりであるが、さらに生存過程の中で両種の間違った側面がないかどうかの検討を試みることにした。そのために、ここでは IWAO & WELLINGTON (1970)が二つのサブポピュレーション間の生存率に差をもたらす主要因の検出に使用した手法を応用することとした。すなわち、巣筒内における全生存率(S)の比は各発育形態における生存率の比に分解して次のように表わすことができる。

$$\frac{S_t}{S_c} = \frac{S_{et}}{S_{ec}} \cdot \frac{S_{lt}}{S_{lc}} \cdot \frac{S_{ppt}}{S_{ppc}} \cdot \frac{S_{pt}}{S_{pc}} \cdot \frac{S_{at}}{S_{ac}} \dots \textcircled{13}$$

ただし、tはツツハナバチ、cはマメコバチ、e, l, pp, p, aはそれぞれ卵、幼虫、前蛹、蛹、成虫を表す。これをさらに対数変換して⑬式のような形とした上、左辺と右辺各項との決定係数及び回帰直線 $y=a+bx$ における係数を求めた。最も高い r^2 を示したのは S_{ao} で、この際、 $r^2=0.972$, $b=1.363$, $a=-2.771$ であった。次いで卵期全体の死亡が $r^2=0.466$ 、前蛹の死亡が $r^2=0.138$ 、幼虫と蛹はいずれも r^2 の値が0.1以下であった。これらの関係を図で表わしたのが第6図である。ただし、ここでは卵期の生存過程をコナダニから逃れたものと不明死から免れたものに区分し、前者が先に作用するものとした。図から明らかなように全体の生存率は0線を上下して変動しており、産地によりマメコバチで高い生存率

を示した場合とその逆の場合が認められた。また、全体の変動に最も近似した変動を示したのは成虫期であり、 r^2 などの値からみてもこれが全体の変動にかかわる主要因とみなされる。一方、いずれかの種でいつも高い生存率を示した発育形態があり、卵期のコナダニから逃れたものはツツハナバチで、幼虫期の不明死から免れたものはマメコバチで高い比率を示した。



第6図 マメコバチとツツハナバチの生存率(対数値)における差の変動

考 察

マメコバチの分布上、必須条件となるものに花粉源と営巣材料がある。青森県の場合、一般に前者は水田地帯や市街地のような特別の場所を除けば、ほぼ普遍的に存在する。しかし、営巣材料はどこにでも充分にあるとは限らない。もともとマメコバチの自然条件における営巣場所は山田(1971)、前田(1978)も指摘しているように朽木の甲虫脱出孔や竹、アシなどの枯材と考えられる。しかし、自然界ではこのような材料は案外少なく、他の筒営巣性の蜂類との競合も激しいため、このような場所ではマメコバチの密度は必ずしも高くない。一方、人間の生活に伴って生じたアシ、竹などの利用がマメコバチに多量の巣材を提供している。実際、アシや竹の切り出しを行っている場所やそれらを家屋の壁や、屋根の素材として利用している場所に高密度のマメコバチ分布を認めることが多い(庄司, 1972)。

従来のかやぶき屋根の家屋や開花植物の分布からみてマメコバチは青森県内に広く分布し、平野部においても高い密度であったものと考えられる。それが今回の調査ではほとんどの高密度地点が山間地に偏在するようになっていた。これは平野部で早くからかやぶき屋根がなくなっていたのに対し、山間地には一部にしろまだ残っているためと考えられる。しかし、山間地においてもかやぶき屋根は年々減少しており、いずれ、これらの地帯でもマメコバチは減少していくものと考えられる。このような状況からみて、たねバチを得ることのできるような高密度地域は近い将来なくなることも懸念され、広範囲にわたる、野生マメコバチのトラップによる捕獲には限界がある。幸いにして、この調査後、リンゴ園におけるマメコバチの利用が急激に増加し、利用園付近では平野部でも著しく密度が高まっているため、このような野生蜂導入の必要性は低くなっていると考えられる。

本調査で確認されたマメコバチ又はツツハナバチの天敵は山田(1971)、前田(1978)などに示されている既知の種類だけであり、天敵としての重要性も特に上記の

文献に示されたものと変らない。むしろ、自然個体群から得られた生命表としては意外に生存率が高いものであった。伊藤(1959)は蜂における習性の進化と生存曲線について述べ、代表的な3つの型の生存曲線を示している。マメコバチは20数個の卵を保護効果の高い独房を作成して産卵する点で、キマダラギングチ *Ectemnius rubicola* 型の生存曲線を示すとみることが出来る。実際に第3図でみられる生存曲線に活動期成虫の生存曲線を加えるとほとんど類似した曲線が得られる。卵期における死亡率が低いのは新鮮な巣材を与えたことによる天敵汚染度の低さに基づくと考えられ、このため、後期死亡型の傾向がより強く表われたものとみなされる。しかし、一般飼育されている個体群の中でコナダニの発生が激しいところでは初期死亡の高い例もあり(山田ら, 1971)、自然個体群においても古い巣筒をたびたび利用した場合の生命表は今回得られたものとなりに異なる可能性もある。いずれにしても、今回のように自然個体群から新しいアシ筒へ営巣した個体群の生存率が極めて高いことは飼育個体群においても新しい巣筒を与えていくことによって、類似の効果を期待できるのではなからうか。

個体群の変動要因については後節で詳しく論ずるが、世代内(卵から成虫越冬後まで)の総死亡率の変動がマメコバチ、ツツハナバチとも最も高い死亡率を示した卵期の死亡ではなく、前蛹や成虫期の死亡により強く依存していたことは興味ある事実である。山田ら(1971)は一般飼育されている個体群で総死亡率はコナダニによる卵期の死亡率と高い相関があることを認めており、今回の結果と異なっていた。これは自然状態では何らかの形でコナダニの増殖が制限されているためとも考えられ、その原因を追求することによって飼育個体群におけるコナダニの防除法を考察する上で有効な示唆を得る可能性がある。したがって今後、野生状態でのマメコバチ及びツツハナバチの生存過程を明らかにし、トラップしたものと比較することによって、有意義な資料を得ることが出来るものと考えられる。

4. 一般リンゴ園内における増殖率

一般管理されているリンゴ園内にマメコバチを導入した場合どのような増殖率を示すかはあまり検討されていない。実際に現地でも飼育されている例においてもその増殖率はかなり変化に富むものである。確かに一般園では病害虫防除作業を始めとしたリンゴ栽培管理の内容が栽培者間でかなり異なっており、また、園地の地形、栽植状況なども同じでないから、それらが増殖率に影響を与

える可能性は否定できない。しかし、個体群内において増殖率の変動を支配している主な要因が何であるかについては未知であり、それを解明することは今後のマメコバチ利用拡大を図る上で重要である。このような要因を解明する手法として、マメコバチをまだ飼育していない現地リンゴ園に一定の個体数を持ち込み、特定の方法で飼育して、その増殖率から、支配要因を推定することを

試みた。

試験方法

1969年4月、青森県内の一般栽培者園12か所と青森県りんご試験場旧2号園に巣材とたねバチを同時に配置し、10月頃に回収してりんご試験場飼育室に保管しておいた。翌年2、3月頃に営巣筒全部を割って増殖状況を調査した。各園への巣材及びハチの配置法はそれらを同時に束ねたものを園内にある物置小屋の軒下につるす方法(A)とリング箱1個に支柱2本をつけた巣箱をつくり、その中に入れてリング園の中央部に設置する方法(B)をとった。巣材としての筒は節部を間にして左右から営巣できるように切ったアシ筒400本を200本ずつ束ねて、筒口がほぼ水平になるように軒下及び巣箱内に固定しておいた。ハチの放飼に当たっては雌50、雄50個体を径3cm、長さ15cmの試験管に収容し、その表面を黒い紙で包んだ

上、出口を薄い白紙で覆ってアシ筒の東内に挿入しておいた。この際、成虫は先端を切りとったまゆに入ったままで試験管に入れ、まゆから出た成虫は出口の白紙を食い破って容易に外へ脱出することができる。ハチの増殖状況を調査するために営巣筒を仕分けし、それをすべて割って、まゆ数、死亡数、死亡要因などを調べ、さらにまゆは先端を少し切りとってマメコバチの性別、寄生蜂による死亡の有無を確認した。

結 果

i 営巣数と増殖率

アシ筒の節から片側をそれぞれ1本とみなして、新たに作られた巣筒の数をみると、第4表のように最高が出石田Aにおける65本、最低が浅瀬石B及び広船Bにおける10本、全体の平均では30.4本であった。また、筒内に作られた独房の全数では平均195.5個であり、最高では

第4表 一般りんご園に放飼したマメコバチの増殖状況

園 地 別	放飼法	営 巣 数			放飼雌 当り平均 産卵数 (<i>e</i>)	1 巣 筒 当り平均 独 房 数 (<i>e_f</i>)	増 殖 率 (<i>I_a</i>)	性 比 (<i>p_f</i>)	雌の増殖率 (<i>I_f</i>)	
		筒 数		独 房 数 (<i>e</i>)						
		片 面	両 面							
田舎館村 時 蒔	A ₁	47本	5本	251個	5.0個	4.4	4.34	42.4%	3.08	
	A ₂	34	2	215	4.3	5.0	3.92	42.9	3.36	
	田 舎 館	B ₁	38	2	220	4.4	5.2	1.28	70.3	1.80
		B ₂	22	3	139	2.8	5.0	1.70	68.2	2.32
浪 岡 町 郷 山 前	A	28	0	91	1.8	3.3	0.78	64.1	1.00	
	B	17	0	67	1.3	3.9	0.45	64.4	0.58	
	北 中 野	A	14	1	42	0.8	2.6	0.25	72.0	0.36
		B	10	0	25	0.5	2.5	0.10	40.0	0.08
黒石市 長 坂	A	13	0	83	1.7	6.4	0.62	35.5	0.44	
	B	12	0	81	1.6	6.8	0.72	61.1	0.88	
	三 島	A	26	2	149	3.0	5.0	1.17	65.8	1.54
		B	33	3	351	7.0	9.0	3.18	66.4	4.22
	浅 瀬 石	A	16	1	67	1.3	3.7	0.47	55.3	0.52
		B	10	0	48	0.9	4.8	0.37	54.1	0.40
	出 石 田	A	45	10	585	1.7	9.0	5.44	56.8	6.18
		B	26	3	298	6.0	9.3	2.70	61.1	3.30
下出石田	B	44	3	361	7.2	7.2	3.25	50.8	3.30	
りんご試験場2号園	B	62	1	422	8.4	6.6	2.69	61.0	3.28	
尾上町 八幡崎	A	23	7	319	6.2	8.4	2.67	43.1	2.30	
	B	40	6	355	7.1	6.8	2.86	49.0	2.80	
	金 屋	A	36	7	449	9.0	9.0	4.08	59.6	4.86
		B	21	0	200	4.0	9.5	1.75	77.1	2.70
五所川原市 持子沢	A	20	1	114	2.3	5.2	0.93	49.5	0.92	
	B	10	1	58	1.2	4.8	0.49	57.1	0.56	
平賀町 広 船	A	12	0	61	1.2	5.1	0.40	57.5	0.46	
	B	10	0	39	0.8	3.9	0.22	54.5	0.24	
合 計		661		5,082	101.5	53.09	46.83	479.6	51.48	
平 均		25.4		195.5	3.90	5.9	1.80	56.9	1.98	

出石田Aで586個、次いで金屋Aの449個であり、他に300個以上のところは三島B、下出石田B、八幡崎A、B及びりんご試でみられた。一方、最低は北中野Bの25個次いで低いのは広船Bの39個であり、さらに100個以下のところが11の巣群でみられた。新たに作られた独房数はマメコバチの産卵数にはほぼ一致し、増殖率の指標として極めて重要な意義を有する。なお、ここで産卵までに至らず、途中で放棄された独房は含まれていない。放飼雌成虫当りの新造独房数により1雌当りのみかけ上産卵数を求めると、平均で3.9個となり、最高は出石田Aの11.7個、最低は北中野Bの0.5であった。あらかじめ放飼数及び性比を一定にしてあるので、1雌当りの産卵数は放飼虫当り産卵数の半数に相当する。新成虫の性比は全体の平均で56.9%が雌を占め、最高で金屋の77%、最低で長坂の36%であった。一方、筒内での死亡率は第5表に示したが、これらの死亡数を除いた羽化数を放飼数で割算して成虫増減指数を求めると平均で1.80となり、最高出石田Aの5.4、最低北中野Bの0.1であり、その他においてもほぼ独房数の多い順位と一致し、筒内死亡率が比較的安定していることが反映されていた。また、成虫増減指数 I_a が1以下の巣群は12か所あり、ほぼ半数

のところで次世代の成虫数が放飼数を下まわった。

雌の増減指数 I_f として(次世代の雌成虫) / (放飼雌数)の値を求めたところ、その平均値は1.98であり、最高は出石田Aの6.18、次いで金屋Aの4.86、三島Bの4.22、時蒔Aの3.53などで高かった。逆に低いところは北中野Bの0.08倍を最低に1以下が11単群もあった。また、増減指数は放飼方法にかかわらず、園によってほぼ同じ傾向を示していた。

ii 筒内における生存率

果筒の分解調査の結果から、各巣群別の筒内における生命表を作成したところ第5表のようであった。本実験のような場合、世代間の増減指数 I_a は次のような式で表わすことができる。

$$I_a = h \cdot s = h \cdot s_e \cdot s_l \cdot s_{pp} \cdot s_p \cdot s_a \dots\dots\dots(14)$$

ここで h は放飼虫当り産卵数(総産卵数/放飼個体数)である。(14)式は対数型にすれば、

$$I_a = H + S = H + S_e + S_l + S_{pp} + S_p + S_a \dots\dots\dots(15)$$

となり、 I_a の値は右辺各項の値を加えたものとして表現される。どの要因がより強く I_a に影響を与えるかを分析するためにグラフ法を試みることにし、ここでは各巣群

第5表 巣箱ごとの生命表

発育段階	死亡要因	時蒔 A ₁			時蒔 A ₂			田舎館 B ₂			田舎館 B ₁			郷山前 A		
		生存虫数	死亡数	死亡率 %	1x	dx	100qx	1x	dx	100qx	1x	dx	100qx	1x	dx	100qx
卵		251		%	215			139			220			91		
	コナダニ		15	6.0		8	3.7		1	0.7		5	2.3		0	0
	不明死		6	2.4		8	3.7		2	1.4		1	0.5		0	0
	計		21	8.4		16	7.4		3	2.2		6	2.7		0	0
幼虫		230			199			136			214			91		
	不明死		2	0.9		0	0		0	0		2	0.9		5	5.5
前蛹		228			199			136			212			86		
	トゲアシコバチ		6	2.6		0	0		5	3.7		6	2.8		5	5.8
	不明死		4	1.8		0	0		0	0		0	0		1	1.2
	計		10	4.4		0	0		5	3.7		6	2.8		6	7.0
蛹		218	0	0	199	1	0.5	136	0	0	206	0	0	80	0	0
成虫		218			198			131			206			80		
	カツオブシムシ		0			0			1	0.8		3	1.5		1	1.3
	ヒョウホムシ		1	0.5		1	0.5		1	0.8		29	14.1		1	1.3
	不明死		0			1	0.5		1	0.8		2	1.0		0	0
	計		1	0.5		2	1.0		3	2.3		34	16.5		2	2.5
越冬成虫		217			196			128			172			78		
	全死亡		34	13.6		19	8.8		11	7.9		48	21.8		13	14.3

第5表 巣箱ごとの生命表(続)

発育段階	死亡要因	郷山前 B	長坂 A	長坂 B	高賀野 A	高賀野 B
		l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$
卵		67	83	81	449	200
	コナダニ	2 2.9	0 0	0 0	3 0.7	3 1.5
	不明死	1 1.5	3 3.6	0 0	7 1.6	1 0.5
	計	3 4.5	3 3.6	0 0	10 2.2	4 0.2
幼虫	不明死	64	80	81	439	196
		16 26.0	12 15.0	7 8.6	11 2.5	10 5.1
前蛹		48	68	74	428	186
	トゲアシコバチ	2 4.2	1 1.5	1 1.4	7 1.6	5 2.7
	不明死	1 2.1	2 2.9	1 1.4	3 0.7	2 1.1
	計	3 6.3	3 4.4	2 2.7	10 2.3	7 3.8
蛹		45 0 0	65 1 1.5	72 0 0	416 1 0.2	179 0 0
成虫		45	64	72	417	179
	カツオブシムシ	0 0	0 0	0 0	0 0	2 1.1
	ヒョウホムシ	0 0	2 3.1	0 0	8 1.9	2 1.1
	不明死	0 0	0 0	0 0	1 0.2	0 0
	計	0 0	2 3.1	0 0	9 2.2	4 2.2
越冬成虫	全死亡	45	62	72	408	175
		22 32.8	21 25.3	9 11.1	41 9.1	25 12.5

第5表 巣箱ごとの生命表(続)

発育段階	死亡要因	北中野 A	北中野 B	広船 A	広船 B	三島 A
		l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$	l_x d_x $100q_x$
卵		42	25	61	39	149
	コナダニ	8 19.1	5 20.0	3 4.9	3 7.7	12 8.1
	不明死	1 2.4	2 8.0	5 8.2	4 10.3	0 0
	計	9 21.4	7 28.0	8 13.1	7 18.0	12 8.1
幼虫	不明死	33	18	53	32	137
		4 12.1	3 16.7	7 13.2	5 15.6	10 7.3
前蛹		29	15	46	27	127
	トゲアシコバチ	0 0	3 20.0	1 2.2	1 3.7	6 4.7
	不明死	1 3.5	0 0	1 2.2	3 11.1	0 0
	計	1 3.5	3 20.0	2 4.4	4 14.8	6 4.7
蛹		28 0 0	12 0 0	44 0 0	23 0 0	121 0 0
成虫		28	12	44	23	121
	カツオブシムシ	0 0	2 16.7	0 0	0 0	3 2.5
	ヒョウホムシ	3 10.7	0 0	4 9.1	0 0	1 0.8
	不明死	0 0	0 0	0 0	1 4.4	0 0
	計	3 10.7	2 16.7	4 9.1	1 4.4	4 3.2
越冬成虫	全死亡	25	10	40	22	117
		17 40.5	15 60.0	21 34.4	17 43.6	32 21.5

第5表 巣箱ごとの生命表(続)

発育段階	死亡要因	三島 B			出石田 A			出石田 B			下出石田 B			八幡崎 B		
		l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x
卵		351			586			298			361			585		
	コナダニ	3	0.9		7	1.2		5	1.7		5	1.4		5	0.9	
	不明死	0	0		0	0		0	0		3	0.8		12	2.1	
	計	3	0.9		7	1.2		5	1.7		8	2.2		17	2.9	
幼虫		348			579			293			353			568		
	不明死	14	4.0		15	2.6		9	3.1		8	2.3		56	9.9	
前蛹		334			564			284			345			512		
	トゲアシコバチ	8	2.4		12	2.1		7	2.5		8	2.3		10	2.0	
	不明死	2	0.6		4	0.7		1	0.4		8	2.3		7	1.4	
	計	10	3.0		16	2.8		8	2.8		16	4.6		17	3.3	
蛹		324 0 0			548 0 0			276 0 0			329 0 0			495 0 0		
成虫		324			548			276			329			495		
	カツオブシムシ	4	1.2		3	0.6		2	0.7		2	0.6		1	0.2	
	ヒョウホンムシ	1	0.3		0	0		4	1.5		1	0.3		21	4.2	
	不明死	1	0.3		1	0.2		0	0		1	0.3		6	1.2	
	計	6	1.9		4	0.7		6	2.2		4	1.2		28	5.7	
越冬成虫		318			544			270			325			467		
	全死亡	33	9.4		42	7.2		28	9.4		36	10.0		118	20.2	

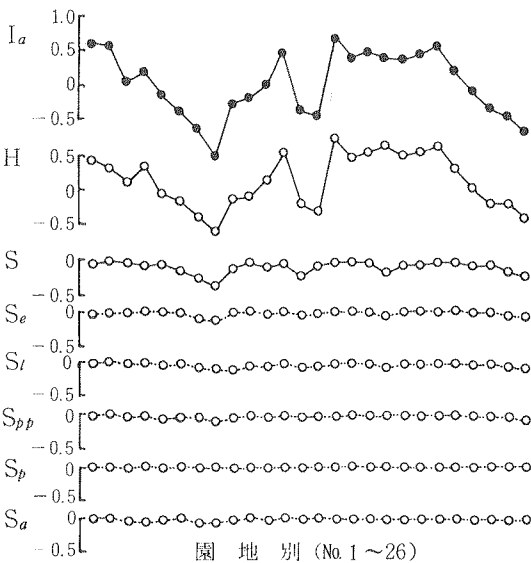
第5表 巣箱ごとの生命表(続)

発育段階	死亡要因	持子沢 A			持子沢 B			浅瀬石 A			浅瀬石 B			りんご試2号園		
		l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x	l _x	d _x	100q _x
卵		114			58			67			48			422		
	コナダニ	1	0.9		2	3.5		0	0		1	2.1		9	2.1	
	不明死	5	4.4		1	1.7		7	10.5		3	6.3		71	16.8	
	計	6	5.3		3	5.2		7	10.5		4	8.3		80	19.0	
幼虫		108			55			60			44			342		
	不明死	7	6.5		1	1.8		7	11.7		5	11.4		47	13.7	
前蛹		101			54			53			39			295		
	トゲアシコバチ	2	2.0		2	3.7		4	7.6		2	5.1		10	3.4	
	不明死	1	1.0		1	1.9		0	0		0	0		4	1.4	
	計	3	3.0		3	5.6		4	7.6		2	5.1		14	4.8	
蛹		98 0 0			51 0 0			49 0 0			37 0 0			281 1 0.4		
成虫		98			51			49			37			280		
	カツオブシムシ	2	2.0		0	0		1	2.0		0	0		4	1.4	
	ヒョウホンムシ	3	3.1		1	2.0		1	2.0		0	0		6	2.1	
	不明死	0	0		1	2.0		0	0		0	0		1	0.4	
	計	5	5.1		2	3.9		2	4.1		0	0		11	3.9	
越冬成虫		93			49			47			37			269		
	全死亡	21	18.4		9	15.5		30	44.8		11	22.9		153	36.3	

第5表 巣箱ごとの生命表（続）

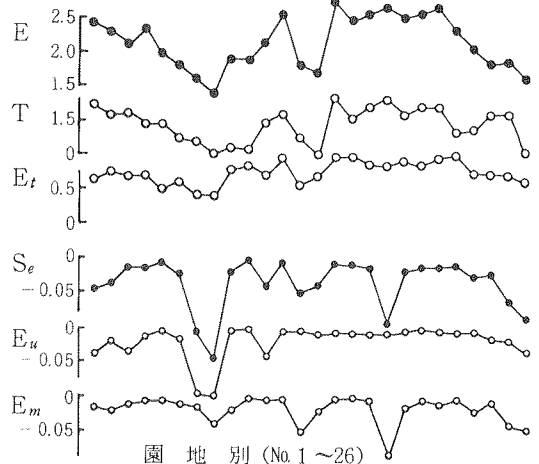
発育段階	死亡要因	八幡崎 A		八幡崎 B	
		l_x	d_x 100 q_x	l_x	d_x 100 q_x
卵		319		355	
	コナダニ		1 0.3		2 0.6
	不明死		9 2.8		2 0.6
	計		10 3.1		4 1.2
幼虫		309		351	
	不明死		19 6.2		28 8.0
前蛹		290		323	
	トゲアシコバチ		4 1.4		6 1.9
	不明死		2 0.7		2 0.6
	計		6 2.1		8 2.5
蛹		284	0 0	315	1 0.3
成虫		284		314	
	カツオブシムシ		1 0.4		0 0
	ヒョウホンムシ		7 2.5		12 3.8
	不明死		5 1.8		1 0.3
	計		13 4.6		13 4.1
越冬成虫		271		301	
	全死亡		48 17.7		54 17.9

ごとの I_a と個別要因との関係を第7図に示した。これより明らかなように、 I_a の値は生存過程よりも増殖過程に強く依存し、 I_a と H の間には $r^2 = 0.946$ で、 $I_a = 0.801 H + 0.099$ のような直線関係が得られる。一方、 S も I_a と若干関連しながら変動する傾向がみられたが、 $r^2 = 0.584$ と低く、直線の勾配も 0.146 と低い値であった。また、 S と各発育形態の生存率との関係では最も重要なのが S_e であり、 S_l 、 S_{pp} も無視できない。 S_e はコナダニによる死亡と原因不明の死亡に支配されるが、ここでは第8図にみられるようにコナダニにより強く依存する傾向がみられた。しかし、長坂、浅瀬石A、B、りんご試B、七和A、広船A、Bなどのように、むしろ不明死の方に強くかかわっていたところもみられた。その他の発育形態で比較的高い死亡率を示したものとして、幼虫の不明死、前蛹期のトゲアシコバチによる死亡、まゆ内成虫期におけるカツオブシムシ及びヒョウホンムシによる死亡があり、これらのいずれかによる10%以上の高い死亡率を示したところもあった。特に目立つものは北中野のコナダニ、郷山前Bの幼虫不明死、北中野におけるトゲアシコバチなどによる死亡であり、いずれも20%を越えた。



第7図 一般管理園に放飼したマメコバチにおける増減指数変動の要因分析

I_a : 成虫増減指数, H : 放飼虫当り産卵数,
 $S_e, S_l, S_{pp}, S_p, S_a$, それぞれ卵, 幼虫,
 前蛹, 蛹, 成虫の生存率で、いずれも対数値
 としたもの
 (I_a と H の関係 $r = 0.973$)
 (I_a と S " $r = 0.764$)



第8図 一般管理園に放飼したマメコバチにおける次世代への増加量 (E) と T, E_t の関係および卵死亡の要因

E : 総産卵数, T : 営巣筒数, E_t : 筒当り平均
 独房数, S_e : 卵の生存率, E_u, E_m はそれ
 ぞれ不明死, コナダニからまぬがれた卵の比率

さて、本試験では放飼虫数をすべて100としたので、 $h = e/100$ となり、 $H = E - 2$ であるから、 H の変動様相は E と一致する。また、 H は次のように表わすことができる。

$$H = P_f + S_f + E_a \text{-----} \textcircled{6}$$

この試験では性比を一定とし、 $p_f = 0.5$ であるから、 H は S_f と E_a によって支配される。しかし、ここでは定着率を調査していないので、それを要因として取り上げることではできない。そこで h 及び H を次のような式

$$h = \frac{t \cdot e_i}{a_n}$$

$$H = T + E_i - A_n \text{-----} \textcircled{7}$$

に置きかえてみた。 A_n は各巣群とも一定としたから H の変動は T と E_i の変動によって決まることになる。第8図に H と T 、 E_i の関係を示したが、 H の変動に対して E_i よりも T の方がより強く影響を与えているとみなされる。しかし、 E_i もまったく無視することはできない。なお、ここで H と T の間で求められる決定係数(r^2)は0.865、回帰直線の勾配(b)は0.660、切片(a)は-1.128であり、 H と E_i の間では $r^2 = 0.632$ 、 $b = 0.341$ 、 $a = 0.950$ であった。このことは増加率の変動を説明する要因として直接的には一巣群当たり独房数よりも営巣筒数の変動がより強くかかわっていることを示すものである。また、後述するように営巣筒数が定着率を、1本当たり平均独房数が定着虫1個体当たり平均産卵数ある程度反映しているものとすれば、増加率の変動には成虫の定着率がより重要に関与していると推定できる。しかし、正確には実際の定着率を当てて検討する必要がある、このことは後の章で詳しく述べる。

iii 放飼方法の差と増殖率及び死亡率

放飼方法の差による増殖率の差異は第6表のようであった。この際、 A 、 B の比較は同じ園地で同時に両方法を用いて行った成績のみから抜き出したものである。すなわち、新しく営巣された筒数及び独房数は巣群ごとの平均値でみるといずれも方法 A で高く、その比は B 1に対して A が筒数で1.32倍、独房数で1.37倍であった。また、各園地ごとにみても10園中 B の方法で高い値を示した園は、三島と八幡崎の2か所だけであり、他はいずれも方法 A で高い値を示した。さらに、成虫増減指数と雌増減指数においても、筒数、独房数の場合と同傾向であったが、 $B > A$ の場所が三島、八幡崎の他に長坂でも認められた。10園平均の成虫増減指数は A で1.68、 B で1.38であり、また雌の増減指数も A で1.86、 B で1.58という値を示し、いずれも A で高かった。なお、 A 、 B を対比して行わなかった園も含めた場合の筒数、独房数成虫増減指数、雌増減指数の平均値は A 、 B ともに高ま

った。これは A 又は B の単独園において比較的増殖率が高かったことによる。すなわち、筒数では A が32.2本、 B が29.2本、独房数では A が224個、 B が183個、成虫増減指数では A が2.09、 B が1.63、雌増減指数では A が2.14、 B が1.89であった。また、筒当たり平均独房数は各巣群によりかなり振れているが、全体の平均では0.971となり、 A 、 B で差があるとはいえなかった。このように全体的にみると園内の小屋の軒下に巣群を置いた A の方法が、園内にリング箱製巣箱を設置しておいた B の方法よりも増殖率は高いという結果が得られた。

第6表 放飼方法Bに対するAの増殖比(A/B)の値

園 別	筒 数	独房数	成虫増減指数	雌増減指数	筒当たり平均独房数
郷山前	1.63	1.36	1.73	1.72	0.85
北中野	1.00	1.68	2.50	4.50	1.04
長 坂	1.08	1.02	0.86	0.50	0.94
三 島	0.77	0.42	0.37	0.36	0.56
浅瀬石	1.80	1.40	1.27	1.30	0.77
出石田	2.03	1.97	2.01	1.87	0.97
八幡崎	0.71	0.88	0.69	0.82	1.24
金 屋	2.38	2.25	2.33	1.80	0.95
持子沢	1.83	1.97	1.90	1.64	1.08
広 船	1.20	1.56	1.82	1.92	1.31
平 均	1.32	1.37	1.21	1.18	0.971

考 察

各リング園におけるマメコバチの増減指数の変動が筒内の生存過程よりも増殖過程として取扱った要因によって支配されていたことは重要な事実である。ただ、ここでいう増殖過程の中には雌成虫の定着、定着した成虫の寿命と産卵の過程が含まれている。前者には農業散布、リングに先立って咲く蜜源植物の多少、鳥による捕食、営巣用土取場の存否などが影響を与え、後者には気象条件、リング以外の花粉源の多少、鳥による捕食、農業散布などが重要な要因として関与しているものとみなされる。2つの過程のうちどちらがより重要であるかは、この場合定着率に関する調査がないため、正確な検討ができない。そこで、便宜上それに代るものとして、営巣筒数と筒当たり産卵数の関係について検討した結果、成虫増減指数の変動とより密接に関係する要因は営巣筒数とみなされた。このことから、雌の定着率がより強く関与していると推察される。しかし、筒当たり産卵数の変動も無視できないことから、これら両者の関係について、それらに影響を与える要因を加味しながらさらに検討する必要がある。

放飼方法の違いによる増殖率は明らかに B よりも A の

方法で高く、これは園内に小型の巣箱を孤立させて設置するよりも、小屋のような建物に接して設置した巣でより高い増殖率を期待できることを示すものである。このようにAで高いのは建造物がハチの目標となり、また、営巣前の雌バチが休息場所として好む傾向があること、風をさえぎり、日射により高温になり易いことなど、建物自体が定着と活動に好条件を与えていることが考えられる。このことはハチの増殖を目的として飼育する場合にはリング園内の建造物を利用して巣箱を設置したり、あるいはある程度多くのハチをまとめて、巣小屋を作って管理した方が、小規模の巣箱を分散するよりも有利であることを示唆するものである。

筒内における総死亡率は場所によってかなり差がみられ、25%以上の死亡があった場所が7か所もあり、そのうち、りんご試験場を除けばすべて産卵数100以下のと

ころであったことは、農薬散布の後遺症と考えられる。すなわち、これらの高死亡率を示したところでは、揃って卵又は幼虫の不明死が多く認められ、これが農薬の直接的又は間接的な影響とも考えられるからである。農薬がマメコバチの生存過程に及ぼす影響についてはまだ詳しく報告されたものがないが、ミツバチで行われた研究事例(ANDERSON & ATKINS, 1968; ATKINS ら, 1969; JOHANSEN, 1969, 1977) からみて、成虫に接触したり、餌に混入したりして、卵や幼虫に作用することは充分考えられることである。

いずれにしても一般園においてマメコバチを飼育した場合には園地の条件によって増殖率は大きく変化し、これは特に農薬散布による影響が大きいとみなされる。このため、農薬散布をハチにあまり影響ないように配慮することはマメコバチの導入に当たって必須条件とならう。

5. 自然環境の異なる場所における増殖

マメコバチは自然環境の異なる場所によってその増殖率に大きな差がみられることが経験的に知られている。しかし、その差が何に起因して生ずるのかについてはあまり検討されていない。マメコバチをできるだけ多く増やすためには増殖率の高い場所で飼育することが有利である。また、増殖率を高めている要因が何であるかを解明することができれば、増殖を計画するに当たって、有利な環境条件に近づける努力が可能となる。このような視点から増殖率のあまり高くない青森県りんご試験場(以下りんご試と略す)と増殖率の比較的高い平賀町の山間地においてマメコバチを飼育し、その増殖状況を比較検討した。

試験方法

1975~'81年の春季に環境条件の異なる3か所で、地上より約1mの高さに巣箱を設置し、これに巣材として板溝に挿入した紙製ストロー2,000~6,000本、ビーテル792~968本を入れ、同時にマメコバチ約1,000個体を放飼した。放飼に当たっては、脱出口をあけた厚紙製の放飼箱に成虫の入ったまゆを入れ、それを巣材の上に置いた。巣箱は'75, '76年では小型(高さ40cm×横70cm×奥行40cm)、'77年以降では中型(高さ75cm×横90cm×奥行60cm)を使用した。巣箱を設置した場所とその環境条件の概要は以下のものであった。

① りんご試無散布圃場：周囲を建物に囲まれた10アール未満のリング園で、北から東側にかけては建物1~2棟を隔てて一般散布されているリング園があり、他の方位は住宅又は空地となっている。巣箱の置かれた場所

のリング園はまったくの無散布状態で管理されており、花粉源としての花は数本のナンシ樹及びズミ類を除けば、リング園だけであり、他に蜜源となりうる少数の雑草類がみられる程度である。

② 平賀町葛川：浅瀬石川の源流地帯にある山間溪谷地帯の約20アールの小規模なリング園で、その南西側にある小屋の北側壁面に接して巣箱を設置した。園の北側は急傾斜の山林となって各種の林木があり、東側は狭い水田を隔てて原野、西側は原野、南側はアスファルト道路をはさんで急傾斜の谷となり、斜面には各種の林木があり、谷の底は東西に流れる川の両側沿いに狭い水田となっている。巣箱を置いたリング園は農薬の散布が行われているが、一般より粗放な管理がなされていた。また、周囲の林地には各種の蜜源植物が混在し、リングの開花期前後においても花粉源は豊富である。

③ 平賀町平六：上記葛川よりも約3km上流に入った10数軒の村落で、この東端にある住宅から北側に約10m離して巣箱を設置した。丁度浅瀬石川の小支流が流れる谷の入口に当たり、南側が住宅地となっている外は各種の雑木を主体にした山林に囲まれた場所で、リング園などの農地は100メートル以上離れて若干あるだけである。周囲の宅地内にはソメイヨシノザクラ、アンズ、ナシなどが植えられており、また、林地にはヤマザクラ、トチ、タニウツギ、アブラナ科植物など花粉源となるものが多い。

また、放飼後の定着率、新世代の個体数、生存率などの調査は次のような方法で行った。

i 雌成虫の定着率と活動消長

1978年に実施し、成虫放飼後3～4日ごとに巣箱での営巣個体数を調査した。調査は営巣中の個体が入り出る筒にサインペンで目印をつけながら数取器を押し、重複して数えないように留意した。

ii 営巣率及び要因別死亡率など

成虫が休眠状態にいる1～3月に、営巣された筒をすべて分解し、完成された独房が1個以上あるものを営巣筒とみなし、さらに独房ごとに個体の生死、死亡要因を記録した。この際、まゆ形成に至ったものはまゆの先端部を切りとり、中の個体の生死並びに性別を確かめ、死亡虫については死亡要因と死亡時の发育段階を調査した。なお、'75年と'76年は巣筒を分解する代わりに、軟X線撮影により得られたフィルムから上記の要因を調査したため、性比に関する情報が得られなかった。完全巣と不完全巣

の区別は入口空室壁又は入口栓のあるものを完全巣とみなし、そのいずれもないものを不完全巣とした。

結 果

i 場所別の生命表

マメコバチの生命表を作成するに当たって、その目的に応じた個体群の範囲を決めておかなければならない。ここでは各巣箱での増殖率を検討することを目的としているため、巣箱単位の生命表を作成することとした。この実験で使用した巣箱当りの脱出成虫数は性比と共にあらかじめ一定としてあるため、すべて明らかである。巣箱ごとの生命表と付随する資料は第7～9表のとおりである。なお、ここでは表の整理上、生存個体数と死亡数の項目だけをあげることにした。また、この生命表は

第7表 りんご試無散布園におけるマメコバチの年次別増殖と生命表

項 目	1975	1977 a	1977 b	1978	1979	1980	1981
巣箱型式	小型	中型	中型	中型	中型	中型	中型
巣材数	3,898	3,760	4,089	2,836	2,500	3,000	3,000
放飼数	♀) 1,000 ♂) 1,000	♀) 1,000 ♂) 1,000	♀) 1,000 ♂) 1,000	482 497	500 500	500 500	500 500
営巣筒数	253	230	256	260	119	131	42
営巣率	0.065	0.061	0.063	0.092	0.048	0.044	0.014
総産卵数	1,973	1,278	1,940	2,073	652	682	148
コナダニ	8	0	—	7	5	19	2
不明死	9	0	—	28	26	31	5
幼虫数	1,956	1,278	—	2,038	621	632	141
不明死	23	0	—	9	0	4	1
前蛹数	1,933	1,278	—	2,029	621	628	140
独房破壊	0	0	—	0	0	0	0
トゲアシコバチ	111	60	—	2	0	0	0
シリアゲコバチ	0	1	—	0	0	1	0
不明死	12	39	—	13	1	20	2
蛹数	1,810	1,178	—	2,014	620	607	138
不明死	1	0	—	0	3	2	1
成虫数	1,809	1,178	—	2,014	617	605	137
カツオブシムシ	) 52	) 57	—	58	26	0	4
ヒョウホムシ	—	—	—	0	1	0	4
不明死	3	24	—	12	5	8	0
越冬成虫数	1,754	1,097	—	1,944	585	597	129
s	0.889	0.858	—	0.938	0.897	0.875	0.872
p_f	—	0.462	—	0.448	0.485	0.409	0.853
h	1.973	1.278	—	2.117	0.652	0.682	0.148
I_a	1.754	1.097	—	1.986	0.588	0.597	0.129
I_f	—	1.014	—	1.807	0.567	0.488	0.220

第8表 葛川におけるマメコバチの年次別増殖と生命表

項 目	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
巢箱型式	小型	小型	中型	中型	中型	中型	中型
巢材数	3,898	6,206	4,165	2,760	3,099	3,024	3,000
放飼数 [♀] _♂	1,000	1,006	1,000	500	500	210	500
営巣筒数	525	324	559	238	227	384	148
営巣率	0.135	0.052	0.134	0.086	0.073	0.127	0.049
総産卵数	4,098	1,957	3,193	2,030	1,135	2,349	872
コナダニ	3	8	14	2	21	2	4
不明死	37	57	120	37	24	105	30
幼虫数	4,058	1,892	3,059	1,591	1,090	2,242	838
不明死	179	19	1	11	9	1	27
前蛹数	3,879	1,872	3,058	1,580	1,081	2,241	811
独房破壊	0	30	0	39	0	19	27
トゲアシコバチ	99	24	33	1	0	0	0
シリアゲコバチ	0	31	119	34	129	53	58
不明死	93	79	7	8	8	73	28
蛹数	3,687	1,708	2,899	1,498	944	2,096	725
不明死	4	0	0	0	4	74	36
成虫数	3,683	1,708	2,899	1,498	940	2,022	689
カツオブシムシ	) 34	4	) 64	5	29	3	54
ヒョウホムシ		44		0	0	7	0
不明死	18	0	26	39	21	7	18
越冬成虫数	3,631	1,660	2,809	1,454	890	2,005	617
<i>s</i>	0.886	0.848	0.880	0.716	0.784	0.854	0.708
<i>p_f</i>	—	—	0.460	0.552	0.547	0.592	0.660
<i>h</i>	4.098	1.945	3.193	1.551	1.135	6.525	0.872
<i>I_a</i>	3.631	1.650	2.809	1.383	0.890	5.569	0.617
<i>I_f</i>	—	—	2.584	1.605	0.974	5.652	0.814

巢箱内の個体全部について調査したものの結果である。ここで、りんご試の'76年は欠測、'77年は20m離して2群を置き、そのうちの一方だけについて生存過程の調査を行った。また、平六では'75年に水害のため巢箱が流失して欠測となった外、'76年は20m位離して2巣群を設置した。

以上、3つの地点における生命表から、発育形態別の主な死亡要因を検討する。まず、卵ではコナダニによる死亡と不明死があり、コナダニは独房内に侵入すると発育しながら内部を盛んに移動し、マメコバチの卵に傷を負わせて死亡させる。この際、コナダニがマメコバチを捕食しているかどうかは不明である。時にはマメコバチがふ化した後、若齢幼虫でそのような傷害を受けて死亡する例もあるが、ここではそれも卵死として取扱った。卵の不明死は生理的な死亡の外に寄生菌、農薬の残留、過湿のような環境不順などのために死亡するものが含まれる。不明死は調査時に死卵が残っているものもあるが、卵を確認できないものもあった。全般に卵期の死亡率は原因不明のものが多かった。幼虫期の死亡は不明死がほ

とんどであり、この場合、調査時に幼虫の死体が残っているものが多かった。不明死の中には花粉団子への毒物混入、花粉塊の腐敗による摂食不能、幼虫自体の病気などが含まれていると考えられるが、調査時にこれらを区別することは困難であった。前蛹期における死亡は寄生蜂によるもの、他の筒営巣性蜂類による独房の破壊、原因不明によるものに区別される。寄生蜂の種類はツツハナトゲアシコバチとシリアゲコバチ

が確認された。これらの寄生蜂による死亡率は場所や年次によりかなり変動した。なお、この調査期間中ではエゾクロツリアブによる前蛹あるいは蛹への寄生は認められなかった。他の蜂類によって破壊された独房数は巣箱内に残された花粉や独房壁の痕跡によって推定することができた。このような破壊は平六と葛川に限られ、年によって若干認められた程度である。なお、巢の破壊は必ずしも前蛹期に限られることはなく、幼虫期にも行われるとみられるが、調査時にそれを区別することは困難であるため、ここでは前蛹期の死亡として一括して取扱った。前蛹期における不明死は病気、生理的な不調、寄生者による寄生の失敗などが含まれるとみなされる。蛹期における死亡要因は不明死だけとしたが、シリアゲコバチの活動時期とマメコバチの生活史から考えて、蛹期においてもこの寄生蜂の寄生を受ける個体がありうると考えられる。しかし、ここでは実際に寄生を受けた個体のまゆが薄く不完全であることから、多くのものは前蛹期前半に寄生を受けたものと推定され、一括して前蛹期の死亡要因として取扱った。蛹の不明死の原因は病気あるい

第9表 平六におけるマメコバチの年次別増殖と生命表

項 目	1976A	1976B	1977	1978	1979	1980	1981
巢箱型式	小 型	小 型	中 型	中 型	中 型	中 型	中 型
巢材数	6,206	6,206	4,140	2,684	3,099	3,024	3,025
放飼数 [♀] _♂	1,022	1,569	1,000	500	500	0	500
営巢筒数	175	564	448	611	353	33	725
営巢率	0.028	0.359	0.108	0.228	0.114	0.011	0.240
総産卵数	794	3,239	1,657	4,481	1,379	142	3,362
コナダニ	9	37	0	83	8	0	6
不明死	32	171	56	82	57	15	78
幼虫数	752	3,031	1,601	4,316	1,314	127	3,278
不明死	21	85	8	30	1	1	33
前蛹数	731	2,946	1,593	4,253	1,313	126	3,245
独房破壊	63	55	0	60	0	0	0
トゲアシコバチ	20	129	11	0	3	0	0
シリアゲコバチ	15	142	70	316	18	5	110
不明死	40	87	3	32	17	4	100
蛹数	593	2,533	1,509	3,843	1,275	117	3,035
不明死	1	4	0	17	7	2	89
成虫数	592	2,529	1,509	3,826	1,268	115	2,946
カツオブシムシ	0	2	16	27	4	5	4
ヒョウホムシ	1	2	0	0	12	0	19
不明死	3	6	22	21	6	10	1
越冬成虫数	589	2,519	1,471	3,778	1,246	100	2,922
s	0.742	0.778	0.888	0.843	0.904	0.704	0.869
p_f	—	—	0.604	0.535	0.608	0.450	0.516
h	0.776	2.064	1.657	4.334	1.379	—	3.362
I_a	0.576	1.605	1.471	3.654	1.246	—	2.922
I_f	—	—	1.777	4.042	1.515	—	3.016

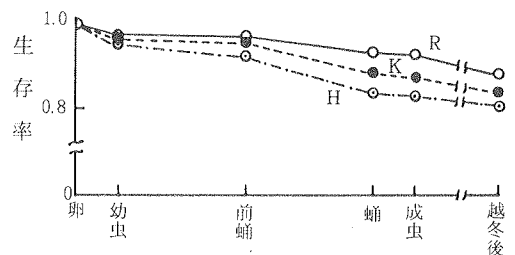
は生理的なものが考えられる。蛹期の死亡は一般に極めて少ないものであった。独房内における成虫の死亡要因としてはアカマダラカツオブシムシ *Trogoderma variatum* M. and Y. (?) 及びナガヒョウホムシ *Ptinus japonicus* REITTER による捕食の外に不明死が認められた。捕食者は調査時における幼虫、蛹又は成虫の存在によって、あるいは被害状況によって区別できる。成虫期の不明死には越冬前後の気象変動に適應できないもの、病死などが考えられる。成虫期における死亡率はそれ程高いものではないが、年次及び場所による変動が比較的大きく、その主要な死亡要因も変化する傾向が強かった。

巣箱別にみた卵から成虫脱出直前まで至る期間の生存率は生命表に示した。これでも明らかなように、りんご試では85.8～93.8%の範囲で、平均88.8%であり、葛川では同じく70.8～88.6%、平均81.1%、平六では70.4～90.4%、平均83.1%であった。このように全般的には筒内での生存率が非常に高く、80%以上の例が多い。地点別にみた平均的な生存率では、りんご試>平六>葛川の順で高かったが、その差は顕著なものではなかつ

た。各地点ごとに発育形態別の生存曲線を年次間の平均として求め、図示すると第9図のようになる。すなわち、この間の生存曲線はほぼ直線的であり、第2節でみたトラップ個体群と類似していた。

ii 飼育場所と増殖率
継続して行ったりんご試、平賀町葛川、平賀町平六の3か所のものについて調査年次ごとの放飼虫当り産卵数 (h) 並びに成虫増減指数 (I_a) の値を求めて生命表の下部に示した。 h ,

I_a の平均値はりんご試で、それぞれ1.14と1.03、葛川では2.76と2.36、平六では2.26と1.91であり、 h , I_a も葛川>平六>りんご試の順に高く、特に h では葛川がりんご試の約2.4倍であり、平六でも同じく2倍位であった。年次ごとにとみると、葛川とりんご試では'78年の1例を除くと h , I_a も葛川で高かった。平六においても共通して調査した年次は、初年度を除いてすべてりん

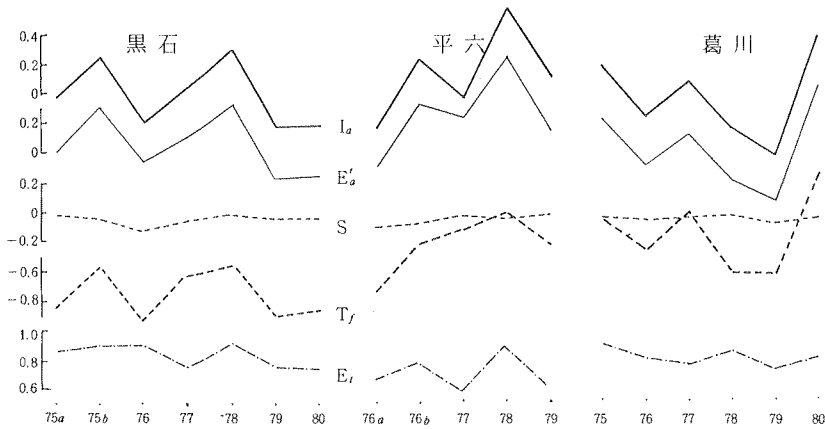


第9図 飼育環境の異なる場所でのマメコバチ生存曲線 (R:りんご試験場, K:葛川, H:平六) (1976~'81年の平均)

ご試よりも多い産卵数であった。特に'76年の平六、'81年の葛川を除けば、この2か所では1以下の I_a を示したことがなく、中でも'75, '77, '80年の葛川, '78, '81年の平六などは3以上の高い増殖指数を示した。なお、ここで年次別 I_a の変動は、場所間で必ずしも平行的にはならず、 I_a に関与する要因の働き方は場所によってかなり異なっているとみなされる。

iii 増殖過程の評価

各地点における調査事項に基づいて、営巣率、成虫増減指数、发育形態別生存数、要因別死亡数などを求めた結果は第7～9表に生命表として示した。これらの資料より、②式と④式に関係する値を求め、対数変換した上で、年次間変動をみたのが第10図である。



第10図 3つの飼育場所におけるマメコバチ個体群の変動要因分析

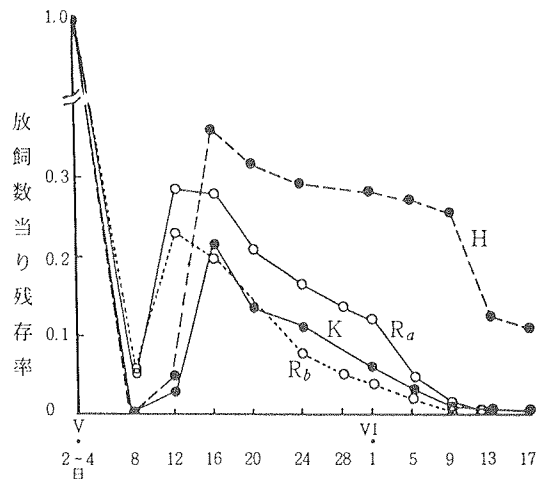
I_a : 成虫増減指数, E'_a : 放飼雌1個体当たり平均産卵数
 S : 世代内生存率, T_f : 放飼雌当り営巣筒数
 E_t : 営巣筒当り平均独房数

これより、②式に関係する I_a と E'_a , S についてみると I_a の変動は明らかに E'_a に依存しているとみなされる。ただし、 P_f は毎年ほぼ性比を揃えた上で放飼しているので変動がないものとして無視した。このことは、増殖過程の方が生存過程よりも増減指数の変動に強くかかわっていることを表すものである。次に、④式より求められる I_a と T_f , E_t , S の関係についてみると各地点を通じて共通しているのは比較的 T_f に強く依存していることで、年次あるいは場所によっては E_t も無視できないようであった。すなわち平六の'77年は E_t に強く依存したとみなされるもので、この原因は今のところ不明である。このように E_t よりも T_f に依存することは前節の場合と同様の傾向であり、マメコバチの営巣習性を反映している。すなわち、営巣筒数の増減は定着した雌数に第1次的に依存し、次いで、営巣が長びき、第2本目、第3本目の営巣を行うかどうかによって左右される。一般的に

定着雌当り平均産卵数(e_a)と営巣筒1本当り平均独房数(e_f)とが接近していることや営巣個体数の経時的な減少率、完成巣率の低いことなどからみて、2本目以降の営巣を行う個体は少ないものとみなされる。これに対し、1本当りの平均独房数は定着した雌がどれだけ産卵を継続できたかに依存するところが大きい。したがって、定着率に関する調査がない場合には T_f が定着率(S_f)を、 E_t が定着した雌の平均産卵数(E_a)をかなり反映しているものと考えられる。

いずれにしても、②式の場合と同じように、増殖過程が重要であることは明らかで、中でも定着率に強く依存していることが推定された。定着率に関する情報は'78年のものについて得られているので、この年の増殖率について

詳しく検討する。すなわち、各調査地点における巣箱に定着して営巣活動をしていた雌バチの消長は第11図のようであった。営巣個体数が最も多くなったのはりんご試で5月12日、他の2か所で5月16日であった。この時の個体数を定着雌数とみなし、放飼雌数に対する比率を求めて定着率とすれば、定着率は平六、りんご試、葛川の順に高く、それぞれ36.5%、23.4%、21.5%を示し、平六の定着率が特に高か



第11図 1978年におけるマメコバチ営巣個体数の消長
 H: 平六, K: 葛川, R_a : りんご試A, R_b : りんご試B

った。この際、平六と葛川では放飼虫に目印を付けたので、5月16日に定着虫におけるその比率を求めてみたところ、第10表のようであった。すなわち、目印の有無を観察できなかったものを除いてその比率を求めると、平六で74.6%、葛川で89.7%であり、いずれの場所においても放飼虫以外の野生個体が幾分棲息していると考えられた。りんご試の場合は目印をしないためにこの値は不明であるが、付近に別の巣群も置かれており、また、りんご試内一般圃場において行った別の試験でも、かなりの数が他から侵入していることを考えれば、やはり放飼虫以外のハチによる営巣もあったものとみなされる。

第10表 定着虫における目印の有無

巣群別	放飼虫 (雌)	定 着 雌 数			計
		目印有	目印無	不 明	
平 六	493	106	36	38	180
葛 川	497	78	9	20	107

営巣個体数の消長は、第11図でも明らかなように、平六においては5月16日に最高活動数に達した以後も6月上旬まで営巣個体数が多く、6月13日に急激に減少した。しかし、その時点でもなお、50個体を上回る数の活動が続いた。一方、葛川においては最高活動日は平六と変らなかつたが、その後の個体数の低下が幾分激しく、6月5日にはわずか10数個体までに減少した。このように葛川で定着率の低かつたこと並びにその後の低下が激しかったのは農業散布の影響とみなされる。りんご試においては、放飼日を他の2か所よりも2日早い5月2日としたため、定着虫が最高を示した日もやや早く、5月8日であった。その後の活動数は、5月20日まであまり変動がなかつたが、5月24日で急激に低下し、その後もかなり激しく低下していき、6月13日には0となった。この間、一般圃場においても、ハチに有害な農薬は使用されていないので、20日以降の低下は花の不足によるものと考えられる。すなわち、'78年はりんごの落花期が国光で5月26日であった外は、デリシャス系品種、ふじなど主要品種は5月18~21日であり、このあと開花数は急激に減り、代りの花粉採集植物もなくなっている。

定着後の営巣個体数の消長から延べ営巣活動日数Q (成虫・日)を

$$Q = \sum_{j=0+m}^{\text{Maxj}} \left\{ \frac{(j\text{日の活動虫数} + (j+m)\text{日の活動数})}{2} \cdot m \right\} \dots\dots\dots ⑬$$

によって求めると、りんご試1,639、葛川1,415、平六4,490となり、平六で極めて多かつた。なお、ここで、jは調査日で、5月8日を起算日とし、mは連続する調査日の間隔である。この際、最終調査日の6月17日にお

いても葛川では6個体、平六では55個体が活動を続けていたが、計算に当たっては、6月21日に活動数が0となったものと仮定して求めた。

一方、新しく作られた t, h, I_a, I_f など増殖率を評価する数値は生命表に示したように、いずれも平六>りんご試>葛川の順に高かつた。中でも平六は h で4.58、 I_a で3.78、 I_f で4.10と高く、りんご試の $h = 2.09, I_a = 1.96, I_f = 1.80$ に比較しておよそ2倍の増殖をみた。このように定着率が高く、営巣活動期間の長い平六で顕著に高い増殖率を示したことからのような環境条件が増殖に有利であるとみなすことができる。

iv 生存過程の評価

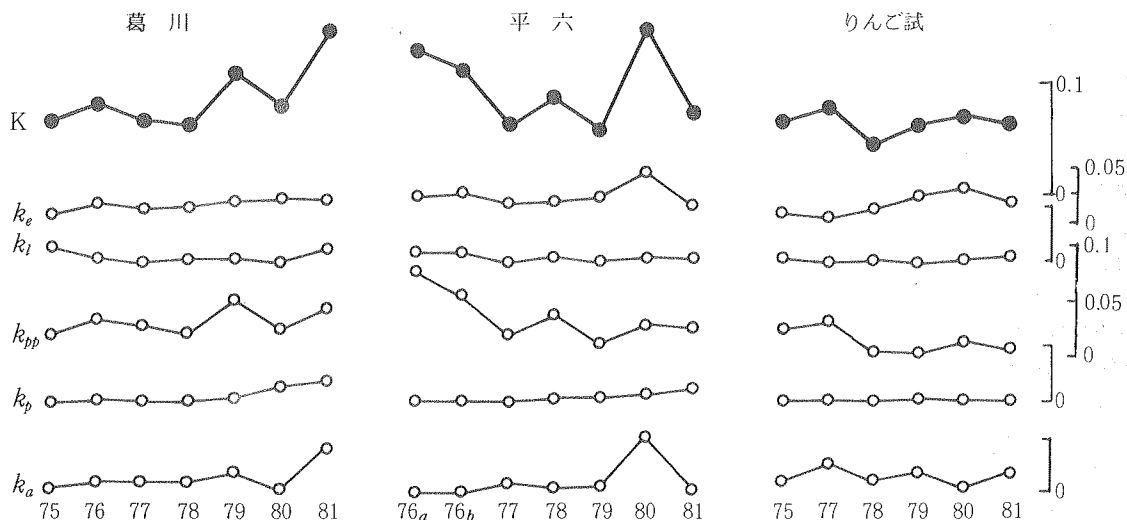
産卵された卵が成虫に至り、さらにそれが越冬して翌年巣から脱出するまでの期間に起きる死亡を総死亡とみなし、その間にどのような死亡要因が関与するかについては生命表の項でのべた。総死亡の変動は葛川と平六で大きく、りんご試では小さかつた。このような変動にかかわる要因を明らかにするため、前述したVARLLY and GRADWELの基本要因分析法を適用して解析を試みた。すなわち、この場合、Kは前述したように

$$K = k_e + k_l + k_{pp} + k_p + k_a$$

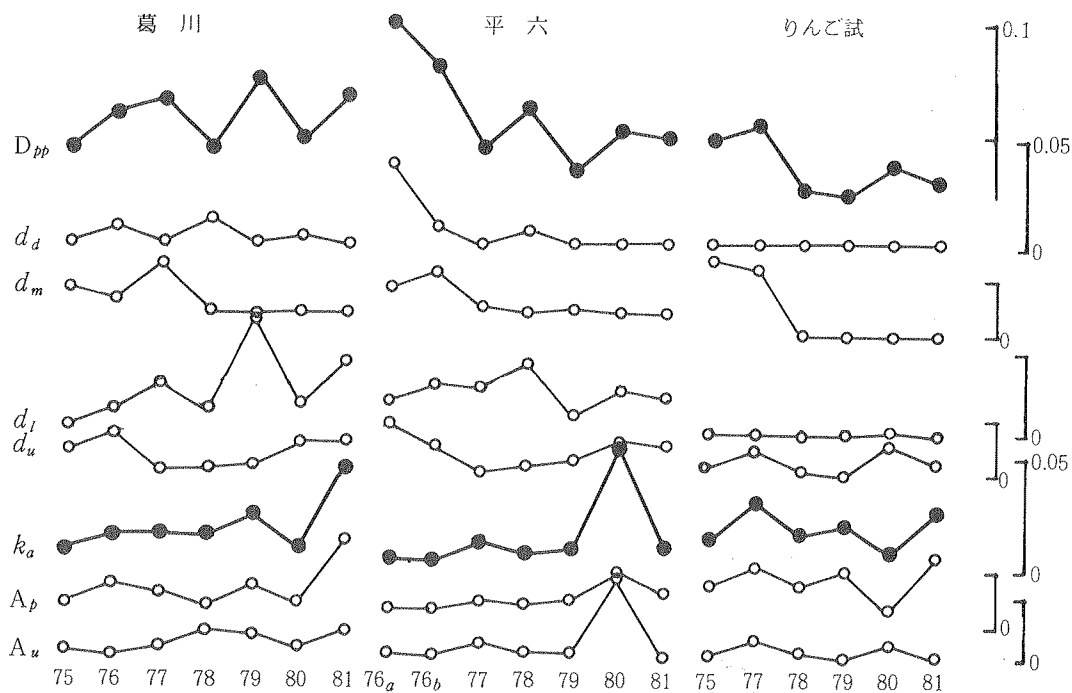
として表される。このようにして得られた葛川、平六、りんご試無散布園におけるKとkの変動は第12図のようであった。すなわち、葛川ではKの変動に最も近似した変動を示したのは k_{pp} であり、 k_a も幾分関連があり、無視できないようであった。このように葛川では世代内生存率が前蛹の生存率と筒内成虫の生存率の変動に強く依存していた。ところで、前蛹の死亡要因の中で年次変動幅の大きい要因をあげると、トゲアシコバチまたはシリアゲコバチによる寄生が第1であり、次いで不明死であった。前蛹の死亡過程には5つの死亡要因が含まれているが、それらの要因は、マメコバチに作用する前後関係が明らかでない。そこで、前蛹の死亡率 (d_{pp}) をさらに細分し、

$$d_{pp} = d_d + d_m + d_l + d_u \dots\dots\dots ⑭$$

として表し、それぞれの変動をそのまま第13図に描いた。ただし、 d_d, d_m, d_l, d_u はそれぞれ、独房破壊、トゲアシコバチ、シリアゲコバチ、不明死を表す。 d_{pp} の変動は、シリアゲコバチの寄生率の変動に最もよく近似し、さらに調査を開始した初期では、シリアゲコバチの寄生がなかつたこともあり、トゲアシコバチの寄生率に依存していた。この両者による寄生率を合わせると変動のほとんどを説明できる。同様にして葛川における成虫の筒内死亡率の変動をみると、カツオブシムシ並びにヒョウホムシによる捕食率の変動に強く依存していた。



第12図 3か所の巣箱におけるマメコバチの生存率変動の主要因分析



第13図 3か所の巣箱における前蛹と成虫の生存率変動の要因分析

d_d : 独房破壊, d_m : トゲアシコバチ, d_l : シリアゲコバチ
 d_u : 前蛹不明死, A_p : 成虫の捕食者, A_u : 成虫の不明死
 で、それぞれこれら要因から逃れたものの比率の対数値を表わす。

平六におけるKの変動はやはり k_{pp} に強く依存していたが、葛川同様に k_a の変動も無視できないようである。しかし、'80年はハチの放飼をまったく行わないで、土着のものが少数営巣したもので、特殊な事例とみることも

でき、これを除くと k_a はあまり重要でないといえる。ここで、 k_{pp} の変動が何に依存したものであるかを解明するため、葛川の場合と同様に前蛹期の全死亡率と死亡要因ごとの死亡率から第13図を作り検討した。すなわち、

d_{pp} は前半で独房の破壊、不明死などと近似して変動していたが、'77年以降はほぼシリアゲコバチによる寄生率の変動に依存していた。なお、'80年の k_a の高まりは主として不明死の増加によるものであった。

次に、りんご試無散布園におけるKの変動についてみると、前半では k_{pp} の変動に、後半では k_e の変動に近似しており、これらに依存しているとみなされる。 k_{pp} の変動は第13図から前半でトゲアシコバチに、後半ではシリアゲコバチに依存して変動していた。また、成虫期の生存率はカツオブシムシを主体とした捕食者の活動に依存する傾向が強かった。

v 2地点間の増殖率とそれに関わる要因の比較

ここで、飼育環境の異なる2地点、りんご試無散布園と新賀町葛川の巣群について、増殖率の差とそれに関与する要因についての分析を試みた。この分析には先に用いたIWAO & WELLINGTONの手法を応用し、作図によって評価する方法を用いることとした。すなわち、2地点におけるマメコバチの成虫増減指数を I_k, I_r 、同じく放飼雌当りの平均産卵数を e'_{ak}, e'_{ar} 、放飼虫の性比を p_{fk}, p_{fr} 、筒内生存率を s_k, s_r 、とすれば、

$$\frac{I_k}{I_r} = \frac{e'_{ak}}{e'_{ar}} \cdot \frac{p_{fk}}{p_{fr}} \cdot \frac{s_k}{s_r} \dots\dots\dots (20)$$

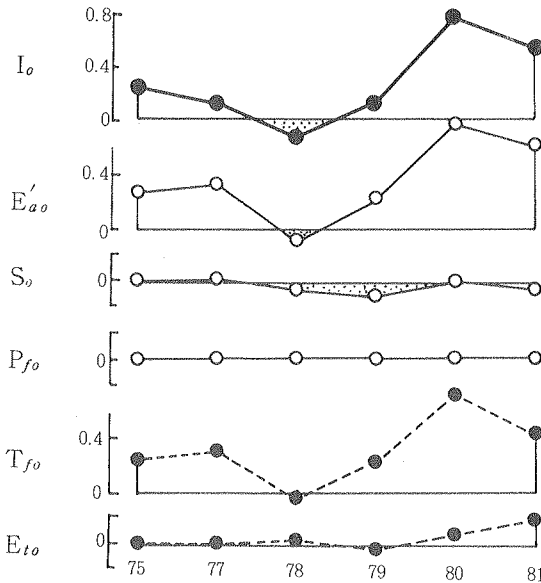
が成立する。これを対数に変換して $\log I_k = I_k$ のようにおくと、(20)式は

$$(I_k - I_r) = (E'_{ak} - E'_{ar}) + (P_{fk} - P_{fr}) + (S_k - S_r) \dots\dots (21)$$

のようにできるから、すでに求められている両地点の各要因の対数変換値の差を求め、 $I_k - I_r = I_o, E'_{ak} - E'_{ar} = E'_{ao}, P_{fk} - P_{fr} = P_{fo}, S_k - S_r = S_o$ として第14図に表わした。 I_o の変動と最もよく近似して変動しているのは E'_{ao} であり、他の要因はほとんど I_o の変動とかかわりをもっていないとみなされた。このことはそれぞれの要因と I_o との間で求められる r^2 値が E'_{ao} で0.956、 S_o で0.130であることから明らかである。また、

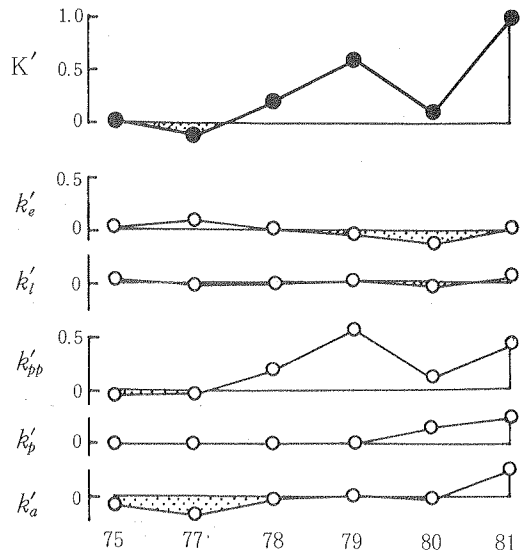
$$\frac{I_k}{I_r} = \frac{p_{fk}}{p_{fr}} \cdot \frac{t_{fk}}{t_{fr}} \cdot \frac{e_{ik}}{e_{ir}} \dots\dots\dots (22)$$

も成立する。ただし、 t_{fk}, t_{fr} は放飼雌1個体当たり平均営巣筒数、 e_{ik}, e_{ir} は営巣筒1本当たり平均独房数である。これも(20)の場合と同様にして、対数型とすれば $I_o = P_{fo} + T_{fo} + E_{io}$ とできるから、第14図に T_{fo} と E_{io} を点線で追加した。この場合は、 I_o の変動が T_{fo} の変動に強く依存していた。さらに I_o と2要因間で決定係数を求めると T_{fo} では $r^2 = 0.929$ 、回帰直線の勾配 $b = 1.197$ が得られたのに対し、 E_{io} では $r^2 = 0.311$ と低い値であり、上の事実を裏付けるものであった。



第14図 葛川とりんご試無散布園におけるマメコバチ増殖率の差の変動

I_o : 増減指数の差, E'_{ao} : 放飼雌1個体当たり平均産卵数の差, S_o : 世代内生存率の差, P_{fo} : 性比の差, T_{fo} : 放飼雌1個体当たり平均営巣筒数の差, E_{io} : 営巣筒当たり平均独房数の差を表わす。ただし、すべて対数変換値による。



第15図 マメコバチ生存率の変動における2地点間の差の変動

vi 2 地点間の筒内生存過程の比較

飼育環境の異なる平賀町葛川とりんご試無散布園の場合について、マメコバチの巣筒内における生存過程の比較を行うため、増殖率の比較を行ったと同じ手法を用いて解析を試みた。ここでは生存率の代りに世代内のKと各發育段階ごとの k_0 , k_1 , k_{pp} , k_p , k_a を用い、それぞれについて葛川とりんご試の差を求めた。求められた差を K' , k'_0 , k'_1 , k'_{pp} , k'_p , k'_a とすれば

$$K' = k'_0 + k'_1 + k'_{pp} + k'_p + k'_a$$

となる。それぞれの値を求め、年次ごとにその変動を示したのが第15図である。このように一見したところ K' の変動は k'_{pp} と k'_a の変動に強く依存していた。この際、 K' と $k'_0 \sim k'_a$ との関係で r^2 を求めた場合、それぞれ0.048, 0.078, 0.728, 0.401, 0.887となり、図から得られる印象と若干異なり、 k'_{pp} よりも k'_a との間で最も高くなった。しかし、 k'_a の変動幅は k'_{pp} よりも小さく、回帰直線の勾配は k'_{pp} でより1に近い値をとる。 k'_{pp} と k'_a を合わせると K' の変動の91.4%を説明でき、回帰式 $Y = 1.097x + 0.0008$ が得られる。また、図でも明らかなように k'_{pp} はほぼ正の値をとっており、このことは葛川で毎年前蛹の死亡率が高かったことを示す。しかし、 k'_a では必ずしもいずれかの側に片寄る傾向はなかった。ところで K' の変動に強く関与していた前蛹期と成虫について2地点間の死亡要因を比較すると、前蛹期では葛川で'77年以降にシリアゲコバチとアシプトコバチの寄生率がりんご試よりも明らかに高く、独房破壊もりんご試ではなかったのに対し、葛川では年によって若干認められた。また、トゲアシコバチは両方で同程度の寄生率を認めた。一方、成虫期の死亡要因は両地点で共通していたが、死亡率の高い年次がずれていたため年次ごとの差をとると両地区間の差が大きく表現される結果となっていた。このように両地点における死亡要因の差は主にシリアゲコバチの寄生率が山間地で高いことと独房破壊がやはり山間地に多いことが生存率の差をもたらす重要な要因とみなされる。

vii 生態的特性に関する2, 3の分析

これまでに報告したりんご試無散布園、殺菌剤散布園、平賀町平六、同町葛川などにおける増殖に関する資料及びこの後の章で述べる紙製ストロー群における増殖率の変動、複数化と定着率に関する資料などを基にマメコバチの性比及び営巣筒の変動、営巣筒数と総産卵数との関係など生態的、応用的に重要と考えられる事項について検討することとした。

(i) 性比

性比は場所、年次を異にするものとして巣箱ごとに雌の比率をみると、最低が0.403, 最高が0.853であり、

かなりの幅が認められた。このような変動が何によって生じてくるのだろうか。ツツハナバチ類では1本の巣筒の中では奥の方に雌を、手前の方に雄を産む傾向のあることが知られている(生島, 1936; 平嶋, 1959; 山田, 1971; 前田, 1978)。すなわち、産卵の順番からいくと、雌が先に生まれ、雄が後半に生まれることになる。とすれば雌が産卵中に何らかの原因で多く死亡したり、天候や花粉不足のために充分産卵行動ができないうちに死亡したり、他へ移動した場合、性比が高まることが考えられる。この点については各巣箱における定着虫当りの産卵数と性比の関係を検討することによって、ある程度状況証拠を得ることができる。そのような組合せをとることができる12組の資料を基にして、両者の相関関係を求めると $r = -0.603$ となり、これは有意な値である。さらに性比を逆正弦変換し、定着虫当り産卵数を対数変換した上で同様に求めると、 $r = -0.701$ となり、やはり有意であった。また、営巣筒当り平均産卵数と性比との関係では、24対の資料を使用することができ、 $r = -0.437$ であった。これもやはり有意な相関関係である。これらのことから、マメコバチの性比は雌成虫の活動量と関係あるものとみなされ、長期間充分に活動した場合に低下し、逆に充分産卵できないで、途中で活動を中止したような場合に高まる傾向がある。

(ii) 定着虫数と営巣筒数の関係

雌バチが多く定着した巣箱では当然営巣筒数が多くなることが予想される。この関係を調査資料から求めると第11表のようになり、有意な相関関係が認められた。すなわち、定着雌数(a)と営巣筒数(t)をそれぞれ対数変換した値での関係では $n=16$, $r = 0.789$ であり、これは危険率1%で有意である。ここで、定着虫数から営巣筒数を直線によって回帰しようとするれば回帰式は

$$T = 2.758 A_r + 1.732$$

となるが、この際、決定係数は0.61とあまり高くなかった。

(iii) 営巣筒数と総産卵数

営巣筒数(t)と総産卵数(e)との関係はやはり正の相関関係が予想されるが、資料を検討した結果では第11表のように両者の対数変換値で極めて高い相関関係を認めた。両者の関係は直線で回帰することができ、その場合の回帰式は

$$E = 1.136 T + 0.462$$

となり、ここで、 $n=35$, $r^2 = 0.916$ である。この式のTに最小単位(1本)を与えたときの理論値は e に換算して2.9個となる。ただし、この計算には不完全巣も含まれる。

第11表 各要因間の相関関係及び回帰係数

要 因 (x - y)	変 換	資 料 数	相 関 係 数	回 帰 直 線 の 係 数	
				a	b
営巣筒当り平均独房数 — 性比	—	24	-0.437 *		
定着雌当り平均独房数 — 性比	—	12	-0.603 *		
” — ”	逆 正 弦	12	-0.701 *		
定着雌 — 営巣筒数	対 数	16	0.789 **	1.732	2.758
営巣筒数 — 総産卵数	”	35	0.957 ***	0.462	1.136
完成巣筒数 — 不完全巣筒数	”	9	0.714 **	1.654	0.348

備考：a, bは $y = a + bx$ における係数を表わす

(iv) 完成巣筒数と不完全巣筒数

完全巣と不完全巣との量的関係は、対数変換値で有意な正の相関関係を認めたものの、直線で回帰することは困難であった。

考 察

一般にマメコバチの増殖率は飼養者により大きく異なる。このような差は飼育場所の自然条件の外に、飼育資材、飼育技術などの差も反映されているので、それらの実態調査から増殖率にかかわる自然要因を解析するのは困難である。自然条件が増殖率になるべく反映されるよう放飼量並びに飼育方法を一定にして増殖率を比較した事例としては各地のリンゴ園に巣箱を配置した前節の例がある。しかし、これでは病害虫防除のために行われる農薬の散布内容が場所によって異なるため、その影響が強く現われ、目的とするような考察ができない。そこで本試験では農薬散布がないか、その影響の少ない場所を選定し、その他の人為的操作もできるだけ均一になるように努めた。さて、個体群密度の増減は増殖過程と生存過程に区分することができ、種によってその過程に特徴がみられることが多いので、以下にそれぞれの過程に分けて論議する。

i 増殖過程

増減指数における年次間、場所間の差は増殖過程に強く依存し、それはまた、雌成虫の定着率、1雌の産卵数に負うことが明らかとなった。このうち、雌の定着率は山間地の平六、葛川で高く、平野部のりんご試で低かった。このように定着率に差をもたらす要因としては成虫脱出時の鳥による捕食や成虫の分散によることが考えられる。一般に里に多いスズメ、ムクドリなどはマメコバチの脱出期頃から雛をかえすものが多く、単調な環境の中で、マメコバチが脱出時に群がっている状況はこれらの鳥類により発見されやすいものと考えられる。これに対

し、平六、葛川ではこのような鳥は少なく、むしろカラ類、キツキ類など多種類の鳥が生息しているが、これらの場所では環境が複雑でハチが分散し易い上、各種の餌が豊富にあるため、マメコバチが集中的に鳥の攻撃を受けることは少ないものと考えられる。定着率を左右するもう一つ重要な要因として分散がある。巣箱、巣材、放飼密度などを一定にして放飼した場合にみられる分散量の場所間差は少なくとも成虫脱出時における蜜源の多少が関与しているものと考えられる。すなわち、成虫は脱出時から営巣開始までの間に吸蜜を行って体力を養う。この際、付近に蜜源のない場合はいきおい遠くまで探索に行くことになり、その距離が大きい場合は帰郷できなくなるおそれがある。帰郷可能な距離についての知見はないが、KITAMURA & MAETA (1969) によると営巣中のマメコバチは500 m以上離れた場所で放すとは帰巣できない個体が出るといわれる。また、この期間は夜間の休息場所を吸蜜場所の付近でとることが多いと考えられるので、吸蜜場所付近で適当な筒を発見し、そのまま営巣場所として利用することもありうる。このような吸蜜植物は平野部のリンゴ園で少なく、山間地ではほぼ普遍的に分布する。その他まったく帰郷性を欠く個体の存在も考えられるが、それに関しての知見は今のところみられない。

1雌当り産卵数の差は定着した個体の寿命、営巣活動期間、花粉源の多少などと重要な関連があるものと考えられる。雌成虫の寿命に影響を与える要因としては営巣期間中における鳥による捕食があり、これは定着率の場合と同様に平野部で強く働いているとみられる。一般にマメコバチの雌は好適な条件下では平六でみられたように約1か月半の間営巣活動に従事でき、6月中～下旬まで活動する。同様のことは前田・北村(1965)などの報告にもみられ、その間複数の植物を花粉源として利用できる。しかし、大集団のリンゴ園内ではリンゴ以外に利

用できるような花粉源が少なく、リンゴの花がなくなる5月下旬には他の花粉源を求めて、他所へ移動するのではないかと考えられる。これに対し、平六、葛川では野生の植物が引続いて開花し、このため活動期間を長くすることができる。実際に山間地では6月以降にトチの花粉が採集されていた例を認めている(山田,未発表)。花粉源の不足は前記のような分散を促す要因ともなるが、営巣中の個体にとっては作業能率の低下をもたらすことになり、労働当りの産卵量が少なくなると考えられる。マメコバチは花粉採集に際し、葯上の花粉量が少なくなると花粉採集旅行中の訪花数が著しく多くなることが認められている(山田ら,1971)。以上のように増殖過程においてはいずれの要因も山間地で有利であるとみられ、これは2地点間の増減指数の差の変動解析からも明らかである。

ii 生存過程

増殖過程に比較して生存過程は増減指数を左右する要因としては重要でないとされた。しかし、これはこのような実験条件下でのもので、一般に飼育歴の古い巣群で

は天敵の増殖が起り、生存過程もまた極めて重要なものとなってくる(山田ら,1971)。世代内の生存率では山間地よりも平野部で高い傾向を示し、その差の主要なものとしては各種の寄生蜂と他の蜂によるとみられる巣の破壊にあることが判明した。ここで、寄生蜂としてはツツハナトゲアシコバチ、シリアゲコバチが認められ、両者はいずれも寿命が比較的長く、生存期間中には餌を摂取するものとみなされる。山間地でこれらの寄生蜂が多いのは各種の寄主があり、餌など寄生蜂の生存に必要な条件が備わっているためと考えられる。一方、りんご試では寄主があっても寄生蜂の生存に必要な条件が不十分であったり、環境抵抗が大きいことが考えられる。しかし、その具体的な条件については不明の点が多く、今後の検討課題である。

増殖過程、生存過程を含めて増減指数を左右する要因が具体的に明確になったことは極めて意義あるものと考えられる。今後、マメコバチの増殖率を高めるにはこれらの要因を増殖に有利になるようにするための技術を開発する必要がある。

6. 飼育条件と増殖率

同じ飼育条件下でも自然環境の違いによって増殖率が大きく変ることは前節で述べた。一方、同一場所で飼育しても年次により、或いは飼育条件により増殖率は変化する。ここでは応用上必要な飼育条件の変更がマメコバチの増殖に大きく影響することがないかどうかを評価しようとした。飼育条件については成虫の脱出期を遅らせた場合と多数の個体を集中的に飼育した場合について検討した。

試験方法

i 成虫脱出期を遅らせた巣群での増殖

1970, '71年の2年間、りんご試験場内にアシ筒を巣材とした巣箱を設置して試験した。'70年にはあらかじめまゆを取り出して保管してあるたねバチを供試した。すなわち、性別の明らかな814個体(うち雌が451個体)を4月上旬に外側を黒紙で包んだ試験管に50個体ずつ収容し、和紙で口をふさいでから0~4℃の低温室に保存しておいたものである。これを4月30日に取り出し、両面利用のアシ筒2,850本と一緒に圃場の巣箱に配置した。巣箱は底を抜いたリンゴ箱を用い、1巣箱に全アシ筒を入れ、さらに筒の間にハチを入れた試験管を挿入しておいた。巣箱は木造の建物の東側に接近させて、地上50cm位のところに設置し、周辺の薬剤散布経路、ハチの活動消長を調べた。さらに、12月には営巣された筒を割って

営巣数、独房の内訳、性別などを調査記録した。

'71年は2~3月にアシ筒から取り出し、まゆの先端をわずかに切除して飼育室に保管しておいた成虫を使用した。これを前年同様に試験管に収容して常温下におき、4月上旬から低温室に移した。芽出し2週間後の薬剤散布が終了した翌日に当たる4月30日に3,202個体(うち雌が1,574個体)を低温室から取り出し、場内の巣箱に配置した。この巣箱には紙製ストロー8,816本を与え、その後の活動状況、増殖率などについて調査した。

ii 大量飼育における増殖率

'70年と'71年の2年間にわたり、りんご試験場内の農薬を散布していない圃場に横2m×奥行1m×高さ1mの巣小屋を地上70cm位に設置した。これにリンゴ箱の底を抜いて作った巣箱を積み重ね、巣箱には節を中心にして30cm位に切ったアシ筒を一杯に入れて巣材とした。ハチの放飼は巣箱の中で行い、巣小屋の前にはナイロン製の防鳥網を張って鳥の侵入を防ぎ、さらに季節風を防ぐため西側に約50cm離してススキを素材として作られたすだれを張った。成虫の活動が終わってからは、防鳥網の代わりに2mm目の金網でふさいでおいた。'70年の場合は、4月上旬にアシ筒10,410本を巣箱4個に分けて与え、たねバチとして性別の判明している4,150個体(うち雌2,400個体)を試験管に入れたものとアシ筒に入ったままの個体193本分(1,211個体に相当)を放飼した。また、

'71年は4月上旬にアシ筒15,755本を巣箱7個に分けて与え、前年の試験で得られた巣筒3,000本(推定18,825個体)を各巣箱に分配した。巣筒の分解調査は'70年には行わず、71年のものは同年12月頃に任意にとった完成巣100本と未完成巣100本について独房ごとの生死、死亡要因、性別などを詳しく調査した。また、翌年3月にはさらに1,530本の巣筒を分解し、筒内での死亡要因と死亡率を調べた。他の営巣筒もその後すべて分解してまゆをとり出し、まゆ数を確認した。

結 果

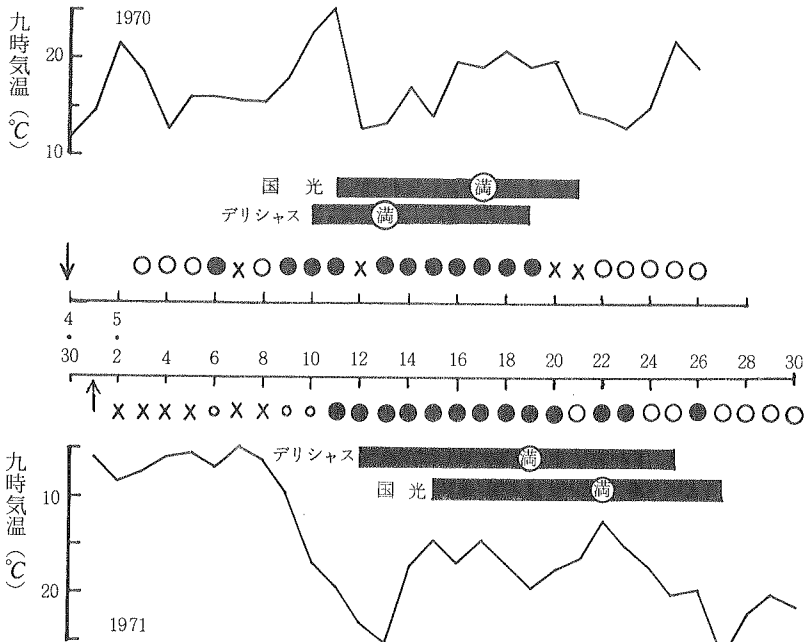
i 脱出期を遅らせた巣群での増殖

1970年の場合、試験圃場は4月29日にNAC水和剤(50%)800倍が散布されてから落果後まではハチに有害と思われる殺虫剤が散布されなかった。しかし、この年の放飼日は4月30日であるからNAC剤散布の1日後に当たる。

放飼後の活動消長は第16図のとおりであり、放飼翌日

からすでに雌、雄とも脱出する個体が認められ、特に雄の飛しょうが多くみられ、2,3の交尾個体も認められた。さらに5月1日には好天もあり、雌の脱出が盛んで交尾個体も多かった。5月6日から営巣が開始され、5月26日頃まで続いた。

この巣群における増殖状況及び生命表は第12及び第13表に示した。すなわち、放飼数の841個体(雌451個体)に対して次世代の生存虫2,734個体であるから成虫増減指数は3.4に達する。また、雌増減指数は3.2であった。死亡要因では卵期の原因不明による死亡が5%に達したほかは、コナダニ1.3%、その他5.0%以下であり、比較的安定した生存率を示した。



第16図 脱出期を遅らせたマメコバチの活動消長

●;活動多い, ○;活動あり, ◐;活動少ない
x;活動なし, ↓;放飼日
りんごの品種は開花期間を表わす。

第12表 1970年における脱出期を遅らせたマメコバチの増殖状況

調査項目	個数	比率(%)
営巣筒数	302	100
内訳	片面	241
	両面	61
独房数	2,963	—
放飼雌当り平均産卵数	6.6	—

備考: 放飼蜂数は814(内雌が451)

第13表 成虫脱出期を遅らせた巣群における生命表(1970)

发育段階	生存虫数	死亡要因	死亡虫数	死亡率(%)
卵	2,963	コナダニ	38	1.28
		不明死	147	4.96
		計	185	6.24
幼虫	2,778	不明死	16	0.58
前蛹	2,762	"	16	0.58
蛹	2,746	"	9	0.33
成虫	2,737	"	3	0.11
越冬成虫	2,734	雄	1,307	47.81
雌成虫	1,427			

一方、'71年においては放飼した3,202個体のうち試験管から脱出しないまま死亡した個体が92個体（雌が51個体）あり、これは放飼数の2.9%に当たる。5月1日に放飼してからの活動状況は第16図のとおりで、5月上旬に低温が続いたため、8日までの間で6日午前中に幾らか脱出したほかはほとんど活動しなかった。9日と10日の午前中によりやく活動が多くなり、11日以降本格的な活動に入り、早いものは営巣を開始した。営巣は13日頃から多くなり、最初の完成巣は18日に認められ、その後次第に増加して26日頃まで多くみられた。国光の落花期に当たる27日以降は急激に活動数が減少し、完成巣もわずかしかみられなくなった。このように'71年は、放飼後営巣に入るまでかなり長い期間を要した。これは低温が続いたためで、その間リンゴの生育も停滞するため、ハチの活動と開花時期がずれることはなかった。

最後のハチは5月30日までみられたが、それ以後はみられず、したがってハチの営巣活動はリンゴの開花期とほとんど一致した。この間に作られた全独房数は8,033個で、これは放飼虫数に対して2.51倍の増加であり、また放飼雌数（生存した1,523個体）当りの産卵数としてみると5.29個となる。さらに初期の定着雌数（14日調査で368匹）当りでは21.91個の産卵数となる。

このように放飼したハチの定着率は非常に悪く24.6%にとどまったが、定着した個体の産卵数は比較的多く、順調に活動が行われた。定着率が悪かった理由としては放飼した近辺（少なくとも周囲150m）で脱出が多かった5月10日頃にほとんど開花植物がなかったこと、巣材として紙製ストローを単に間口9×9cmの紙箱につめて与えたことなどにより好適な条件の巣材が不足したことがあげられる。

以上2年間の成績から明らかなように越冬直後のマメコバチを0～5℃位の低温に保管し、15～20日位脱出期を遅らせることにより、殺虫剤の被害を回避し、さらにリンゴの開花期にハチの営巣期を合致させることができた。

ii 大量飼育における増殖率

(i) 増加率

1970年の場合営巣用として与えた筒数、新たに作られた巣筒数などは第14表のようであった。すなわち、リング箱1個当りの平均筒数は2,400本位であり、これがリング箱にぎっしり詰めた場合の平均的な筒数とみなされる。この際No.5は700本を束ねてリング箱の上に乗せておいたものである。一方、新たに作られた巣筒は供与した筒の31.5%に当たる3,281本であり、そのうち4.5%は両側から入って両側共完成された筒であり、両側に営巣して片側だけ完成のものが43.8%、両方とも未完成

のもの51.7%であった。3,281本の独房数は1971年の調査結果から得られた完成巣、未完成巣別の生命表と筒当たり独房数の資料を用いて1群の総独房数を求めると31,460個体となる。一方、放飼数は5,360個体であったから放飼成虫当り産卵数は5,869となる。また、与えたアシ筒は放飼成虫数の1.94倍に相当し、これは雌バチ当りに計算すると3.53倍となる。ここで筒は節の両側から入れるので、利用できる筒はさらにその2倍と考えることができる。したがって、放飼した1雌当りに与えた筒数は計算上約7本となる。

'71年の場合は、巣筒内に設置したアシ筒の量とそれへ新たに作られた巣筒数は第15表のようであった。ここでL-2の箱を除くとほぼぎっしりアシ筒がつめられた状態であり、L-2を除いた箱の平均アシ筒数は2,450本となり、ほぼ前年と同じであった。新たに作られた巣筒は完成、未完成を含めて巣箱ごとにとみると、与えた筒の28.7～49.8%であり、全体では37%に当たる5,829本であった。一方、たねバチ用として与えた巣筒は3,000本であったから、巣筒で求めた増加率は1.94倍となる。1970年同様に巣筒1本当りの成虫数を6,275、性を雌で0.453とし、推定放飼虫数を求めると18,825個体となり、そのうち雌は8,528個体となる。これより、1本のアシ筒の両面から利用できるとして1雌当りに与えられたアシ筒数を求めると3.69本となり、前年より約半分近く少ない量であった。

(ii) 完全巣と不完全巣における筒内死亡

'71年に営巣した筒のうち、不完全巣を124本、完全巣を100本任意に抽出して、分解調査した結果から生命表を作成したところ第16表のようであった。ただし、ここで巣筒数は節から片側をもって1本とした。

この際、巣筒当りの平均独房数は完全巣で最高16、最低5、標準偏差±2,620、母平均9,160±0.520個であり、不完全巣では、同じく最高15、最低1、標準偏差±2,878、母平均6,363±0.512個であり、両者を合わせると7.1個となった。筒内で越冬成虫にまで至った個体は完全巣で88.1%、不完全巣で76.4%であり、全体では82.3%であった。このように完全巣は不完全巣に比較して全死亡率で10%位低い値を示し、その主な相違点は卵期における死亡と、前蛹期におけるトゲアシコバチの寄生による死亡であった。

'71年に作られた巣筒のうち、分解調査で残ったものからさらに1,530本について巣筒を割ってまゆ形成に至るまでの死亡要因と生存率を調査した結果は第17表のようであった。

すなわち、前蛹直前までの全死亡、卵期におけるコナダニによる死亡は、先に調査した完全巣と不完全巣の中

第14表 大規模巣群におけるマメコバチの増殖 (1970)

項 目	箱 別 (No.)					計	
	1	2	3	4	5		
放 飼 数 ♀	500	1,150	548	750	0	2,948	
	♂	1,000	50	662	700	0	2,412
	計						5,360
筒内死亡数 ♀	2	17	—	3	0	22	
	♂	11	1	—	3	0	15
	計						37
与えた筒数	2,600	2,420	2,340	2,350	700	10,410	
新 巢 筒 数	733	714	713	971	290	3,281	
内 訳	両側完成	32	33	20	50	14	149
	片側完成	317	303	300	413	103	1,436
	未 完 成	384	378	393	468	73	1,696

第15表 大規模増殖試験における営巣状況 (1971)

巢 箱 No.	与えた筒数	新たに つくられた 巢筒数			合 計
		完 成 巢	未 完 成 巢		
L — 1	2,060 本	404 本	537 本	941 本	
	2	1,054	301	224	525
	3	2,726	345	631	976
R — 1	2,897	345	485	830	
	2	2,627	353	471	824
	3	2,483	425	578	1,003
	4	1,907	205	525	730
合 計	15,754	2,378	3,451	5,829	
同 上 %	100.0	15.1	21.9	37.0	

間位の値を示した。卵及び幼虫の不明死は不完全巣よりも幾分多かったが、その差はごくわずかであり、ほぼ第16表に示した値に近いものであった。しかし、その後残った巣筒をすべて割って独房数を調べた結果、先に割った分を含めると巣筒が5,829本、独房が36,579個であった。したがってこれから求められる1本当たり平均独房数は6,275個となる。また、'71年の放飼数は18,825個体と推定されるので、この巣群における成虫増減指数は約1.94となり、巣筒数で求めた増加率とはほぼ一致した。

考 察

成虫の脱出期を調節することは目的とする受粉植物の開花期と成虫の活動時期を一致させたり、病害虫防除のために用いられる有害な農薬の影響から回避させるなど

応用上重要な意義を有する。マメコバチの脱出期調節については1968年頃より開始した一般園における放飼試験を行うにあたり、現地に運搬する前にハチが脱出しないようにするため、5℃前後で低温貯蔵を行って実施してきた。しかし、低温貯蔵に関する実験的な研究はあまり行わず、経験的に1~5℃で1か月位脱出を抑制できることをそのまま実行し、ほとんど問題がなかった。前田(1974)は同じような目的でマメコバチを貯蔵する場合は5℃位が適当であるとしている。このような脱出抑制を行った場合、抑制期間における死亡率が低いものである上に、その後の増殖にも支障のないものでなければならない。本試験の場合は成虫増減指数が3.4及び2.5であり、これはマメコバチを毎年利用してい

くことを前提としても何ら支障のないものとして評価できる。さらにこの程度の増殖率は脱出期抑制を行わない自然条件で飼育した場合に見劣りしないものである。しかし、増減指数はいろいろな飼育条件、環境条件、気象条件などによって変るため、さらに各種の条件下で脱出時期を遅らせた場合の増殖率について検討する必要がある。その点については後の節で述べることにする。

一方、マメコバチを集中管理して、大量に飼育しながら増殖を図ろうとする場合、増殖率の低下が心配される。すなわち、巢の競争、営巣時における個体間の干渉、花粉源の競争、鳥による捕食率の増加などの懸念がもたれる。これらの関係を精密に評価するにはそれなりの実験計画を必要とするが、ここではある程度大量に飼育した場合にその増殖に何か特に目立った影響が現われないか

第16表 完全巣と不完全巣における生命表

発育形態	死亡要因 ($d_x F$)	完 全 巣			不 完 全 巣		
		l_x	d_x	$100q_x$	l_x	d_x	$100q_x$
卵		806			785		
	コ ナ ダ ニ		64	7.9		105	13.4
	不 明		13	1.6		44	5.6
	計		77	9.5		149	19.0
幼 虫		729			636		
	不 明		0	0		0	0
前 蛹		729			636		
	トゲアシコバチ		4	0.5		26	4.1
	アシブトコバチ		1	0.1		0	0
	不 明		8	1.1		8	1.3
	計		13	1.8		34	5.3
蛹		716			602		
	不 明		0	0		2	0.3
成 虫		716			600		
	不 明		6	0.8		0	0
越冬成虫		710			600		
	全 死 亡		96	11.9		185	23.6
	雌 (比率)	340 (0.479)			254 (0.423)		

第17表 大量飼育した巣群におけるマメコバチの生命表

発育段階	l_x	$d_x F$	d_x	$100q_x$
卵	9,079			
		コ ナ ダ ニ	882	9.71 %
		不 明	654	7.20
		計	1,536	16.92
幼 虫	7,543			
		不 明	38	0.50
まゆ形成	7,505			
		全 死 亡	1,574	17.34

どうかをみようとしたものである。試験で得られた'70年と'71年の成虫増減指数はそれぞれ5.87及び1.94であり、年次によって大きな差がみられた。これは他の試験においても'71年は'70年よりも増減指数が低かったこと、雌当たりの巣材数が2年目で少なかったことなどを考慮すると、増殖条件が総じて2年目で悪かったことによると考えられる。それにしてもリンゴ園という条件下において、1巣群に数万個体のマメコバチを飼育してもなお2倍程度に増殖できたことは今後の増殖管理技術を考える

上で重要な事実である。すなわち、開花期間中の悪い気象条件によりマメコバチの活動日数が制限されるような場合、受粉に必要な成虫の活動量を確保するためには飼育密度を高めることが必要となる。1群当たり数万個体を維持することができるという結果は少なくとも過去30年間のりんご試における気象観測資料から得られる開花中活動可能日数(山田・高木,投稿中)と山田ら(1971),前田・北村(1981)の試算による1巣群当たりの必要個体数から割り出される上限をはるかに越えるものである。このことは悪い気象条件を考慮して、あらかじめ高密度で飼育しようとすることに道をひらく。アシ筒を使用した大量増殖試験において、営巣された筒の半数以上は未完成巣であった。入口閉鎖壁並びに入口栓のないこのような巣では完成巣に比較して天敵の被害を受け易いと一般的に考えられる。しかし、マメコバチの場合、

どの天敵による死亡が未完成巣で多くなるかは必ずしも明確でなかった。本調査の結果でツツハナトゲアシコバチによる寄生率が未完成巣で目立って高まっていたことはこの寄生蜂の産卵習性からみて予想されるものである。すなわち、この寄生蜂は健全なアシ筒の外側から内部の寄主に産卵することはできない(前田,1978)が、不完全巣では筒内に侵入できるため、不完全な独房壁をもつ前列の独房には容易に産卵できることに起因するとみられる。また、卵の不明死とコナダニによる死亡がや

はり不完全巣が多かった。卵の不明死は捕食性昆虫による影響と考えられ、これが不完全巣でより強く作用したものとみなされる。コナダニの寄生率が不完全巣で高かった理由は明確さを欠くが、マメコバチの活動が終ってからコナダニのヒポプスが歩行によって移動侵入し、欠

陥のある独房を犯したとも考えられる。以上のようにマメコバチにおける入口閉鎖壁や入口栓は少なくとも一部の寄生蜂や捕食性昆虫からの被害を減ずる効果を有するものと評価される。

7. 紙製ストロー群における増殖率の年次変動

マメコバチの増殖には飼育環境、飼育条件が影響を与え、この際、個体群の側からみると増殖過程が重要なかわりをもっていることを述べてきた。しかし、増殖過程の中で何が主要因をなしているかについては確定できなかった。そこで、同一場所で、飼育条件をあまり変えないようにして飼育を行い、増殖過程におけるより詳しい調査を加えながら、増殖率の年次変動を明らかにし、変動の主要因を解析しようとした。

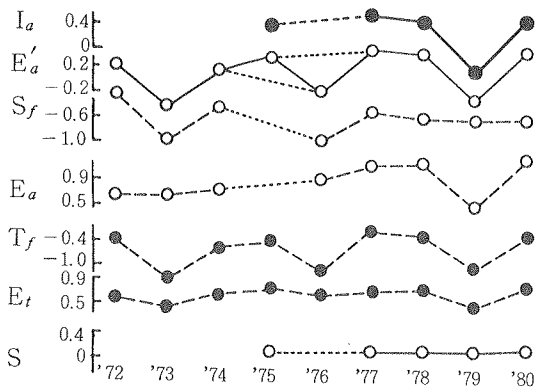
試験方法

1972~'80年に、りんご試験場内にマメコバチ用小型巣箱を設置し、これに1,500本ずつの紙製ストローを板溝に挿入して与えた。たねバチは、巣筒から取り出したまゆを放飼箱に入れて巣材の上に置くか('72, '75, '77年以降)、又は紙製ストローに入ったままのものを中央部の板溝に挿入して('73, '74, '76年)放飼した。巣箱の前面にはビニール製の防鳥網を張り、その前の地面には採土場として40×50×40cm位の穴を掘っておいた。ハチの放飼日から一週間位後に雌の定着数を調査し、さらに年次

によっては定期的に営巣活動をしている個体数を調べた。当年の産卵数、筒内死亡要因と死亡率などを明らかにするため、冬季の休眠期に巣筒を分解し、巣筒ごとの独房数と独房ごと個体の生死及び性別を調査した。

結果

年次ごとの調査結果は第18及び19表に示したとおりである。この中で'72, '73, '76年は死亡要因及び死亡率に関する調査を欠き、1975年は定着率と性比に関する調査を欠いた。これより、生命表作成の可能な'75, '77~'81年については生命表を作成し、第5章で行ったと同じ手法により、増減指数の変動とその要因の解析を試みた。まず、成虫増減指数 I_a が増殖過程と生存過程のいずれにより依存しているかを確かめるため、②, ③, ④式の関係について検討した。ただし、 $I_a, p_f, e'_a, s, s_f, t_f, e_t$ などは第1表に示したと同じであり、それぞれ対数値 $I_a, p_f, E'_a, S, S_f, T_f, E_t$ などに対応する。これらの値について第18及び19表から算出し、さらにその年次変動を示したのが第17図である。ただし、ここで性比は、毎年ほぼ0.5として放飼したので、変動要因解析に当たっては無視した。 I_a の変動は②又は③式でみると、放飼1雌当りの平均産卵数 E'_a にほとんど依存し、 E'_a は雌成虫の定着率 S_f に依存する傾向が強かった。しかし、 E'_a は1979年の場合、定着雌の平均産卵数 E_a の減少に強く影響を受けており、 E'_a も無視できないよう



第17図 紙製ストローの巣群における増殖率の年次変動とその主要因分析

I_a ; 成虫増減指数, E'_a ; 放飼雌1個当り平均産卵数, S_f ; 雌の定着率, E_a ; 定着雌1個当り平均産卵数, T_f ; 放飼雌当り営巣筒数, E_t ; 営巣筒当り平均独房数, S ; 世代内生存率

$$\begin{aligned}
 I_a &= P_f + E'_a + S \\
 &= P_f + S_f + E_a + S \\
 &= P_f + T_f + E_t + S
 \end{aligned}$$

第18表 りんご試験場における増殖状況

調査項目	1972年	1973年	1974年	1976年
巣材数	1,500	1,500	1,880	3,000
放飼数	705	} 2,030	458	1,000
♀	642			
♂				
定着雌数	—	100	78	55
定着率	0.497	0.099	0.341	0.110
営巣筒数	307	128	84	52
営巣率	0.205	0.085	0.045	0.017
総産卵数	1,865	577	551	334
増加率(%)	1.385	0.284	1.203	0.567

第19表 りんご試圃場における増殖と筒内死亡状況

項 目	1975年	1977年	1978年	1979年	1980年
巢箱型式	小型	小型2個	小型	小型	小型
巢材数	3,858	3,000	1,500	1,500	1,500
放飼数_♀	) 1,000	500	396	500	400
放飼数 _♂		500	394	500	400
定着雌数	—	150	95	108	93
定着率	—	0.300	0.240	0.216	0.233
営巢筒数	229	321	205	92	204
営巢率	0.059	0.107	0.137	0.061	0.136
総産卵数	1,884	2,414	1,677	430	1,794
コナダニ	3	5	17	0	15
不明死	23	2	83	38	30
幼虫数	1,858	2,407	1,577	392	1,749
不明死	43	2	0	8	9
前蛹数	1,815	2,405	1,577	384	1,740
独房破壊	0	0	0	0	0
トゲアシコバチ	57	11	0	0	0
シリアゲコバチ	1	13	0	2	1
不明死	4	2	7	1	10
蛹数	1,753	2,379	1,570	381	1,729
不明死	0	0	0	1	8
成虫数	1,753	2,379	1,570	380	1,721
カツオブシムシ	) 41	2	1	9	74
ヒョウホンムシ		0	0	0	2
不明死	5	15	0	0	1
越冬成虫数	1,708	2,362	1,569	371	1,644
生存率 (s)	0.906	0.978	0.936	0.863	0.916
性比 (p_f)	—	0.490	0.618	0.569	0.403
増加率 (h)	1.884	2.414	2.123	0.430	2.243
成虫増減指数 (I_a)	1.706	2.362	1.986	0.371	2.055

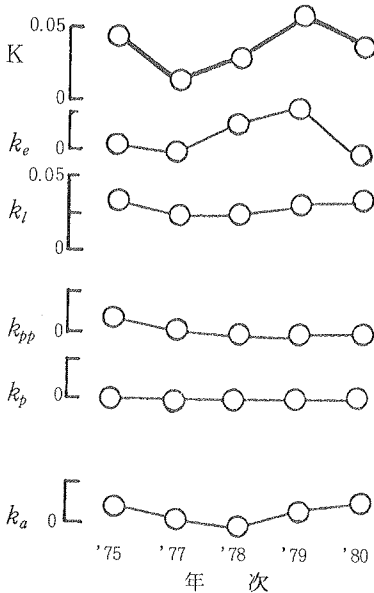
ある。一方、④式で検討すると I_a の変動は放飼雌当りの営巢筒数 T_f により強く依存する傾向を認め、営巢筒当り平均独房数 E_i も変動幅は小さいが、類似した変動傾向を示した。

次に、産卵された新世代の生存過程について生命表からの解析を試みることにし、Key factor 分析法を応用した。この際、筒内の生存過程について調査した資料は '75, '77~'80 の 5 年間であり、これについて K 及び k_e , k_i , k_{pp} , k_p , k_a のそれぞれを求めて年次変動をみると第18図のようであった。これより明らかなように K に最も近似して変動した要因は k_e であった。生命表から卵期

の死亡要因をみるとコナダニと不明死があり、ここでは不明死の変動幅が大きく、 k_e を動かす要因としては不明死が関与しているものとみなされる。

考 察

巢材をすべて紙製ストローとすることにより、飼育条件をさらに画一化することができ、巢箱内で営巢している個体数を非活動時においても把握することが容易となる。このことは個体群動態の増殖過程において定着率と定着雌当り産卵数のいずれが重要な役割を果しているかを評価するのに道を開くものとして重要である。試験期



第18図 紙製ストロー巣群における生存率変動の主要因分析

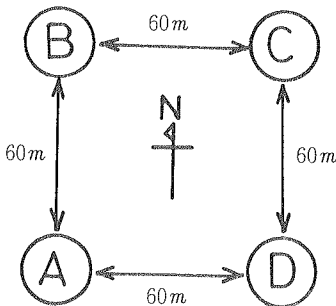
間中における増殖率の変動は 0.284 ~ 2.414 の範囲にあり、このうち、4 年間は 1 以下であった。変動の主要因分析ではこれまで指摘したと同じように増殖過程が生存過程よりも重要であり、中でも定着率が最も強く関与していることが明らかとなった。このことは前の節で述べた結果を補足するものとして有意義である。この場合の変動要因は恐らく同時に個体群の調節要因となっていると考えられ、増殖率を高めるには安定して高い定着率を得るような手法を構ずることが極めて重要となる。これまで多くの昆虫、特に害虫個体群ではその動態について研究がなされ、変動の主要因が明らかにされた例も多い (Iro et al., 1969; 久野, 1968; 志賀, 1979; 巖, 1971; 伊藤・村井, 1979)。このような動態解析はそれ自体生態学的には重要な意義を有するが、応用的見地からは、さらに一歩進めて、個体群調節或いは個体群管理に活用していくことが肝要と考える。一般に害虫管理では世代間の増殖率をいかに引下げることが問題であるが、マメコバチでは逆にそれを引上げることが課題となる。このことから、次節ではマメコバチの定着率を高めるための手段について検討することとした。

8. 放飼群の複数化と増殖率

マメコバチの増殖率の変動が増殖過程、中でも雌成虫の定着率に強く依存していることは前節の紙製ストローを用いた 9 年間にわたる調査結果からも明らかであった。放飼した雌数に対する定着率は定着前の死亡と分散に区分することができる。このうち、分散個体は放飼した巣群の周囲に他の巣群があればそこに定着する個体も期待できる。そこで、巣群を複数化することにより、相互の分散個体が他の巣群に吸収され、全体での定着率が高まるのではないかと考えられる。このような観点から 3 年間にわたって以下のような実験を実施した。

試験方法

'78~'80年 5 月上旬のリンゴの開花より約 7 ~ 10 日前に、りんご試験場内圃場に小型巣箱 1 個ずつを第19図のように、1 辺 60m 間隔に正方形に設置した。各巣箱には板溝



第19図 巣箱の設置状況

に挿入した紙製ストロー 1,500 本を入れ、その上に厚紙で作った放飼箱 (縦17cm × 横23cm × 高さ2cm) にまゆのままのマメコバチ成虫を入れておいた。この際、各巣箱当りの放飼数は雌ではほぼ 50, 100, 200, 400 個体とし、雄はそれよりも幾分多目にし、雌にはその顔面に水性ペイントで、それぞれ赤、青、白、黄の目印を付した。目印は 3 月中にまゆの前面を切りとって行い、そのまま 0 ~ 5 °C の低温に放飼時まで保管しておいた。

放飼園は 3 ~ 10 年生わい性リンゴ樹の密植栽培が行われており、B と C で 3 年生、A と D で 10 年生位であった。なお、対照として B 巣群から北側へ約 150 m 離れた場所に 1 巣箱を設置し、400 ~ 500 個体の雌と同数個体の雄蜂を放して同様の管理をした。

調査は放飼後のマメコバチ活動状況について 3 ~ 5 日おきに観察し、特に営巣中の雌蜂数を記録した。この際、活動の初期には目印の色別に区分した。活動数の調査は活動時には営巣筒をマーキングする方法で、また活動していないときは耳鼻科用反射鏡を使用して筒内の蜂数を数えて行った。

営巣筒数並びに独房数の調査は各巣箱について 12 月に筒を引き出し、透過光を利用して数えた。また、翌年 2 月に筒を分解して独房ごとのハチの生死、死亡要因、性別などについて調査した。

結 果

i 定着率

'78年の場合、5月4日に放飼したところ、早いものは当日から活動を始めた。営巣は5月6～7日から開始され、12日にはほとんどの蜂が営巣活動に入った。そこで、D区を除いてこの日の数をもって雌の定着率を求め、D区は次回16日の調査数を当てた。5月8日から6月17日までの営巣個体数並びに定着率は第20表のようであった。すなわち、A、B、C区では放飼8日後の5月12日に営巣活動中の雌が最高を示し、D区では5月16日に最高となった。この最高を示したときの各巣箱における目印のある成虫の内訳は第21表のようであった。すなわち、B区では赤で目印をしたものを50個体（うち2個体は放飼巣箱で死亡）を放したが、定着した赤印の個体は11個体で、放飼数の22.9%を示し、他に青が4、黄が6、白が

5、目印なしが5個体認められ、これらを合わせて放飼数に対する定着率として求めると63.3%の高率となった。同様にしてD区は青印を付けたハチを100個体（うち3個体死亡）放したが、同色のハチはわずか4個体、4.1%の定着で、他に黄5個体、目印なし19個体を合わせると28.9%となった。さらに、C区では白200個体（うち1個体死亡）を放し、同じ色の個体は14.6%、他の色の個体及び目印なしの個体を合わせると18.1%の定着率、a区では黄色を付した400個体（うち2個体死亡）を放して、23.1%の定着をみ、他の色の個体及び目印なしの個体を合わせると32.7%の定着率を認めた。A～D区を合計してみた場合、目印を付けた個体全体の定着率は22.1%で、対照区の定着率24%に近く、目印を付けない個体を合わせると30.3%と高かった。同様にして他の年次の場合も第22、23表からよみとることができる。

3年間の放飼密度別定着率は第21～23表でみられるよ

第20表 放飼数と定着雌の消長（1978）

巣箱別	放飼数		放飼箱内死亡数		営巣個体数の消長										
	♀	♂	♀	♂	5/8	5/12	5/16	5/20	5/25	5/29	6/1	6/5	6/9	6/12	6/17
B	50	58	2	0	5	31	30	22	13	13	11	7	1	1	0
D	100	110	3	1	14	18	28	20	18	15	10	5	1	0	0
C	200	237	1	0	2	36	35	31	22	20	17	9	0	0	0
A	400	413	2	9	19	130	119	81	73	57	56	15	5	0	0
計	750	818	8	10	40	215	212	154	126	105	94	36	7	1	0
対照	400	408	4	14	21	95	85	35	18	10	7	3	0	0	0

第21表 各巣箱の移動状況と定着率（1978）

区別	放飼数		定着数（♀）						計	定着率	
	♀	♂	50	100	200	400	無*	a		b	
B区	50	58	⑪	4	5	6	5	31	22.9%	63.3%	
D区	100	110	0	④	0	5	19	28	4.1	28.9	
C区	200	237	0	3	⑳	1	3	36	14.6	18.1	
A区	400	418	0	3	1	⑨	34	130	23.1	32.7	
計	750	818	11	14	35	104	61	225		30.3	
定着率c)			22.9	14.4	17.6	26.1			22.1		

備考：*目印を付けない個体。

定着率=最も多く活動していた日の雌数/(放飼雌-放飼箱内死亡雌)×100、a、bは第23表参照。

第22表 巣箱ごとの定着率 (1979)

巣箱別	放飼数		定着数 (♀)						定着率	
	♀	♂	50	100	200	400	無	計	a	b
A	50	50	20	1	7	5	15	48	40.0%	96.0%
B	100	100	0	13	2	1	2	18	13.0	18.0
D	200	200	0	1	56	24	10	91	28.0	45.5
C	400	400	0	13	5	97	5	120	24.3	30.0
計	750	750	20	28	70	127	32	277		36.9
定着率c)			40.0	28.0	35.0	24.3			32.7	
対照区	500	500					108	108		21.6

第23表 巣箱ごとの定着率 (1980)

巣箱	放飼数		定着数 (♀)						定着率	
	♀	♂	50	100	200	400	無	計	a	b
C	50	50	18	0	1	0	3	22	36.0%	44.0%
A	100	100	1	16	0	0	0	17	16.0	17.0
B	200	200	0	1	8	0	0	9	4.0	4.5
D	400	400	0	2	0	39	3	44	9.8	11.0
計	750	750	19	19	9	39	6	92		12.3
定着率c)			38.0	19.0	4.5	9.8			11.5	
対照区A	400	400					93	93		23.3
" B	400	400					—	—		—

備考：○印は放飼した巣箱に定着した個体
 定着率 a ; ○印定着虫 / 放飼雌数
 b ; 全定着虫 / 放飼雌数
 c ; 目印の色別定着率

うに、いずれの年次も50雌区で高く、100～400雌区では年により変化し、一定の傾向を認めなかった。また、3年間の平均定着率では、50雌区が67.8%であったのに対し、100～400雌区では21～25%の範囲にあって、いずれも50雌区に比較して低い定着率であった。年次ごとの定着率を逆正弦変換した上で、分散分析すると第24表のようであった。これより誤差の分散を用いて各放飼密度間の差を検定すると、第20図のように、50雌区は他のいずれの区とも有意な差が認められた。しかし、100～400雌区では相互の間で有意差は認められなかった。

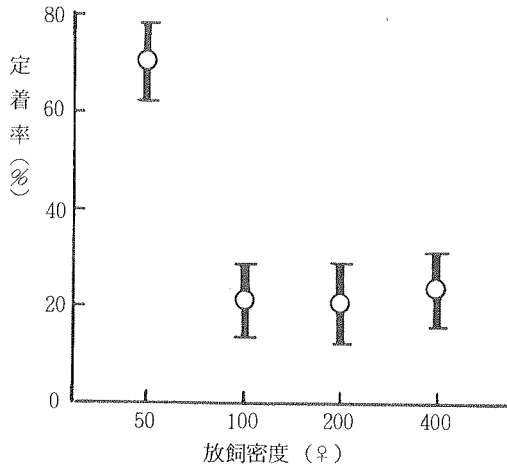
ii 巣箱間の交流

各巣箱間の雌蜂の移動は目印をした個体の分布状態によって知ることができる。各年次における巣箱間の移動状況は第21～23表のようであった。すなわち、'78年にはかなりの個体が互いに交流していた。しかし、それ以上に4巣箱の圏外に消えたものが多くみられた。逆に幾ら

かの目印のない個体が各巣箱にみられ、特にAで多くみられた。この際、Aは黄色で目印をしたため、顔面に花粉を付着している場合との区別が難しいこともあり、そのような原因による見間違いのおそれもある。'79年には、A巣箱から他の巣箱に移動した個体はみられなかったが、他の巣箱では多少とも相互の移動が認められ、特に高密度で放飼した巣箱からの移動が多くみられた。また、目印をしない個体の数は南側のA、Dで幾分多く、北西側

第24表 放飼密度と定着率における分散分析

要因	偏差平方和	自由度	分散	分散比	確率
年次間	853.77	2	426.885	5.00	0.10
密度間	2,011.16	3	670.386	7.85	0.25
誤差	512.13	6	83.355		
計	3,377.06	11			



第20図 放飼密度と定着率

のBで最も少なかった。

'80年はCとDの間にはまったく移動がなく、AからDに2個体、BからA、CからA、BからCへはそれぞれ1個体の移動がみられた。また、外部からの侵入とみなされる目印のない個体は東側のCとDにそれぞれ3個体ずつ認められただけである。

全体的にみて放飼群を複数化した効果は、放飼個体の巣箱間交流状況、対照区に比較して定着率が高まっている事実などから定着率を向上させるものとして評価できる。ただ、'80年は全般に定着率の低い年であったにもかかわらず、対照区であり低下していない。これは対照区がアズの大木から約20m離れたところにあり、この年のアズの開花が遅れ、ハチを放飼する時期までその花が残っていたことが定着率を高めたものとみなされる。

iii 増殖率

放飼密度を変えて放飼した4つの巣箱分を一括し、定着率、成虫増減指数などを求めると第25表のようになる。ここで、営巣筒数と独房数は対照区との比較を容易にするため、いずれも放飼雌500個体当りに補正してある。これより明らかのように、定着率、営巣筒数、独房数、増減指数とも、

'78、'79年は複数区で高く、'80年は単独区で高かった。このうち、'80年は前述したように対照区(単独区)を置いた場所付近にあるアズの開花の遅れを考慮しなければならない。3年間の平均ではいずれの調査項目でも複数区でやや高い値を示していることから、巣群の複数化による定着率、並びに増減指数向上の効果があったとみなされる。

ところで、この場合、複数区全体での放飼密度は1巣箱当りに換算すると約188個体となり、対照区の放飼密度400~500個体の半分以下である。したがって定着率、増減指数が密度に依存しているとすれば、補正して比較しなければならない。しかし、まだ補正に使えるような資料がないので、ここでは複数区の中の雌400個体放飼のものについてみると、定着率では'78~'80年がそれぞれ32.7、30.0、11.0%であり、成虫の増減指数では同じく、3.35、0.86、0.93であった。したがって、この場合も'80年を除けば対照区よりも高い値を示したことになる。放飼密度と成虫増減指数との関係は第26表にみられるように定着率の場合と同様で、50雌区で高い指数であり、他の区間では差が認められなかった。

iv 生存過程及び増殖率変動要因

放飼密度と増殖率あるいは生存過程において何らかの関連性がないかどうかを検討するため生命表を作成し、その結果に基づいて、2、3の解析を試みた。各年次ごと巣箱別の生命表は27~29表にあげた。

'78年は越冬後までの生存率は90~95%で非常に高かった。筒内の死亡要因では卵期の不明死が最も多く、寄生

第25表 複数巣箱区と単独区におけるマメコバチの増殖

年次	定着率		営巣筒数*		独房数*		成虫増減指数	
	複数区	単独区	複	単	複	単	複	単
1978	30.3	24.0	304	256	2,912	2,096	2.91	2.12
'79	36.9	21.6	195	92	1,276	430	1.28	0.43
'80	12.3	23.3	109	255	1,042	2,243	1.04	2.24
平均	26.5	23.0	203	201	1,743	1,590	1.74	1.60

備考：*；放飼雌500個体に換算した値で示した。

第26表 放飼密度と定着率・増減指数・生存率の平均値

調査項目	雌の放飼密度					対照
	50	100	200	400	計	
定着率 (%)	67.8	21.3	22.7	24.6	26.5	22.3
成虫増減指数 (I_0)	4.16	1.37	1.39	1.71	1.74	1.60
生存率 (%)	93.6	84.5	90.1	93.4	92.2	90.5

蜂、捕食昆虫などによる死亡は極めて低かった。また、巣箱間における死亡過程の差異も大きくなかった。'79年は産卵数が55個と特に少なかったB区を除けば越冬後までの生存率はほぼ95%以上であった。B区は卵の不明死が8個体あり、初期卵数が少ないために14.5%と死亡率を引上げた。試験区における死亡率のうち、最も高い要因はやはり卵の不明死であった。'80年は越冬後までの生存率が各区とも80%を示し、前2年間よりも低下した。これの死亡過程をみると成虫期におけるカツオブシムシによる死亡が目立ち、特にAとD区ではそれぞれ8.8、7.4%を示した。次いで卵期の不明死が多く、コナダニによる死亡も各区に認められた。その他ではC区で幼虫の不明が4.4%と目立った程度である。

次にりんご試内の一般栽培管理を行っている場所で、このような方法でマメコバチを飼育した場合の増殖過程を明らかにするため、4つの試験区を合計したもので生命表を作成し、それに基づいて変動の基本要因分析を試みた。生命表は第30表のようであり、これより、成虫増減指数と各説明要因との関係を検討した結果第21図のようであった。ただし、ここでは1981年に定着率向上の目

的で実施した類似の成績も含めた。成虫増減指数 I_a の年次変動は②式の場合、Sよりも明らかに E_a に依存しており、③式から E_a の内容を検討した結果、 E_a の変動は S_f と E_a の両者が相補的に働いていることが判明した。一方、④式からTと E_f の I_a へのかかわりをみると、両者が相補的であった。これらのことからこの園ではマメコバチの成虫増減指数が放飼成虫当り産卵数に強く依存しており、産卵数は雌蜂の定着率と定着雌当りの平均産卵数の両者に依存しているといえる。このように産卵数の年次変動が、雌の定着率のほかに定着雌当りの平均産卵数にも依存している傾向がみられたのは、前節で述べた結果と若干異なる。しかし、この実験園は一般散布されているリンゴ園であり、また、周囲にリンゴ以外の花もほとんどないため、産卵活動のできる日数が年によりかなり変化することがあり、それが増減指数の変動要因として影響した可能性がある。

一方、巣筒内の死亡過程はKを求めて同様に検討した結果、第22図のようであり、Kの変動は成虫期の k_a に強く依存しており、 k_a の死亡要因としてはカツオブシムシによるものが最も重要とみなされた。

第27表 マメコバチの増殖と筒内死亡率(小型巣箱) (1978)

項 目	対 照 区 (400)*	雌 の 放 飼 密 度 別			
		100 (B)**	400 (D)**	200 (C)**	50 (A)**
新独房数(産卵数)	1,677	568	2,678	597	525
死 亡 { コナダニ 不 明 (計)	17 83 (100)	0 16 (16)	1 146 (147)	0 32 (32)	0 21 (21)
	幼虫生存数	1,577	552	2,531	565	504
不 明 死	0	1	3	3	0
前 蛹 生 存 数	1,577	551	2,528	562	504
死 亡 { トゲアシコバチ シリアゲコバチ 不 明 (計)	0 0 7 (7)	0 0 4 (4)	0 5 18 (23)	1 0 6 (7)	0 0 8 (8)
	蛹 生 存 数	1,570	547	2,505	555	496
不 明 死	0	2	6	12	0
成 虫 生 存 数	1,570	545	2,499	543	496
死 亡 { カツオブシムシ ヒョウホンムシ 不 明 (計)	1 0 0 (1)	4 0 3 (7)	0 1 1 (2)	5 0 1 (6)	0 0 0 (0)
	越 冬 成 虫 数	1,569	538	2,497	538	496
{ ♀ ♂	970 599	262 276	1,081 1,416	220 318	212 284
	生 存 率	0.936	0.947	0.932	0.901	0.945

備考：* ; () 内は雌の放飼個体数， ** ; () 内は巣箱の設置場所，以下第29, 30表に共通。

第28表 巣箱別筒内死亡要因と死亡数 (1979)

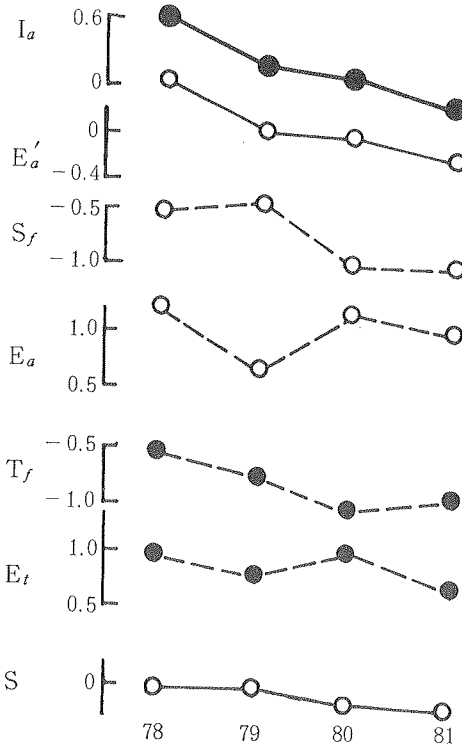
項 目	雌 の 放 飼 密 度 別				
	対 照 区 (500)	50 (A)	100 (B)	200 (D)	400 (C)
新独房数 (産卵数)	430	296	55	874	689
死亡 { コナダニ 不明 (計)	0 38 (38)	0 9 (9)	0 8 (8)	0 25 (25)	0 11 (11)
幼虫生存数 不明	392 8	287 0	47 1	849 5	678 0
前蛹生存数	384	287	46	844	678
死亡 { トゲアシコバチ シリアゲコバチ 不明 (計)	0 2 1 (3)	0 0 0 (0)	0 0 0 (0)	0 0 0 (0)	0 0 0 (0)
蛹生存数 不明死	381 1	287 0	46 1	844 2	678 0
成虫生存数	380	287	45	842	678
死亡 { カツオブシムシ 不明 (計)	9 0 (9)	0 0 (0)	2 1 (3)	11 3 (14)	1 0 (1)
越冬成虫数 { ♀ ♂	371 211 160	287 124 163	42 34 8	828 439 389	677 368 309
生存率	0.863	0.970	0.764	0.947	0.983

第29表 巣箱別マメコバチの増殖数と要因別死亡数 (1980)

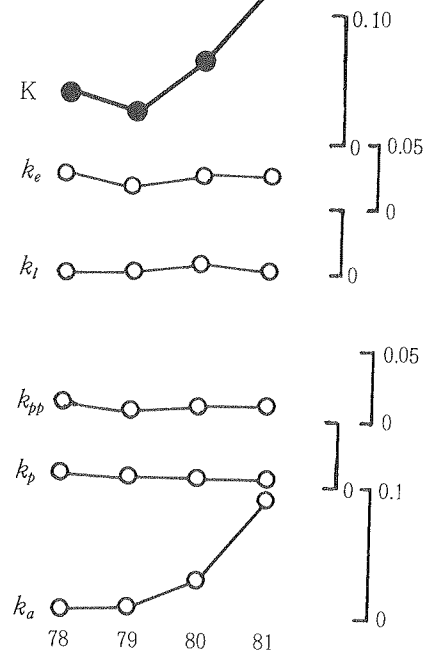
項 目	対 照 区		雌 の 放 飼 密 度 別			
	a (400)	b (400)	100 (A)	400 (D)	50 (C)	200 (B)
新独房 (産卵) 数	1,794	1,172	198	744	427	194
死亡 { コナダニ 不明 (計)	15 30 (45)	27 19 (46)	1 12 (13)	9 16 (25)	6 13 (19)	4 13 (17)
幼虫生存数 不明	1,749 9	1,126 7	185 4	719 1	408 18	177 3
前蛹生存数	1,740	1,119	181	718	390	174
死亡 { トゲアシコバチ シリアゲコバチ 不明 (計)	0 1 10 (11)	0 1 10 (11)	0 0 0 (0)	0 0 3 (3)	0 0 1 (1)	0 1 3 (4)
蛹生存数 不明死	1,729 8	1,108 3	181 1	715 1	389 0	170 1
成虫生存数	1,721	1,105	180	714	389	169
死亡 { カツオブシムシ ヒョウホムシ 不明 (計)	74 2 1 (77)	50 0 3 (53)	16 0 1 (17)	53 0 1 (54)	8 0 1 (9)	2 0 1 (3)
越冬成虫数 { ♀ ♂	1,644 663 981	1,052 472 580	163 68 95	660 315 345	380 170 210	166 80 86
生存率	0.916	0.898	0.823	0.887	0.890	0.856

第30表 りんご試一般管理園に設置した巣箱におけるマメコバチの生命表

発育形態	死亡要因	1978		1979		1980		1981	
		生存数	死虫数	生存虫	死虫数	生存数	死虫数	生存虫	死虫数
卵		4,368	(216)	1,914	(53)	1,563	(74)	1,473	(77)
幼虫前	コナダニ		1		0		20		8
	不明死		215		53		54		69
		4,152	(7)	1,861	(6)	1,489	(26)	1,396	(9)
		4,145	(42)	1,855	(0)	1,463	(8)	1,387	(17)
蛹	独房破壊		0		0		0		0
	トゲアシコバチ		1		0		0		0
	シリアゲコバチ		5		0		1		0
	不明死		36		0		7		17
成虫		4,103	(20)	1,855	(3)	1,455	(3)	1,370	(0)
		4,083	(15)	1,852	(18)	1,452	(83)	1,370	(210)
	カツオブシムシ		9		(14)		79		206
	ヒョウホンムシ		1		0		0		2
越冬後成虫	不明死		5		4		4		2
		4,068		1,834		1,369		1,160	
生存率 (s)		0.931		0.958		0.875		0.788	
性比 (♀)		0.436		0.526		0.462		0.553	



第21図 複数化した巣群におけるマメコバチ増殖率変動とその要因分析



第22図 複数化した巣群における生存率変動とその要因分析

考 察

雌が脱出してから帰郷して営巣活動に入るまでの行動様式は必ずしも詳しく解明されていない。これまでの観察ではその間に交尾し、吸蜜し、休息をとっていることが確かめられている。そのため、この間は捕食者による攻撃を営巣期に比較して受け易いとも考えられる。しかし、定着率の悪さは成虫の死亡によってすべて説明されるものではなく、巣群間の移動がマーキング調査によって確認されたように、むしろ移動分散が定着率を下げている原因ではないかと考えられる。移動分散が何によって引き起こされているかはいろいろな要因が考えられるが、少なくとも巣材が雌の個体数を下まわる時は分散を余儀なくされるはずで、そのような観点からすれば巣材数は重要な要因となっていると考えられる。殊に営巣場所探索中の雌蜂がその付近に接近した他の個体を追い払うこともある事実からして、営巣個体当りの筒数だけでなく、巣箱の前面における巣筒の密度との関係も重要と考えられる。同様の観点から巣箱当りの放飼密度が定着率と密接な関連があると考えられる。この実験では巣筒数及びその密度は一定とし、放飼密度と定着率との関係を確認しようとした。しかし、実験結果では50雌放飼区で明らかに定着率が高かった以外は100～400雌放飼区で差がなかった。このように100個体以上の区で定着率の差がなかった原因は不明であるが、少なくともこれらの密度では営巣時において何らかの個体間干渉が大きくなっているのではないかと考えられる。

巣群を複数化したことが定着率を少しでも高めたかどうかの評価は、巣箱間の移動定着個体が認められたことと対照区との比較によって明確である。しかし、その効果は顕著なものではなく、さらに定着率を高める工夫が必要と考える。前田(1975)はマメコバチとツツハナバチが生れた巣箱以外に定着する個体は巣箱間の距離が近

い程多く、巣箱を縦列するよりも並列して置いた場合に多いという。また、巣箱間の移動は50mまで認められたが、100mではみられなかったといわれる。しかし、分散距離は環境条件や放飼密度によっても異なる可能性があり、本実験では約85m離れている対角線上の巣箱間にも若干の移動が認められている。前田(1978)はまたツツハナバチ類の雌における帰郷と定着に影響を与える一般的要因として、①放飼方法、②放飼時期、③放飼場所の環境、特に花粉・蜜源植物の種類と多寡、④巣材の種類と多寡をあげている。われわれの実験では放飼密度を変えた以外はほぼ一定の条件にしているため、巣箱間の定着率にみられる差は密度そのものかあるいは巣箱設置場所における環境条件の微妙な年次変動によってもたらされたものと考えられる。本実験では全般に定着率が低く、例えば前田(1978)が経験した最高の定着率68.3%に比較すると $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{1}{4}$ 程度である。このような低い定着率は紙製ストローを用いた巣箱であったことと蜂の脱出時に蜜源植物がほとんどないことがあげられる。また、巣箱の大きさがリング箱程度であり、周囲のリング樹よりも低い位置にあって目立たないことも原因の一つとなっている可能性がある。さらに巣から取り出したまゆをシャーレーなどに入れて放飼すると脱出時に定位飛行が充分に行われないうえに定着率が低下するといわれる(前田,1978)。この実験で行った放飼箱による方法では比較的個体間の干渉が少なく、定位飛行はそれ程妨げないとみなされるが、定着率低下に関与していないかどうかの評価はまだ行っていない。しかし、放飼方法は毎年同じ手法でやっているため、少なくとも'80年の定着率が他の年次より著しく悪かった原因とは関係ないと考えられる。このような年次による差は脱出後における気象条件とそれに伴う蜜源の多少に最も強く影響されているとみなされる。

9. 人工巣の性能

ハキリバチ科の花蜂に対して人為的に調整した巣材を与えて営巣させる試みは1915年頃のファーブルの時代にすで行われ、アン筒やガラス管が使用されたといわれる(WILLIAMS, 1972)。その後も、いろいろな研究者により、各種の巣材が使用された。その主なものとしてはアシ、竹、キイチゴなどの茎を切断したもの、ニワトコのような髄のある植物の芯を抜いたもの、粘土や石こうを用いて筒を作ったもの、ガラス管に黒紙を巻いたもの、木板に掘った溝、ストローなどをあげることができる(WILLIAMS, 1972)。しかし、これらの多くの事例は生態

観察や野生蜂のトラップを目的としたものであった。一方、筒営巣性の野生花蜂が実用的なポリネーターとして活用されるようになると、それらの蜂の増殖利用を図るため、人工巣筒の新たな利用が行われるようになった。この面で最もよく研究されたのはアルファルファハキリバチに対するものであろう。米国、カナダを中心に利用されているこの蜂では、穴をあけた木材、穴あき合成樹脂ブロック、溝を掘った木板、溝を掘った合成樹脂板、紙製ストロー、合成樹脂製ストロー、波形加工紙(ダンボール)などを用いて試験された(BOHART, 1972)が、

最近では地方によって穴あき木材、ストロー、構板などが広く普及しているようである (Mc GREGOR, 1976)。しかし、アルファルファキリバチは独房作成に植物の葉片を多数重ねて作るのに対し、マメコバチでは筒壁を独房の一部として活用し、土で筒を仕切って独房を作るという相違があり、巣筒の選好性も前者の場合と幾分異なった面をもっている。外国種のツツハナバチ類では *Osmia rufa* LINNÉ に対する紙製ストロー (FREE & WILLIAMS, 1970), *O. lignaria* SAY に対する特殊な試作管 (LEWIN, 1957) などの利用例がある。

山田ら (1971) は青森県北津軽郡鶴田町のりんご栽培者である松山栄久氏が1946年頃に穴をあけた木材ブロックを用いてマメコバチの増殖を試みたことを報告したが、その後は一般にほとんどアシが利用されて現在に至っている。アシ筒は非常に優れたものであるが、資源としては無限でなく、マメコバチの飼育者が増えると入手が難しくなることも考えられる。実際に近年、青森県のり

んご栽培者の中には秋田県、山形県、岩手県などからアシを導入している例もみられる。また、アシ筒の切断は、冬季の農閑期に調整すれば困難でないとしても、大変な労力を要するため、もっと簡単に利用できるような巣材の要望も強い。このような観点から、人工巣材に関する性能研究には早くから着手し、すでに山田ら (1971)、山田・川嶋 (1978) の報告でも一部発表した。その後、引続き新しい巣材についての研究を実施したので、以下に報告する。

試験方法

'70~'81年の4月頃にりんご試験場あるいはそれに現地の数か所を加えた場所に試験用の巣箱を設置した。巣箱には各種の人工巣材を入れ、同時にマメコバチを放飼し、それら巣材への営巣率、筒内死亡率などを調査した。各年次ごとの供試材料、巣箱設置場所、巣箱の型式などは第31表のようである。すなわち、供試した主な人工巣の種類は4種類であり、その性状は以下のとおりである。

i ニス塗り繊維筒；電線の包装材として作られたもので、素材は繊維で編んだ環状のひもにニスを塗って固くしてある。これを10~15cmの長さに切って巣材とした。この際、ニスの色は黒、黄、赤、緑の4色を含み、このうち、黒色は'69年に購入したものである。この巣材は内径6mmであり、入口の形状が営巣へ影響するかどうかを知るために斜め切りしたものと垂直切りしたものを与えた。なお、対照として内径6mm、長さ15cmのガラス筒を黒紙で包み、奥を紙で塞いだものと節から15cmの長さで切ったアシ筒 (片面切り) を同時に与えた。

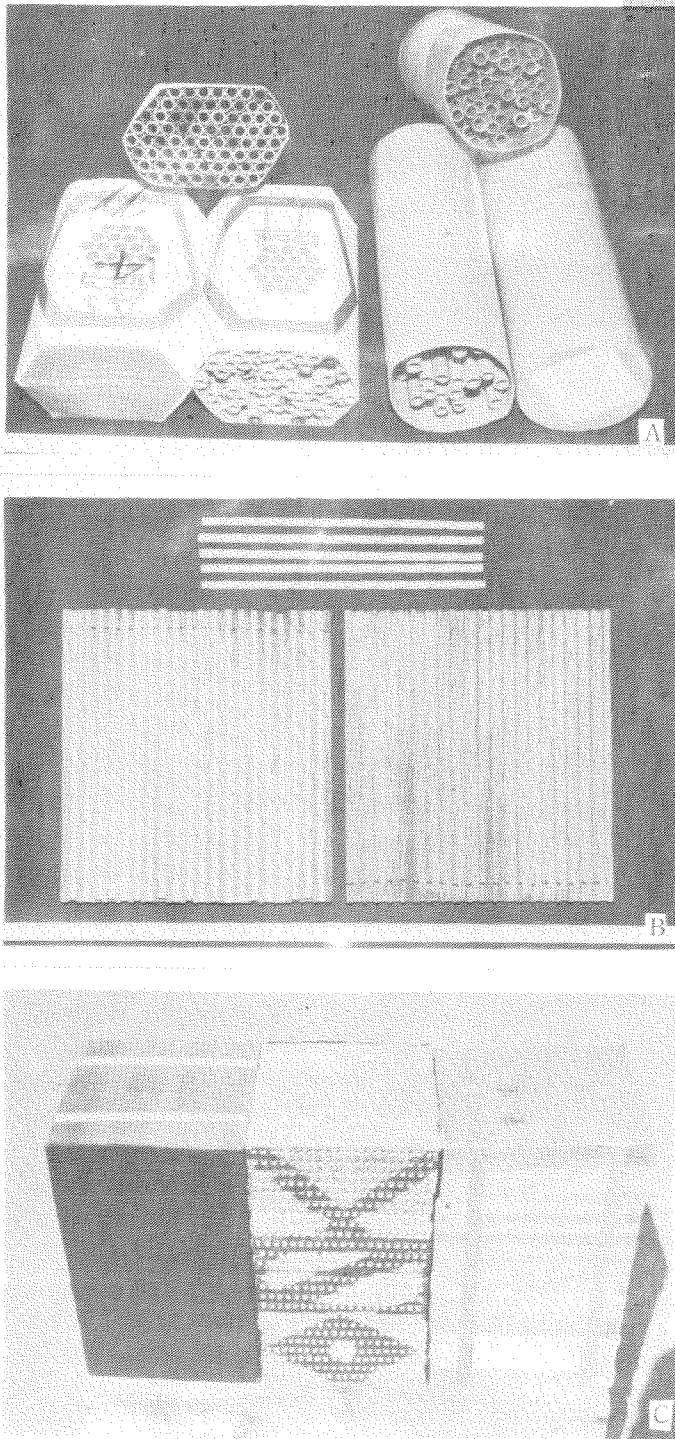
ii 紙製ストロー；米国プレマイヤー社製で、内径6mm、長さ210mmのジャンボストロー (No 2 P) を使用した。これは紙を斜めに巻いて作り、さらに、ワックス加工したものである。しかし、光の透過がよく、そのままだと筒内が明る過ぎるため、'72年には250本入りの紙箱をそのまま利用し、その前面を切開し、そこからハチが入り出ることができるようにして与えた。また、'72年以降はすべてラワン材の板溝 (6×6mm) に挿入し、板を積み重ねて結束した上、後面に黒紙を貼りつけて使用した。'73年以降は、この板の前

第31表 巣材試験における年次別供試材料

試験年次	供試材料	試験場所	巣箱の種類**
'70	ニス塗り繊維筒 ガラス筒 アシ筒	りんご試 (1)	木製 A
'71	紙製ストロー	りんご試 (4)	木製 A
'72~'73	紙製ストロー	りんご試 (1)	木製 B
'74	無着色ビーテル 紙製ストロー	りんご試 (1) 黒石市柵の木(1)	スチール製 木製 B
'75	着色ビーテル 紙製ストロー 蜂の巣	りんご試 (2) 平賀町平六 " 葛川* 黒石市板留*	木製 B
'76	着色ビーテル 紙製ストロー 蜂の巣	りんご試* 平賀町平六(2) " 葛川 黒石市板留	木製 B
'77	着色ビーテル 紙製ストロー 蜂の巣	りんご試 (2) 平賀町平六 " 葛川	木製 B
'78	着色ビーテル 紙製ストロー	りんご試 (1) 平賀町平六 " 葛川	木製 B
'79~'81	着色ビーテル 紙製ストロー 蜂の巣	りんご試 平賀町平六 " 葛川	木製 C

* ; ツツハナバチ放飼

** ; 木製Aの大きさは90×90×45cm、木製Bは72×40×30cm
スチール製は120×29×25cm。



第23図a マメコバチ用人工巣筒

A ; 左側ビーテル, 右側蜂の巣
 B ; 紙製ストローと溝板
 C ; 板溝に挿入した紙製ストローの束 (左は後面, 中は前面, 右は側面)

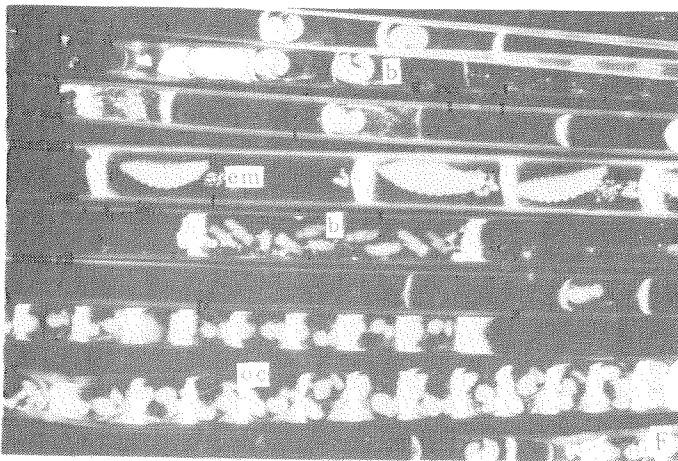
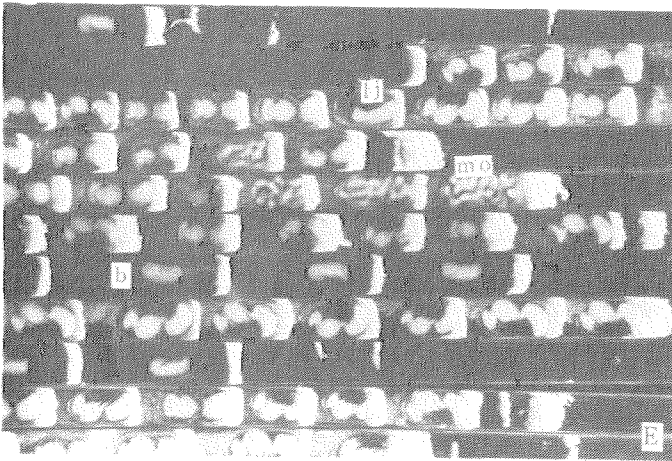
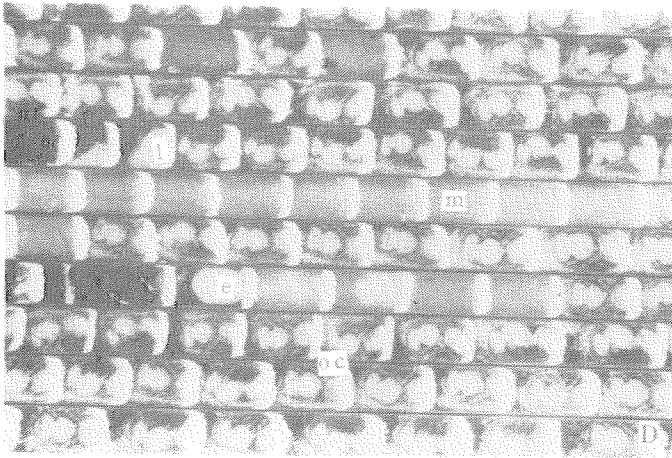
面に蜂の視覚を刺激する目的で、墨汁を使って幾何模様或いは文字を描いて与えた(第23図a参照)。巣筒の長さは原則として原寸大の21cmとしたが、'71, '74年には15cmに切断したのもも与えて比較した。

iii ビーテル；長野県アスク工業社製のもので、厚紙を斜めに巻いて加工してあるため光の透過が少ない。'74年に購入したものは筒の先端を着色していない。筒は内径6mm、長さ15cm内外で、六角形をした紙箱に76又は88本ずつ収容されている。'75年以降のものは筒の先端を赤、青、黄に着色したもの及び無着色のものを混在させたものである(第23図a参照)。

iv 蜂の巣(仮称)；やや厚手の紙を縦に数回巻いて作った筒で、先端部はビーテル同様に着色されている。内径6.0~7.5mmで、長さ180~200mm位の筒で、これをさらに厚紙で作った円筒の中に50本内外を収容し、後方を同じ厚紙で塞いでのり付けしたものである(第23図a)。

いずれの年においても供試筒はそれぞれのものが巣箱内になるべく散らばるように配置しておき、その上部へ筒に入ったままか又はまゆをとり出して放飼箱に入れた状態でのマメコバチを置いた。成虫が営巣活動を終わってからそのまま放置して天敵にさらした。10月中~下旬に巣筒を回収し、外気の通ずる飼育室に保管しておき、冬季間に調査を実施した。

調査はすべての供試筒について営巣の有無を調べ、この際、完成巣、未完成巣、非営巣筒に区別した。完成巣は独房が1個以上あり、さらに入口閉鎖壁のあるものとし、未完成巣は独房が1個以上あり、入口閉鎖壁のないものとした。非営巣筒はさらに奥壁作成のため、土塊の搬入された痕跡のあるものとならないものに区分した場合もある。'75年以降は冬季の休眠中に営巣筒を分解するか、又は軟X線撮影によって



第23図b 軟X線撮影によるマメコバチの巣筒内部

D, Eは紙製ストロー, Fはアシ筒, l; 幼虫死, m; コナダニ
e; 卵死, oc; 生存成虫, lj; シリアゲコバチ幼虫
mo; ツツハナトゲアシコバチ幼虫, em; ミカドロボバチ幼虫
b; その他のハチ類

筒内の死亡要因と死亡数を調査した。

結 果

i ニス塗り繊維筒における営巣率
'70年に実施し、対照として与えた筒も含めた各種巢材における営巣状況は第32表に示した。筒の種類別に営巣率(A+B)で比較すると黒色ニス筒>アシ筒>ガラス筒>着色ニス筒の順に高く、黒色ニス筒では平均57%程度の高い営巣率で、アシ筒の33%をはるかに上回った。この際、着色ニス筒は製作間もない製品で異臭が強く、黒色ニス筒は前年に用意してあったもので、臭気が少ない。ニス筒における長さや営巣率の関係では直角切りのものについてだけ比較すると、着色ニス筒、黒色ニス筒ともに15cmの方が10cmよりも幾分高い営巣率を示した。しかし、完成巣だけでみるとむしろ10cmの方が多かった。これは長い筒ではその中に作られる独房数が多く、それに伴って作業時間が長びき、結局未完成のまま終るものが多くなるためとみなされる。

つぎに、着色ニス筒の切断面別にみると斜め切りの営巣率が10%であるのに対し、直角切りが4%であり、やや斜め切りで高い値を示した。'70年に購入した新鮮な着色ニス筒の色と営巣率の関係では赤>緑>黄の順で、それぞれの平均営巣率は9.7, 7.4, 4.3%であった。ただし、この程度の差は応用的には無視できる。以上のように本試験では3年間野外にさらした黒色ニス筒の15cm長の筒が最も高い営巣率を示し、また、長さ、切口の形状にかかわらず、黒色ニス筒がアシ筒に劣らない営巣率が期待できる。しかし、巣筒内の独房数、死亡要因、死亡数などを調査するには筒を切り開かねばならないので労力がかかり、ここでは調査しなかった。このように、内部調査が困難であるため、われわれの試験研究用巢材としては適当でないが、X線撮影が簡単にできるようなところではさらに検討してみる価値があると考えられる。

第32表 各種人工巣における営巣状況

筒の種類	長さ (cm)	切口	色	供試数	完成巣(A)		未完成巣(B)		A+B		土塊のみ	
					数	%	数	%	数	%	数	%
ニス筒	15	斜	黄	258	9	3.4	9	3.4	18	7.0	4	1.5
			赤	158	6	3.7	15	9.4	21	13.3	6	3.7
			緑	156	9	5.7	9	5.7	18	11.5	8	5.1
			計	572	24	4.1	33	5.7	57	10.0	18	3.1
	直	黄	345	4	1.1	8	2.3	12	3.5	17	4.9	
		赤	90	1	1.1	4	4.4	5	5.6	5	5.5	
		緑	145	2	1.3	4	2.7	6	4.1	5	3.4	
		計	580	7	1.2	16	2.7	23	4.0	27	4.6	
		黒	458	98	21.3	188	41.0	286	62.3	—	—	
		平均				6.2		12.6		18.9	—	—
10	直	黄	92	0	0	0	0	0	0	0	0	
		赤	40	1	2.5	1	2.5	2	5.0	0	0	
		緑	48	0	0	2	4.1	2	4.2	1	2.0	
		計	180	1	0.5	3	1.6	4	2.2	1	0.5	
		黒	76	29	39.1	10	13.5	39	52.6	—	—	
平均				10.4		5.0		15.5	—	—		
ガラス筒	15	直	—	125	11	8.8	5	4.0	16	12.8	—	—
アシ筒	15	斜	—	100	14	14.0	19	19.0	33	33.0	—	—

ii 紙製ストローの供与方法と営巣率及び筒内死亡率

1971年に行った試験は紙製ストローの与え方を

- 紙箱(9×9×21cm)に入ったまま、箱の片側を切開して、ハチの出入口としたもの。
- aと同じだが、ストローの長さを15cmに切ったもの。
- 厚さ1.3cm、幅21cm、長さ21cmの板に凹字形の溝を掘り、溝にストローを埋め込んでから、板10板を重ねて結束し、さらに裏側を厚紙で塞いだもの。
- cと同様だが、板及びストローの長さを15cmとしたもの。
- 片側に節をもった竹筒(内径4~5cm、長さ23cm位)に長さ21cmのストローをつめたもの。

の5種類に分け、これらの中から幾つかの組み合わせにより4か所で実施した。

筒の与え方を変えた場合の営巣状況は第33表のようであり、巣群の場所及びストローの供試方法により差がみられた。すなわち、巣群はA>D>B>Cの順にハチの密度が高く、Aでストロー以外の巣材(アシ筒及びニス筒)を与えたほかはすべてストローだけの巣群である。ストローの供試法では紙箱、竹筒などに沢山の筒をまとめて

与えた場合に営巣率が低く、板溝に1本ずつ挿入して与えたもので顕著に高かった。また、21cmと15cmの筒では長い方でいずれの場合も営巣率が高く、供試筒1本に換算した産卵数もほとんど同じ傾向であった。また、D巣群の供試法dにおいて、完成巣の数が最高を示したが、これはcと比較して筒が短いため筒内の独房数が少ないうちに閉鎖されることを考慮しなければならない。さらに、土の搬入が認められながら独房作成にまで至らない例も長い筒で多く、紙箱に入れたものが板溝に挿入したものより多い傾向がみられた。なお、完成された巣筒の1本当たり独房数をみると15cmのもので調査数465本からの母平均推定値が8.84±0.19、21cmのもので、同じく263本から12.65±0.36と求められ、後者で明らかに多かった。また、筒の長さ当りの利用効率を比較するため、完成巣について1cm当りの平均独房数を求めると15cm筒と21cm筒でそれぞれ0.59個、0.60個となり、ほとんど差がないものと評価された。

巣群を切開して筒内の死亡要因と死亡数を調査した結果から簡単な生命表を作成し、各発育段階別の生存数と死亡数、死亡率を求めると第34表のようになり、前蛹または蛹における死亡率が最も高く、40~46%を占めた。

第33表 ビーストロアの供試法と営巣率

巣群名	供与法	供試筒数	営巣筒の内訳					産卵数		
			土のみの搬入 (A)	未完成巣 (B)	完成巣 (C)	B+C	A+B+C	未完成巣	完成巣	供試筒1本 当たり平均値
A	a	721本	51.9%	6.0%	0.7%	6.7%	58.6%	228個	72個	0.42個
	b	2,266	21.0	3.3	0.7	4.0	25.0	304	167	0.21
	c	590	57.1	27.5	3.7	31.2	88.3	822	303	1.91
B	a	2,336	60.1	6.1	1.3	7.4	67.5	516	338	0.38
	b	3,007	20.3	2.9	1.1	4.0	24.3	345	352	0.23
C	a	1,500	15.4	0.7	0.1	0.8	16.2	47	13	0.04
	b	1,841	8.7	0.3	0	0.3	9.0	24	0	0.01
D	a	2,005	12.3	2.8	3.0	5.8	18.1	188	710	0.45
	b	4,551	3.4	0.8	1.1	1.9	5.3	144	472	0.14
	c	630	11.4	27.3	22.1	49.4	88.6	986	1,806	4.43
	d	1,155	5.1	12.5	31.5	44.0	49.1	555	3,121	3.18
	e	475	8.4	3.4	1.3	4.7	13.1	81	84	0.35

第34表 1971年の紙製ストローに営巣された巣筒内におけるマメコバチ生命表

発育形態	15cm筒 200本			20cm筒 198本			死亡要因
	生存数	死亡数	死亡率	生存数	死亡数	死亡率	
卵数(虫室数)	1,238匹	76匹	6.1%	1,412匹	127匹	9.0%	コナダニ, 不明
幼虫	1,162	0	0	1,285	0	0	
前蛹及びさなぎ	1,162	470	40.4	1,285	590	45.9	M・O, 不明
成虫	692	54	7.8	695	89	12.8	ヒョウホナムシ カツオブシムシ
越冬後成虫	638			606			不明

ほかに卵期と成虫期の死亡が5~13%あったが、幼虫期の死亡はなかった。筒の長さによる死亡率の差は顕著でなく、成虫期の死亡率が長い筒で幾分高い値を示した程度である。天敵に侵された筒の割合は長さの異なる筒各200本を抜き取り調査した結果、第35表に示したようになり高率で認められた。天敵の種類では特にトゲアシコバチに寄生を受けた筒が多く、70%を越えた。また、筒壁にカツオブシムシによるとみられる小孔があげられたものは長い筒で36.9%と多く、短い筒の約2.4倍みられた。コナダニの被害も長い筒でやや高かった。このように筒単位でみた場合、長い筒で天敵の被害率が高い傾向がみられた。これは長い筒で独房数が多いためとも考えられるが、生命表でも長い筒で高く、その原因は今のところ不明である。

第35表 紙製ストローの天敵による被害

区別	15cmの筒	20cmの筒
調査筒数	200本(%)	198本(%)
小孔ある筒	31(15.5)	73(36.9)
カツオブシムシ又はヒョウホナムシ寄生筒	41(20.5)	37(18.7)
コナダニ寄生筒	59(29.5)	88(44.4)
M・O寄生筒	149(74.5)	144(72.7)

備考: M・Oはツツハナトゲアシコバチ。

1本の筒に2種以上の天敵が認められるものを含む。

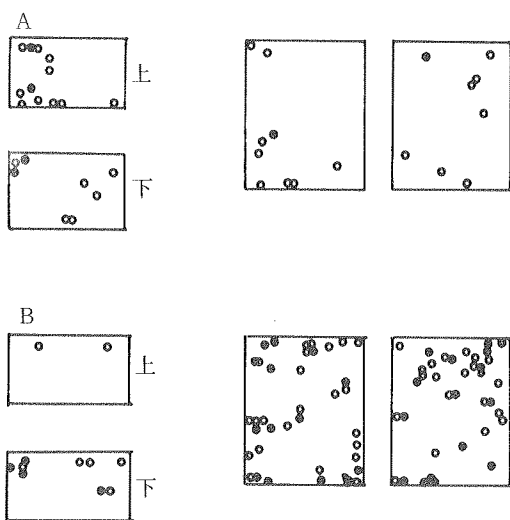
iii 紙製ストローと無着色ビーテルの性能比較

この試験は'74年に実施したもので、りんご試圃場と黒石市内の一般りんご園で実施した。両園とも小型木製巣箱と金属製巣箱（アスク工業社製）を用い、それぞれに試験用の巣材を与えた。マメコバチの活動は中村園で5月3日から25日まで、りんご試では5月11日から25日までみられた。各巣箱に与えたたねバチの推定脱出数、供試筒数、増殖数などは第36表のようであった。すなわち、巣箱当りの成虫脱出数は中村園の場合、金属製の方で多く、りんご試の場合、木製の方が多かった。これに対応

した巣箱ごとの営巣率は脱出数の多いところで高く、金属性、木製の差による営巣率の高低を判定することはできなかった。一方、各巣箱ごとにビーテルと紙製ストローの営巣率をみると、いずれの場合もストローで高い値を示した。また、新しく作られた独房数においても紙製ストローの方がビーテルよりも多かった。なお、ストローを挿入した溝板には1束ごとに前面に墨汁で紋様を描いて与えたが、この際、営巣筒の分布状況が第24図のようであり、いずれの場合も比較的全面的にみられた。

第36表 1974年におけるビーテルと紙製ストローへの営巣状況

園別	巣箱別	たねバチ				巣材別	供試数	増殖数		
		筒数	まゆ数	筒内死亡	脱出数			筒数	営巣率	独房数
中村園	金属	59	385	5.7%	363	ビーテル	1,056本	2本	0.2%	7個
						ストロー	500	20	4.0	109
	木	43	250	6.8	233	ビーテル	880	0	0	0
						ストロー	1,000	7	1.7	86
りんご試	金属	54	339	0.9	336	ビーテル	1,056	0	0	0
						ストロー	500	11	2.2	95
	木	68	467	1.9	458	ビーテル	880	8	0.9	39
						ストロー	1,000	76	7.6	512



第24図 板溝の前面からみた営巣筒の分布状況

A：黒石市柵の木に設置したスチール製巣箱（左2）と木製巣箱（右2）

B：りんご試に設置したスチール製巣箱（左2）と木製巣箱（右2）

●：筒当り10個以上の独房があるもの
○：筒当り1～9個の独房があるもの
ただし、スチール箱のストローは15cmの長さ、他は20cmのもの。

iv 3種の人工巣筒の性能比較

'75～'81年に主として紙製ストロー、ビーテル、蜂の巣を供試して数か所で実施した試験の結果は第37表に示した。ここで、巣群を配置した場所のうち、りんご試A、Bはいずれも平地のりんご園に相当する場所で、農薬散布のまったく行われていない園に、Cは殺菌剤のみ散布された園に設置したものであり、平六A、Bと板留は山間地の家屋に近い空地に、葛川は山間地にあるりんご園の小屋の壁面に設置した巣群である。以下に各調査項目について詳しく述べる。

(i) 営巣率

与えた筒に対し、1個以上の独房が作られた筒の比率は第37表からも明らかなように全般的にみると紙製ストロー>ビーテル>蜂の巣の順に高く、特に蜂の巣は'79年の事例を除けば他の2種の巣材に比較して顕著に低いものであった。ビーテルは年次又は場所によって紙製ストローよりも高い営巣率を示した2、3の例もあるが、全体的にみるとやはり紙製ストローより幾分低いとみなされる。

また、各巣材における年次別巣箱別の営巣率と営巣筒のうちの完成巣率は第38表に示した。すなわち、同じ年次でも飼育場所により、また、同一飼育場所でも年次に

よりそれぞれ大きく変化していた。営巣筒数と完成巣率の多少はハチの活動量を反映しているものと考えられるが、営巣筒数と完成巣率の関係は特に認められなかった。営巣個体数の消長を調査した'78年の資料についてみると、活動中の成虫減少率が低い場所で完成巣率の高い傾向が確認され、完成巣率は営巣個体数よりも成虫の寿命が長く、長期にわたって活動した個体の多少を反映して

いるとみなされる。

完成巣率について巣材別にみると、同一場所ではビートルの方が紙製ストローよりも高かった。これはビートルがストローよりも短く、したがって、筒当り営巣可能な独房数も少ないためストローよりも早く入口閉鎖壁を作ることによるとみられる。

第37表 3種の巣材における営巣率、筒内死亡率などの比較

年次	巣群別	営巣率			供試筒100本当り独房数			営巣筒当り独房数			筒内死亡率		
		ストロー	ビートル	蜂の巣	ストロー	ビートル	蜂の巣	ストロー	ビートル	蜂の巣	ストロー	ビートル	蜂の巣
		%	%	%							%	%	%
1974	りんご無	7.6	0.9	—	51.2	4.4	—	6.74	4.48	—	—	—	—
1975	りんご無a	4.5	7.3	0.1	30.2	53.3	1.1	6.71	7.23	10.50	5.6	7.5	14.3
	りんご無b	12.2	10.7	0.7	92.9	83.3	6.2	7.61	7.76	9.42	13.6	7.6	18.6
	C — 4	9.2	13.3	0.3	82.5	101.4	2.6	9.00	7.64	7.82	7.3	11.1	6.4
	葛川	23.7	23.5	2.1	174.7	183.6	21.8	7.37	7.83	10.28	11.8	9.4	19.5
	板留	3.6	5.2	1.5	28.7	41.4	7.7	7.97	8.00	5.07	4.5	5.7	50.0
1976	りんご無	6.6	3.1	0.03	50.2	26.4	0.3	7.61	8.40	10.00	29.9	20.8	70.0
	平六A	8.4	5.7	0.2	31.1	25.2	0.9	3.70	4.41	4.13	29.9	27.9	42.4
	平六B	24.0	22.4	0.3	134.0	129.4	2.8	5.58	5.78	8.23	27.2	23.5	27.1
	葛川	17.1	9.9	0.2	104.7	61.4	1.4	6.12	6.22	6.75	16.2	12.3	40.7
	板留	5.8	2.9	0.03	31.5	9.7	0.03	5.43	3.33	(1.00)	10.8	45.9*	(0)
1977	りんご無a	7.7	8.2	1.4	41.1	50.7	7.2	5.33	6.21	5.14	12.4	17.4	16.7
	りんご試b	8.7	6.9	0.6	69.0	47.7	3.4	7.90	6.96	5.67	—	—	—
	平六	14.4	11.9	2.5	57.4	38.2	7.5	4.00	3.20	3.00	14.8	3.4	1.3
	葛川	21.3	9.7	1.7	117.9	61.9	10.0	5.54	6.36	5.88	13.3	9.2	1.0
1978	りんご無	10.9	5.0	—	87.4	39.0	—	8.01	7.76	—	6.0	7.4	—
	平六	22.1	24.9	—	168.9	161.3	—	7.66	6.49	—	16.4	13.6	—
	葛川	9.1	7.5	—	64.3	45.3	—	7.11	6.04	—	12.3	5.2	—
1979	りんご無	4.8	—	—	26.1	—	—	5.41	—	—	10.3	—	—
	平六	18.9	2.1	10.0	71.5	8.6	45.3	3.79	4.08	4.52	8.7	10.2	14.4
	葛川	11.9	1.6	6.8	62.3	5.6	29.6	5.25	3.56	4.39	21.6	(25.0)	19.9
1980	りんご無	4.4	—	—	22.7	—	—	5.21	—	—	12.5	—	—
	平六	1.8	0.7	—	9.1	0.7	—	5.04	(1.00)	—	26.5	(100)	—
	葛川	15.4	10.5	9.3	98.1	59.7	54.4	6.37	5.67	5.84	12.6	16.2	21.3

備考：りんご無はりんご試無散布園場を表わす。() は調査事例が少ない。* は巣箱倒伏。

第38表 年次別巣箱別の各種巣材における完成巣率

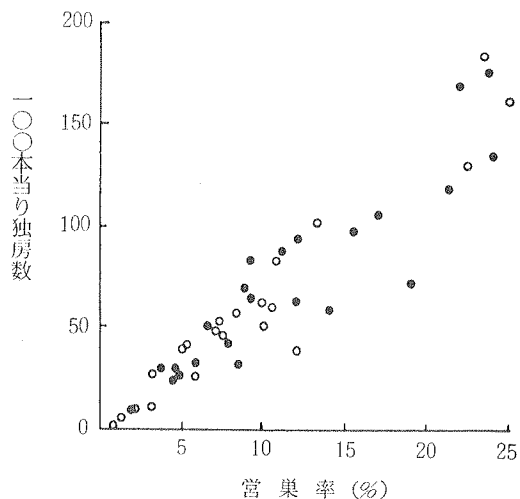
年次	場 所	紙製ストロー		ビーテル		蜂 の 巣	
		営巣筒数	完成巣筒率	営巣筒数	完成巣筒率	営巣筒数	完成巣筒率
1974	りんご試	76	—	8	—	—	—
1975	“	45	8.9%	78	20.5%	2	0%
	無散布	127	15.7	114	45.6	12	16.7
	C—4	88	21.6	107	43.8	6	16.7
	葛川	237	97.5	249	95.6	39	53.8
	板留	36	75.0	55	69.1	28	64.3
1976	無散布	66	19.7	43	51.2	8	25
	平六A	84	47.6	78	62.8	8	25
	平六B	240	55.0	306	84.3	13	76.9
	葛川	171	56.1	135	80.7	8	50
	板留	58	25.9	40	2.5	1	0
1977	無散布A	154	—	62	—	14	—
	無散布B	177	—	73	—	6	—
	平六	287	—	136	—	25	—
	葛川	431	—	111	—	17	—
1978	無散布	218	10.1	42	—	—	—
	平六	441	23.4	170	—	—	—
	葛川	181	5.5	57	—	—	—
1979	無散布	119	5.0	—	—	—	—
	平六	283	3.2	24	25.0	46	23.9
	葛川	178	8.4	18	5.6	31	25.8
1980	無散布	131	6.1	—	—	—	—
	平六	27	22.2	6	—	—	—
	葛川	231	27.7	96	—	57	43.9

(ii) 独房数

新たに作られた独房数を供試筒100本に換算して比較すると営巣率の場合と同じく、全体的には紙製ストロー>ビーテル>蜂の巣の順に多く、それらの差の程度もほぼ営巣率の場合に一致した。これは第25図でもわかるように営巣率と独房数との間には極めて高い相関関係があるためで、また、ハチの営巣行動からみても予想される場所である。なお、巣筒当り独房数については別項で述べる。

(iii) 筒内死亡率

巣筒内における死亡率の高低は、巣材の性能を評価する上で重要な要因の一つである。巣材別の死亡率は第37表でみられるように、年並びに場所により相当変化しているが、全体的にみるとおおむね蜂の巣>紙製ストロー>ビーテルの順に高い。すなわち、蜂の巣では独房数の特に少ない'76年の1例を除くと平均で24%であり、ビーテルの14%、紙製ストローの15%に比較して明らかに高



第25図 巣箱ごとにみた営巣率と独房数の関係 ('75~'80)
黒丸は紙製ストロー、白丸はビーテル

い値であった。'77年を除いた'75年から'80年までの調査資料に基づいて、筒内の期間における生命表を作成したところ第39~43表のようであった。これより IWAO & WELLINGTON の手法を用い、2種の巣材間の生存過程の差を検討してみた。まず、筒の利用形態が類似するビートルと蜂の巣を比較するため、生命表から求められる各発育形態の生存率を対数変換した上で、ビートルと蜂の巣の差を年次ごとに算出した。これを図示したのが第26図である。すなわち、全期間の生存率の差はすべて正となり、ビートルで毎年高い生存率であった。これに対し、発育形態別の生存率の差は卵で0.01以下の狭い範囲での変動であるが、すべて負の値であった。幼虫、蛹、成虫では巣材による生存率の差がわずかであり、また、年次により正になったり、負になったりした。これに対し、前蛹では生存率の差が比較的大きく、また、正の値をとり、その変動は概して全期間における生存率の差 S_0 の変動に最も近似しており、これは全体の変動の66%を説明できた。蜂の巣における前蛹期の死亡要因の中で、ビートルより明らかに高い死亡率を認めたのはツツハナトゲアシコバチ及びシリアゲコバチの寄生によるものであり、他に年次によっては不明死もやや高い傾向を認めた。このようにビートルと蜂の巣における生存率の差の変動は前蛹期における2種の寄生蜂による寄生と不明死に強く依存しているとみなされる。ここで前蛹期における不

明死は寄生蜂による寄生失敗など寄生活動との関連も考えられるが、死亡当時の発育段階からみて夏季高温時に何らかの要因が作用したとみられるところから乾燥のような物理的条件が関与しているとも考えられる。同じようにして紙製ストローとビートルをストロー/ビートルとして比較した場合は第27図に示したようであった。全期間の生存率における差 (S_0) の年次変動は試験期間の前半で負、後半で正の値をとり、全体としては緩やかな上昇傾向を示した。しかし、発育形態別にみた場合の変動はばらばらであり、特定の発育形態にみられる変動をもって説明することは困難であった。この中で卵と前蛹の変動は相補的であることが注目されるが、今のところこの原因は明らかでない。卵期の死亡はコナダニによるものと原因不明によるものがあり、このうち、巣材による差は不明死に依存するところが大きい。また、前蛹期においては'80年を除いてすべて負の値をとっており、このことはこの発育形態においてビートルよりも紙製ストローで高い死亡率があることを表している。前蛹期におけるこのような差は2種の寄生蜂による寄生率の差に負うところが大きく、特にシリアゲコバチの寄生率は後半4年間でいずれも紙製ストローで高かった。しかし、同じ前蛹期における不明死では逆にビートルでやや高い傾向があり、'76年と'80年は特に顕著であった。このように紙製ストローとビートルでは巣筒内における生存過

第39表 巣材ごとの生命表 (1975)

発育形態	死亡要因	ビーストロー			ビートル A+B			蜂の巣			合計		
		生存虫	死亡数	死亡率	生存虫	死亡数	死亡率	生存虫	死亡数	死亡率	生存虫	死亡数	死亡率
卵		4,014			4,894			724			9,712		
	コナダニ		7	0.2		13	0.3		3	0.4		23	0.2
	不明死		43	1.1		40	0.8		6	0.8		89	0.9
	(計)		(50)	(1.2)		(53)	(1.1)		(9)	(1.2)		(112)	(1.2)
幼虫		4,044			4,841			715			9,600		
	不明死		89	2.2		154	3.2		59	8.3		302	3.1
前蛹		3,955			4,687			656			9,298		
	トゲアシコバチ		143	3.6		98	2.1		41	6.3		282	3.0
	不明死		77	1.9		32	0.7		48	7.3		157	1.7
	(計)		(220)	(5.6)		(130)	(2.8)		(89)	(13.6)		(439)	(4.7)
蛹		3,735			4,557			567			8,859		
	不明死		2	0.05		5	0.1		3	0.5		10	0.1
成虫		3,733			4,552			564			8,849		
	カツオブシムシ		61	1.5		71	1.6		10	1.8		142	1.6
	不明死		3	0.1		20	0.4		6	1.1		29	0.3
	(計)		(64)	(1.7)		(91)	(2.0)		(16)	(2.8)		(171)	(1.9)
越冬成虫		3,669			4,461			548			8,678		
	全死亡		425	10.4		433	8.8		176	24.3		1,034	10.6

第40表 巣材ごとのマメコバチ生命表 (1976)

发育形態	死亡要因	ビーテル			ビーストロ			蜂の巣			アシ筒		
		生存虫	死亡数	死亡率	生存虫	死亡数	死亡率	生存虫	死亡数	死亡率	生存虫	死亡数	死亡率
卵		3,721			3,333			204			87		
	コナダニ		25	0.7		40	1.2		1	0.5		2	2.3
	不明死		180	4.8		110	3.3		4	2.0		2	2.3
	(計)		(205)	(5.5)		(150)	(4.5)		(5)	(2.5)		(4)	(4.6)
幼虫		3,516			3,183			199			83		
	不明死(若齢)		73	2.1		23	0.7		0	0		0	0
	破壊		118	3.4		243	7.6		8	4.0		5	6.0
	不明死(老齢)		36	1.1		23	0.7		3	1.5		0	0
	(計)		(227)	(6.6)		(289)	(9.0)		(11)	(5.5)		(5)	(6.0)
前蛹		3,289			2,894			186			83		
	トゲアシコバチ		93	2.8		107	3.7		25	13.4		3	3.6
	シリアゲコバチ		23	0.7		160	5.5		16	8.6		0	0
	不明死		201	6.1		43	1.5		12	6.5		3	3.6
	(計)		(317)	(9.6)		(310)	(10.7)		(53)	(28.5)		(6)	(7.2)
蛹		2,972			2,584			135			72		
	不明死		12	0.4		0	0		0	0		0	0
成虫		2,960			2,584			135			72		
	カツオブシムシ		8	0.3		50	1.9		3	2.2		0	0
	不明死		13	0.4		13	0.5		0	0		0	0
	(計)		(21)	(0.7)		(63)	(2.4)		(3)	(2.2)		(0)	(0)
越冬成虫		2,939			2,521			132			72		
	全死亡		782	21.0		812	24.4		72	35.3		15	17.2

第41表 巣材ごとのマメコバチ生命表 (1978; 平六+葛川+りんご試)

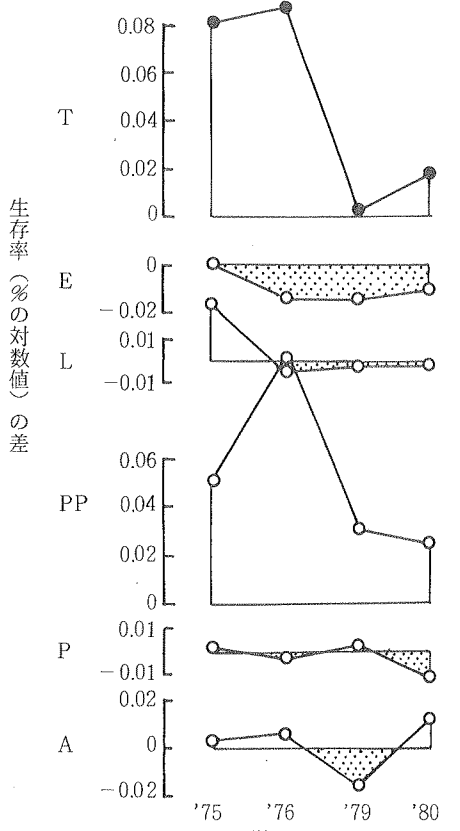
发育形態	死亡要因	紙製ストロー			ビーテル		
		生存数	死亡数	死亡率	生存数	死亡数	死亡率
卵		6,411			1,773		
	コナダニ		63	0.98		29	1.64
	不明死		125	1.95		22	1.24
	(計)		(188)	(2.93)		(51)	(2.88)
幼虫		6,223			1,722		
	ツリアブ		31	0.50		11	0.64
	独房破壊		78	1.25		21	1.22
	不明死		31	0.50		12	0.70
	(計)		(140)	(2.25)		(44)	(2.56)
前蛹		6,083			1,678		
	トゲアシコバチ		2	0.03		1	0.06
	シリアゲコバチ		282	4.63		18	4.05
	不明死		38	0.62		15	0.89
	(計)		(322)	(5.29)		(84)	(5.01)
蛹		5,761			1,594		
	不明死		17	0.30		0	
成虫		5,744			1,594		
	カツオブシムシ		83	1.44		7	0.44
	ヒョウホンムシ		0	0		0	0
	不明死		66	1.15		6	0.38
	(計)		(149)	(2.59)		(13)	(0.82)
越冬成虫		5,595			1,581		
	♀	2,773			919		
	♂	2,822			662		
	合計		816	12.7		192	10.8

第42表 巣材ごとのマメコバチ生命表 (1979; 平六+葛川)

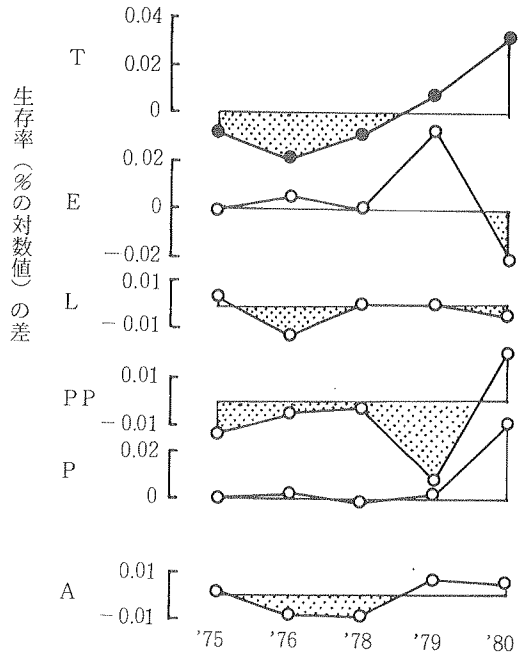
発育段階	死亡要因	ス ト ロ ー			ビ ー テ ル			蜂 の 巣		
		生存数	死亡数	死 亡 率	生存数	死亡数	死 亡 率	生存数	死亡数	死 亡 率
卵		2,008	(68)	(3.39)	162	(17)	(10.49)	344	(25)	(7.27)
	コ ナ ダ ニ 不 明		25	1.25		4	2.47		0	0
幼 虫		1,940	(8)	(0.41)	145	(1)	(0.69)	319	(1)	(0.31)
	ツ リ ア ブ 独 房 破 壊 不 明		0	0		0	0		0	0
			0	0		0	0		0	0
前 蛹		1,938	(150)	(7.74)	144	(1)	(0.69)	318	(24)	(7.55)
	トゲアシコバチ		0	0		0	0		3	0.94
	シリアゲコバチ		130	6.71		1	0.69		16	5.03
蛹	不 明		20	1.03		0	0		5	1.57
		1,782	(9)	(0.51)	143	(0)	(0)	294	(2)	(0.68)
成 虫	不 明		9	0.51		0	0		2	0.68
		1,773	(60)	(3.38)	143	(7)	(4.90)	292	(5)	(1.71)
	カツオブシムシ		28	1.58		5	3.50		0	0
越冬成虫	ヒョウホンムシ		12	0.68		0	0		0	0
	不 明		20	1.13		2	1.40		5	1.71
♀		1,713			136			287		
♂		987			86			174		
合計		726			50			113		
合計			295	14.7		26	16.0		57	16.6

第43表 巣材ごとのマメコバチ生命表 (1980; りんご試+葛川)

発育段階	死亡要因	ス ト ロ ー			ビ ー テ ル			蜂 の 巣		
		生存数	死亡数	死 亡 率	生存数	死亡数	死 亡 率	生存数	死亡数	死 亡 率
卵		2,048	(142)	(6.93)	650	(15)	(2.31)	333	(0)	(0)
	コ ナ ダ ニ 不 明		21	1.03		0	0		0	0
幼 虫		1,906	(23)	(1.21)	635	(1)	(0.16)	333	(0)	(0)
	ツ リ ア ブ 独 房 破 壊 不 明		0	0		0	0		0	0
			19	1.00		0	0		0	0
前 蛹		1,883	(56)	(2.97)	634	(48)	(7.57)	333	(43)	(12.91)
	トゲアシコバチ		0	0		0	0		0	0
	シリアゲコバチ		42	2.23		8	1.26		4	1.20
蛹	不 明		14	0.74		40	6.31		39	11.71
		1,827	(15)	(0.82)	586	(45)	(7.68)	290	(16)	(5.52)
成 虫	不 明		15	0.82		45	7.68		16	5.52
		1,812	(5)	(0.28)	541	(8)	(1.48)	274	(12)	(4.38)
	カツオブシムシ		3	0.17		0	0		0	0
越冬成虫	ヒョウホンムシ		0	0		0	0		7	2.55
	不 明		2	0.11		8	1.48		5	1.82
♀		1,807			533			262		
♂		937			296			198		
合計		870			237			64		
合計			241	11.8		117	18.0		71	21.3



第26図 ビーテルと蜂の巣におけるマメコバチ巣筒内生存率の差の変動
(T;全期間の生存率, E;卵期, L;幼虫期) (PP;前蛹期, P;蛹期, A;成虫期)



第27図 紙製ストローとビーテルにおけるマメコバチ巣筒内生存率の差の変動
(T ;全期間, E;卵期, L;幼虫期) (PP;前蛹期, P;蛹期, A;成虫期)

程で大きな相違はないとみなされるが、個々の死亡要因では若干の違いが認められ、これは両巢材の材質或いは供与方法の差に関連ある可能性が強い。寄生蜂の寄生はほとんどの場合マメコバチが営巣活動を終わってから行われ、幼虫、前蛹、蛹などが寄生の対照とされる。したがって、この型の寄生蜂が寄生するためには独房壁を破壊するか、筒又は独房壁を産卵管で突き通すかしなければならない。多くの観察例で独房壁を破壊している例はほとんど認められず、産卵管を突き刺すことで寄生を果しているときみなされる。また、ここであげられた2種の寄生蜂はいずれも長い産卵管を有している。このような寄生蜂の産卵行動と関連して、人工巣での被寄生部位を検討した結果、2、3の特色を認めた。すなわち、ツツハナトゲアシコバチの寄生は第44表に示したように巣筒の最奥又は最も出口に近い独房、つまり両端部に

ある独房への寄生が多かった。ツツハナトゲアシコバチに寄生された独房のうちの紙製ストローでは、'75年で75.5%、'76年で88.5%が両端部であり、ビーテルでは同じく88.8及び57%を占めた。巣箱全体では両端を占める独房数はそれ以外の独房よりもかなり少ないのだから、両端にある独房はツツハナトゲアシコバチに明らかに寄生され易いとみなすことができる。このことはツツハナトゲアシコバチが筒の壁面を通してよりも両端の独

第44表 マメコバチの巣筒における独房の位置とツツハナトゲアシコバチの寄生との関係

年次	試験場所	紙製ストロー		ビーテル		蜂の巣	
		両端部a)	中央部b)	a	b	a	b
1975	黒石市板留	2	0	5	0	2	6
	平賀町葛川	30	15	27	7	11	9
	りんご試A	50	20	29	0	7	6
	りんご試B	26	0	26	4	0	0
	計	108	35	87	11	20	21
1976	平賀町平六	75	7	40	36	0	2
	りんご試	25	6	13	4	2	3
	計	100	13	53	40	2	5

備考：表中の数字は独房数を表す。

房壁を通して多く産卵することを示唆する。しかし、両端以外でも寄生されている独房が存在することは、筒の壁面を突き通して産卵することもありうるとみなされなければならない。

次にシリアゲコバチについてみると、紙製ストローでは第45表でみられるように、溝板の左右両端にある筒への寄生率が極めて高く、それ以外の中央部に位置する筒で寄生を受ける例は少ない。この際1枚の板には20の溝があり、それぞれに1本のストローを挿入してあるから、両端のものはそれ以外のものと2:18の割合である。このことを考慮すると、両端の筒はそれ以外のものに比較しておよそ50倍の寄生を受けたことになる。さらに、独房単位でみると板溝の両端に位置する筒では筒内の独房の位置に関係なく寄生を受け、1本の筒のほぼ全体の独房が寄生を受けている例が多かった。これに対し、内側の溝に位置する筒ではほとんどのものが最も奥に位置する独房に寄生されている例が圧倒的に多く、中央部の独房への寄生は非常に少なかった。

第45表 マメコバチの人工巣におけるシリアゲコバチの寄生部位(1979 平六)

巢材	溝板でのストローの位置	寄生筒数	筒内における独房の部位			
			最後列(a)	最前列(b)	a, b以外	計
紙製ストロー	両端部(A)	29	23 (16.7)	27 (19.6)	88 (63.8)	138
	同上以外(B)	25	21 (84.0)	1 (4.0)	3 (12.0)	25
ビートル		45	35 (59.3)	2 (3.4)	22 (37.3)	59

ビートルでは最も奥に位置する独房でシリアゲコバチの寄生率が圧倒的に高く、全体の59%を占め、最も手前の独房への寄生は逆に少なかった。このような傾向は内側の板溝に挿入したストローの場合に類似していた。しかし、ビートルでは内側の独房への寄生が22例みられ、37%を占めた。このような独房の位置と寄生率との関係はビートルの構造と密接な関係があると考えられる。すなわち、ビートルの場合は6角型の紙箱の中に76本の筒が収容されていて、箱の内壁と接する筒の割合は、板溝に挿入したストローの場合より高くなっている。ビートルの場合、最も奥の独房は箱の底にほぼ接した形で作られることが多く、ここは寄生者にとっては最も楽に産卵管を挿入できる。これに対し手前の独房は入口閉鎖壁や入口栓で保護されている他、不完全巣でもシリアゲコバチが筒内に侵入して産卵姿勢をとるには巣筒の内径が小さ過ぎるものと考えられる。一方、内部の独房にもかなり寄生がみられたのはビートルを収容している紙箱を通して産卵管を挿入できるためとみなされ、それは内部

の独房に寄生を受けている巣筒の多くは紙箱に接したものであることによっても明らかである。

v 紙製ストローとビニールストローの比較

'80年と'81年にりんご試無散布園に巣箱を設置し、巢材として板溝に紙製ストローとビニールストローを交互に並ぶように挿入して試験に供した。それぞれのストローへの営巣率と筒内死亡率を比較検討した結果は第46表のようであった。

第46表 紙及びビニール製ストローの営巣状況(1980, '81)

項目	1980		1981	
	紙製	ビニール製	紙製	ビニール製
供試筒数本	1,500	1,500	1,500	1,500
営巣筒数本	114	17	39	3
営巣率%	7.6	1.1	2.6	0.2
独房数個	576	106	142	6
筒内死亡率%	9.7	27.4	10.6	66.7

ビニール製ストローは内径、長さとも紙製のものと同一であるにもかかわらず、営巣率が2年間とも紙製に比較して明らかに低い結果であった。このため独房総数においてもビニール製で少なく、'80は紙製の1/5以下、'81年は同じく1/20以下であった。筒内死亡率はビニール製のものが高く、死亡要因では前蛹と成虫の原因不明による死亡率が非常に高かった。以上のようにビニール製ストローはマメコバチの巢材として欠点が多く、紙製のものに比較して利用価値が低いとみなされる。

vi 人工巣における異常な営巣行動

成虫が営巣を開始すると奥壁を作るために巣筒内に土塊を搬入する。新鮮な巣筒を与えたものにこのような土塊を搬入した痕跡のあるものは一度営巣されかけたことを示唆する。そのような痕跡の残る筒は'75年の試験において第47表のように認められた。すなわち、着色したビートルでは与えた筒の約4%でそのような痕跡がみられ、無着色ビートルでは約5%であった。また、蜂の巣では0.5%と低かったが、これは蜂の巣の場合、前述したようにマメコバチにあまり好まれないため、営巣率自体が低いことによる。営巣率との関係がある程度反映されるように土塊搬入筒と営巣筒との比をとってみると蜂の巣>無着色ビートル>着色ビートルの関係が明らかに認

められた。なお、板溝に挿入したストローは新鮮なものでなかったのでここでは調査から除外した。

第47表 人工巣材における異常な営巣行動 (1975)

巣材	異常な営巣筒数 (%)				営巣筒数 (%)
	土塊搬入 (A)	入口閉鎖 (B)	A, B 両方あるもの (C)	合計	
ビートル (着色)	70 (3.91)	69 (3.85)	34 (1.90)	173 (9.66)	543 (30.3)
“ (無着色)	173 (4.91)	4 (0.11)	24 (0.68)	201 (5.71)	88 (2.5)
蜂の巣	47 (0.51)	188 (2.05)	65 (0.71)	300 (3.27)	87 (0.9)

一方、筒の中にまったく独房がないにもかかわらず、入口が閉鎖されてしまった筒が75年の葛川で特に多く認められた。このような異常もビートルと蜂の巣で多く、紙製ストローではごく少数しか認められなかった。このような筒は完成巣の周辺に集中的に作られる傾向がみられ、ハチの生理的な異常に起因して起こったのではないかとみなされる。なお、土塊搬入の異常は調査時に初めて確認したもので他種の蜂によって搬入されたのではないかとの疑いを否定できない。しかし、入口閉鎖の異常はすでにマメコバチの営巣時に確認したものである。したがって、少なくともA, B両方がみられる巣筒では土塊搬入の異常もマメコバチによって行われたものとみなされる。また、他種のハチによる営巣は極めて少数であ

ったことから、Aだけによる異常巣もほぼマメコバチによるものと考えられる。このような異常行動は巣材が規格化されているため、ハチの巣筒認識感覚を混乱させることにあるのではないかとみなされる。

vii 紙製ストロー群における営巣筒の分布

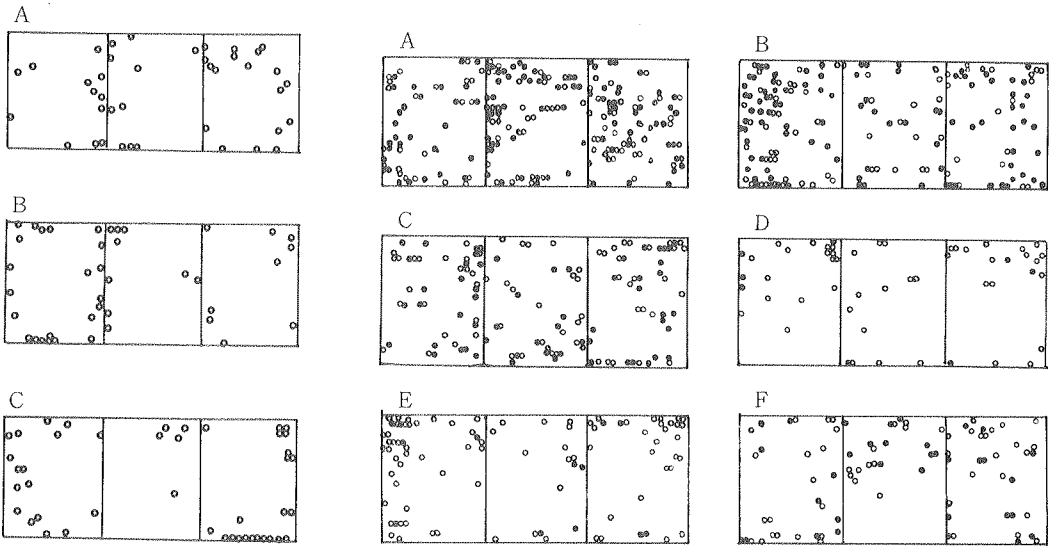
板溝に紙製ストローを挿入して与える場合、前面からみると規格品を整理させている状態で、少なくとも人間の目では中央部の筒をそのままの状態

で記憶することは困難である。マメコバチが自分の巣を記憶するのにどのような能力を備えているかは今のところ計り知れないが、このような状態で間違いなく自分の巣を完全に記憶できるという保障もない。72年に現地圃場において紙製ストローを巣材として与えた巣箱において、営巣数、異常な土塊搬入筒、独房数など調査した結果によると第48表のようであった。すなわち、営巣のために土塊を搬入し、その後、独房完成に至らない筒の割合は平均でも77.6%と非常に高かった。これはビートルや蜂の巣の場合と同様に人工巣でみられる特異的な現象ではなからうか。次に、完全巣筒(入口栓のあるもの)の巣箱内における分布状況をみると、第28図のように500本を1組(横20×縦25)とした束の周辺部に多くみられた。また、高さ別に集計した営巣筒数の分布では、各巣箱で第29図のようであり、上、下で多く、中央に少ないといった集中性が明らかに認められ、特に高密度の場合にその傾向が強かった。このような現象は、単なる周辺効果の他に、中央部の筒ではハチの巣筒記憶能力に障害を与える可能性も考えられ、前述の異常な営巣現象と関連して興味ある事実である。そこで73年以降は溝板25枚を重ねて結束した後、前面に第30図A~Fのような紋様又は文字を墨汁で描いてから与えてみた。その結果から第28図同様に営巣筒の分布図を描いたのが第31図である。これを肉眼的に見る限りでは上下及び左右の辺に近いところに多いという傾向は依然として認められた

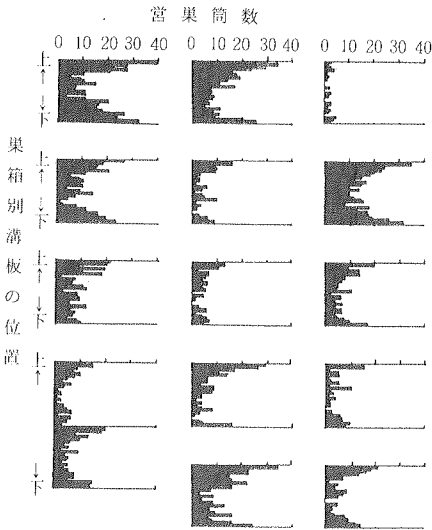
第48表 紙製ストローにおける営巣と異常な土塊搬入 (1972)

場所	巣群別	土塊搬入筒 (A)	営巣筒 (B)	独房数	A/A+B
藤崎 (福井)	A	993 本	512 本	2,104 個	0.660
	B	1,164	205	512	0.695
桑野木田	A	1,091	217	1,166	0.834
	B	1,013	210	1,094	0.828
八幡崎	A	857	48	218	0.947
	りんご試	781	196	1,169	0.799
藤崎 (野呂)	A	875	118	557	0.881
	B	641	318	1,621	0.668
樹木 (斎藤)	A	769	128	871	0.857
	B	895	123	629	0.879
板柳	A	608	198	1,804	0.754
	B	636	347	2,717	0.647
芦屋		1,039	406	1,889	0.719
樹木 (長尾)		829	360	2,397	0.697

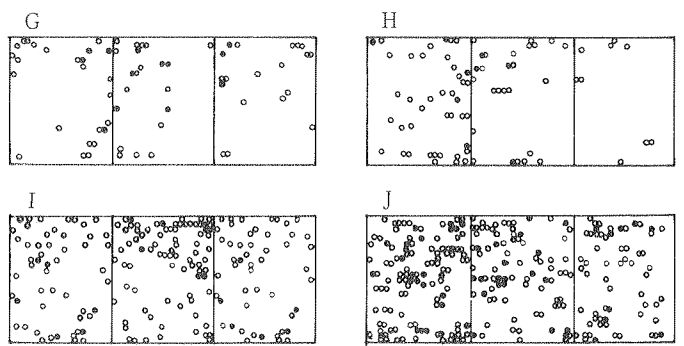
備考：供試筒はいずれも1,500本



第28図 模様を描かない溝板における
巣筒の分布 (1972)
上下25段×左右20列を単位と
した3個並列

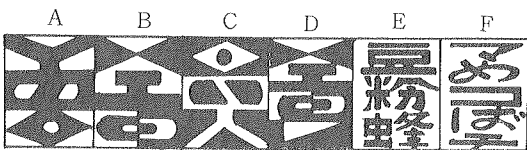


第29図 巣箱内における溝板の位置と
営巣筒の分布 (1972)
(板溝の前面に模様又は文字
を描かない場合)



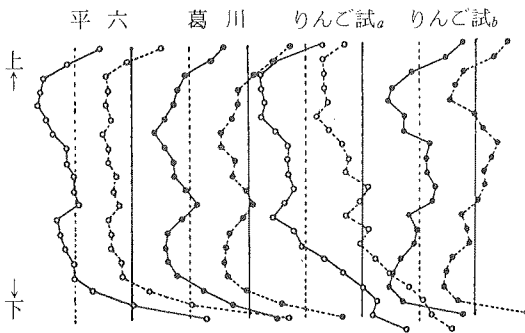
第31図 前面に模様を描いた溝板における巣筒
の分布
A～C; 1974, D～F; 1976, G～J; 1978
黒丸; 完成巣筒, 白丸; 不完全巣筒

が、'72年の場合よりも全般に偏りが小さくなっている。また、その集中性はすべての巣箱で共通している訳でなく、年次、密度、紋様の形式などによりかなり異なっているようにみうけられた。実際の偏りがどのような様相を呈しているかを、'77年の資料を基に示したのが第32～33図である。これは溝板ごとの分布比率を求め、それを3点移動平均とした後、全体の平均からの偏差として表わした。これよりわかるように、上下関係では平六と葛川がほぼ類似した分布を示し、営巣筒数、独房数とも下部に特に多く認められ、上端部でも平均値を上回った。中間部では1部で平均値を越えたところもあったが、大部分はそれ以下であった。りんご試aでは基本的には平六、葛川の場合と同様に上、下に多い傾向は変わらないが、その中間部においても上方に少なく、下方に多く、したが



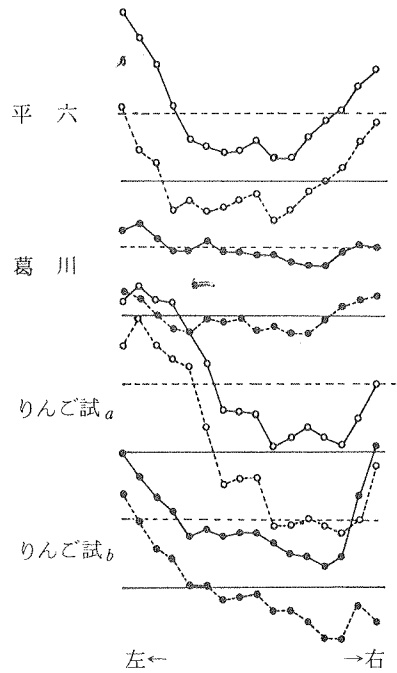
第30図 板溝の前面に描いた模様又は文字の種類

って、全体的には上部から下部へと傾斜していた。りんご試bでは上、下で多いほかに、中央部でも多く認められ、また、下端部で特に多いという傾向が認められなかった。一方、左右の位置関係における分布様相は営巣筒数、独房数共に両端部に多く、その中間で少ない傾向が各巣箱に共通してみられた。端部での数は左側で右側よりも多かった。しかし、葛川では両端部に多い傾向は顕著でなく、また、左右間の差も小さかった。この際、葛川では巣箱を建物の北側壁面に設置したため、巣箱も北向となり、南向に孤立させて設置した他の地点のものとは異なっていた。



第32図 溝板1枚当りの営巣筒数(実線)および独房数(点線)の分布
溝板ごとの分布比率における平均からの偏差で示す。
縦線は平均値で、これより左側は-、右は+である。

次に1枚の溝板を抽出単位とし、溝板1束分又は巣箱1個分における巣筒の集中程度を知るため、平均こみあい度とそれを利用した分布集中度の分析 (I WAO, 1968; I WAO & KUNO, 1971)を試みた。まず、溝板1枚(筒20本分)の中の営巣筒数を調べ、その1束(25枚)又は1箱(75枚)を単位として平均値(\bar{x})と平均こみあい度(\bar{x}^*)を求めた。それより'72年から'78年までの年次ごとに $\bar{x} - \bar{x}^*$ 関係の直線回帰式 $\bar{x}^* = \alpha + \beta \bar{x}$ における係数を算出した結果、第49表のようであった。ここで、分布の様式を規定する密度-集合度係数 β は1又はそれ以上であり、年次により変っていた。 β は平均密度の高い年に低い傾向があり、板束単位では $\bar{x} > 2$ の場合に $\beta = 1$ となり、このことは低密度で集中分布していたものが、高密度になるとほぼランダム分布に近い状態となるとみなされる。巣箱単位では'78年を除けばすべて $\beta > 1$ であり、このことは板束間での分布に何らかの片寄りがあることを示唆する。一方、密度効果のないときの集合性の様相を示すといわれる基本集合度示数 α は板束単位の場合0から1の範囲にあり、弱い集



第33図 溝板における溝の位置別にみた営巣筒(実線)および独房数(点線)の分布
列ごとの分布比率における平均からの偏差で示す。
横線は平均値で、これより上が+、下が-を表す。

第49表 板溝に挿入した紙製ストロー巣箱におけるマメコバチ営巣筒の分布集中度

単 位	年次	n	r ²	β	α	\bar{x}
束(溝板 25枚1組)	'72	41	0.967	1.075	0.754	3.15
	73	27	0.914	1.612	0.089	1.13
	74	18	0.917	1.342	0.036	1.40
	75	39	0.885	1.266	0.332	1.48
	76	32	0.902	1.061	0.732	1.20
	77	16	0.860	1.061	0.874	2.78
78	27	0.946	0.995	0.712	2.26	
巣箱(3 束1組)	'72	13	0.975	1.128	1.499	9.55
	73	9	0.979	1.780	-0.561	3.26
	74	5	0.980	1.188	-0.475	4.27
	'75	10	0.881	1.330	0.296	3.42
	76	10	0.958	1.581	0.274	1.86
	78	5	0.994	0.926	1.585	5.31

備考： β 、 α はそれぞれ平均値と平均こみあい度の回帰直線関係における密度-集合度係数と基本集合度示数を表す。nは標本数、rは相関係数、 \bar{x} は平均値である。

合性がみられた。しかし、 β とは逆に密度の低い年に α が低く、ほとんど0に近くなってコロニー性が認められなくなっていた。巣箱単位でみた場合の α は-0.6から1.6の範囲で変っており、密度が高く、 β が低い年に高い値となり、逆の場合に低い値を示した。特に'73, '74年は $0 > \alpha > -1$ となり、弱い避けあいが見られた。

次に巣箱を単位とした分布様相が一般的にどのようなものであるかを検討するため、各年次をこみにして $\bar{x} - \bar{x}^*$ 関係をみたのが第34図である。この際、 $n=52$, $r^2=0.904$ で、 $\bar{x}^* = 0.533 + 1.248 \bar{x}$ であった。これは $\alpha > 0$, $\beta > 1$ であり、弱いコロニー性をもって集中分布しているとみることができる。

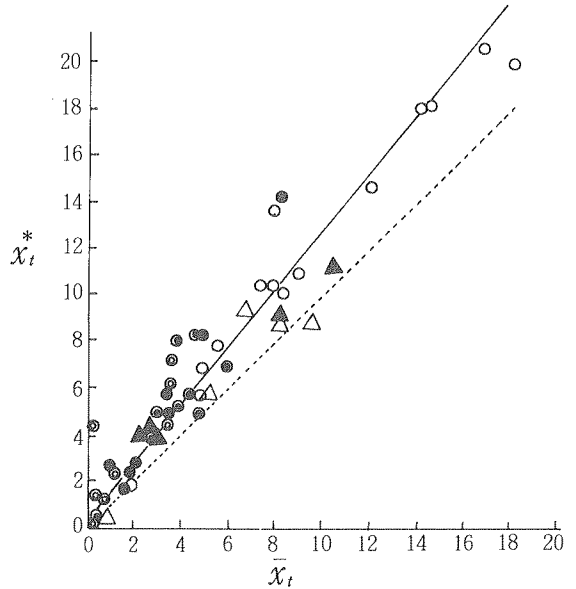
溝板1束ごとにその前面に描いた紋様の種類により巣筒の分布集中性が異なるかどうかを検討するため、'73~'78年の調査資料から束ごとの \bar{x}^* / \bar{x} 値、紋様ごとの \bar{x} と \bar{x}^* における回帰関係などを求めた。その結果は第50表のようであり、紋様ごとに求めた \bar{x}^* / \bar{x} の平均値では幾何模様を描いたA~Dよりも文字を書いたE及びFで低い値を示した。しかし、 \bar{x}^* / \bar{x} の値は密度に依存して変る傾向があり、紋様間の集中度を比較するには必ずしも適切といえない。一方、回帰直線から得られる密度-集中度係数は紋様Aで最も低く、 $\beta = 0$ 、次いでE, F, Cが $1.0 < \beta < 1.2$ 、B, Dが $1.2 < \beta < 1.5$ であり、 \bar{x}^* / \bar{x} の平均値から得られた集中性の傾向とは異なっていた。しかし、漢字を書いたEでは \bar{x}^* / \bar{x} , α , β ともに低い値を示し、集中度の低い傾向があった。

viii 筒口着色の効果

1975年以降のビーテルは筒口を赤、青、黄の3色で染めたものと無着色のものを混合して76本ずつ包装箱に入れたものである。これを、巣口を染めていない筒だけを入れた包装箱と混合し

て巣箱に与え、それへの営巣率を比較した結果、第51表のようであった。すなわち、営巣率は5か所の巣箱で着色ビーテルの方が無着色のものよりも明らかに高かった。また、供試筒当りの独房数(産卵数)でも同様に着色したもので多かった。

一方、筒内の死亡率は巣群によってばらつきがあり、一定の傾向が認められなかった。このことからビーテルの巣口着色による営巣率向上の効果は顕著なものとして評価される。また、逆に着色しないビーテルはマメコバチの営巣活動を何らかの形で抑制している可能性を示唆するものである。なお、着色、無着色とも筒の長さは5mm位ずつの差で3段階に変えたものが混合されているが、こ



第34図 溝板に挿入した紙製ストローを巣材とした巣箱における平均巣筒数と平均こみあい度の関係

$r = 0.9541$ $\bar{x}_t^* = 1.248 \bar{x}_t + 0.533$

○; 1972, ●; 1973, ▲; 1974, △; 1974
◎; 1975, ○; 1976

第50表 紙製ストローの模様と巣筒の分布集中性

紋様の種類	調査数	\bar{x}	\bar{x}^* / \bar{x}			回帰直線		
			最小	最大	平均	α	β	r^2
A	25	1.65	0.33	9.74	2.13	0.741	0.991	0.862
B	23	1.32	0.16	4.57	1.79	0.568	1.203	0.808
C	28	1.43	0.49	4.47	1.88	0.671	1.163	0.778
D	15	1.75	0.49	2.97	1.66	0.310	1.453	0.873
E	16	1.82	0.49	2.47	1.29	0.196	1.082	0.924
F	17	2.47	1.03	1.97	1.39	0.452	1.139	0.917

備考: '73~'78年の調査資料による。

れの効果については対照となる同長の筒を揃えたものがないので評価できなかった。

次に着色ビーテルにおいてどの色の筒に多く営巣されたかを'75年の結果から検討したところ第52表のようであった。すなわち、5つの巣箱を合計した数でみると青色が201本で最も多く、次いで赤、黄、無着色の順であった。

次に同じような観点から'75年の蜂の巣の場合について検討すると第53表のようであった。

営巣率は全般に低い、その中で営巣率の高い順位は青>茶>緑>赤>黄であった。青色で最高の営巣率を示した点はビーテルの場合と一致し、他の共通する色でも

第51表 着色ビートルと無着色ビートルにおける営巣状況

巣箱設置場所	筒口	営巣筒数	営巣率(%)	独房数	死亡率(%)
りんご試圃場外	着色(A)	71	19.8	507	6.9
	無着色(B)	7	1.0	57	12.3
りんご試無散布園	A	99	27.7	645	8.2
	B	15	2.1	240	5.8
りんご試 C-4号圃	A	96	26.8	762	9.4
	B	41	5.8	284	15.5
平賀町葛川	A	225	62.8	1,745	9.1
	B	24	3.4	205	12.2
黒石市板留	A	52	14.5	413	6.1
	B	3	0.4	27	0

備考：供試筒数は各場所とも着色358本，無着色704本である。

第52表 着色ビートルにおける筒口の色と営巣率

巣箱設置場所	赤色		青色		黄色		無着色		計 本
	本	%	本	%	本	%	本	%	
りんご試無散布園	28	(31.8)	29	(33.0)	17	(19.3)	14	(15.9)	88
“ C-4号圃	27	(28.1)	38	(39.6)	13	(13.5)	18	(18.7)	96
“ 圃場外	17	(23.9)	25	(35.2)	18	(25.4)	11	(15.5)	71
平賀町葛川	62	(27.4)	81	(35.8)	39	(17.3)	44	(19.5)	226
黒石市板留	9	(17.0)	28	(52.8)	10	(18.9)	6	(11.3)	53
計	143	(26.8)	201	(37.6)	97	(18.2)	93	(17.4)	534

第53表 蜂の巣における筒の内壁色と営巣率(1975)

筒内壁の色	内訳	りんご試 A	りんご試 B	りんご試 C	板留	葛川	合計
緑	供試数	432	432	432	432	364	2,092
	営巣数	0	1	0	4	9	14 (0.67)
茶*	供試数	432	432	432	432	432	2,160
	営巣数	4	1	1	6	11	23 (1.06)
青	供試数	540	540	540	540	506	2,666
	営巣数	6	4	1	8	26	45 (1.69)
赤	供試数	252	252	252	252	286	1,294
	営巣数	1	0	0	0	7	8 (0.62)
黄	供試数	180	180	180	180	248	968
	営巣数	1	0	0	0	2	3 (0.31)

備考：茶色は無着色のもの，()内は営巣率(%)を示す。

赤，黄の順に高く，ほとんど同じ傾向であった。しかし，蜂の巣では無着色の筒への営巣率が高く，この際，無着色時の紙色が蜂の巣でビートルよりも茶色味が強かった。

ビートル，蜂の巣いずれの場合でも色の差によって営巣率に幾らか差がみられたが，実用上は営巣率が高いからといってその色に統一することは着色しないと同一ことになり，不都合である。着色の効果はあくまでも各種の色或いは濃淡を混在させることにより，マメコバチが営巣筒を記憶する上で有利になるように計るべきものである。

ix 人工巣筒における筒当り独房数

紙製ストロー及びビートルにおける1巣筒当りの平均独房数は第37表に巣箱別，年次別に多くの事例が示されている。すなわち，紙製ストローでは3.7から9.0個までの範囲にあり，平均6.27個であった。また，ビートルでは3.2から8.4個の範囲で，平均5.91であった。これらは完成巣と未完成巣を混在しており，おそらくその混合割合によっても平均値は変るとみられる。さらにこれでは巣筒当りの独房数に対して筒数の分布がどのようになっているかも明らかでない。そこで，'78年分についてその分布状況を調査し，第54表に紙製ストローの場合を示した。これより明らかなように，最低1個から最高19個までの範囲で連続的な分布を認め，

1～3個付近と13～15個付近の2か所にピークがみられた。この場合、1～3個といった少ない独房のものはほとんどが不完全巣であり、これはハチが途中で営巣を放棄したり、死亡したため起こる。一方、後半の山はほとんどが完成巣であり、その巣材において正常に営巣された場合の一般的な独房数を表しているとみなされる。したがって、紙製ストローでは14個位が平均的営巣可能数とみなされる。このことをさらに確認するため、'75～'81年の完成巣だけについてその独房数の頻度分布を作ったところ第55表のようになった。このように筒当り独房数は最低1から最高20まであり、これより年次別の筒当り平均独房数を求めると7.98～14.30個の範囲で変わっており、年次によって相当変化し、特に'76年と'81年で低かった。また、第56表でも判るように同じ年内の飼育場所によっても大きく変わっていた。特に山間地の平六、葛川ではいずれの年もりんご試より低い平均値であった。

一方、各年次ごとにみた頻度分布におけるモードについてみると、大部分の年は明らかに14～16個の範囲にあったが、'76年はばらつきが大きく、2個と12個の2峰型となり、'81年は独房数1個のものが最も多いという異常な結果であった。'76年と'81年は場所的にみると、いずれも平六並びに葛川において低い値を示し、その他の場所

第54表 紙製ストローにおける筒当り独房数の分布

筒当り 独房数	巣箱の設置場所				合計
	無散布	平六	葛川	りんご試	
1	22	41	34	56	153
2	27	48	14	52	141
3	13	40	24	41	118
4	10	16	18	30	74
5	12	23	12	37	84
6	8	27	11	27	73
7	12	20	11	22	65
8	5	13	7	26	51
9	11	18	12	24	65
10	11	19	7	27	64
11	11	15	10	26	62
12	12	21	16	36	85
13	25	17	12	52	106
14	20	31	9	70	130
15	10	30	8	79	127
16	5	20	2	37	64
17	2	11	0	15	28
18	0	3	0	1	4
19	0	1	0	0	1
計	216	414	207	658	1,495
平均	8.01	7.96	6.66	9.15	8.31

第55表 紙製ストローにおける完成巣筒1本当り独房数の分布割合(%)

筒当り独房数	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
1	0	6.8	0	0.9	4.3	0.8	12.5
2	0	9.3	0	1.3	4.3	1.6	11.5
3	1.1	5.0	0	3.9	6.4	4.0	10.9
4	1.1	8.5	0	2.2	1.1	0.8	7.7
5	0.5	7.8	0.8	2.6	4.3	4.8	9.0
6	1.1	5.7	0	3.0	7.4	4.8	6.3
7	1.1	3.6	0.8	1.3	2.1	5.6	7.9
8	2.7	6.4	0.8	3.5	4.3	1.6	8.4
9	3.6	4.6	2.3	3.5	4.3	3.2	7.1
10	3.3	7.8	4.6	3.5	3.2	3.2	5.7
11	5.5	6.0	0.8	3.0	8.5	4.0	4.3
12	6.0	9.3	7.7	3.0	5.3	2.4	1.7
13	8.2	6.4	7.7	8.3	5.3	7.9	2.4
14	19.2	5.0	8.5	15.7	18.1	18.3	0.9
15	19.7	3.6	18.5	23.5	14.9	18.3	2.1
16	17.3	3.2	25.4	11.7	3.2	15.1	1.1
17	9.3	0.4	10.0	7.4	2.1	3.2	0.5
18	3.6	0.4	8.5	1.3	0	0.8	0
19	0.8	0.4	3.1	0.4	1.1	0	0
20	0	0	0.8	0	0	0	0
平均	14.30	7.98	14.81	12.52	10.32	12.06	5.98
調査筒数	365	281	130	230	94	126	633

第56表 紙製ストローにおける完成巣1本当たり平均独房数

巣箱設置場所	1975年		1976年		1978年		1979年		1980年		1981年	
	筒数	独房数	筒数	独房数	筒数	独房数	筒数	独房数	筒数	独房数	筒数	独房数
りんご試無散布園	19	12.16	12	12.92	13	12.46	6	13.67	8	15.38	—	—
〃 C-3号圃	19	13.21	—	—	116	13.94	23	13.00	48	13.88	36	14.81
平賀町葛川	—	—	50	5.78	11	10.00	12	7.75	64	10.45	517	5.26
〃 平六	—	—	112	7.54	90	11.04	53	9.36	6	8.50	79	6.34
黒石市板留	26	7.96	11	11.36	—	—	—	—	—	—	—	—

備考：筒数は調査数，独房数は平均値を表す。

での営巣筒数が少ないため、両地点の値が強く反映される結果となっていた。このように葛川と平六で筒当たり独房数が少ない傾向を示した理由は不明の点が多いが、活動期間が長く複数の筒に営巣した個体が多いと考えられることや、前述したように異常な入口閉鎖行動との関連も考えられる。

ここで、'78年の場合についてみると筒当たり15独房をモードとして少ない方に伸びた山型を呈しており、第54表でみられた様な筒当たり1~2個体のところのピークは大部分が不完全巣であったことがわかる。以上の結果から、ストローの場合、正常に営巣された巣筒1本当たりの独房数は15個内外のものが最も多いとみなすことができる。

次にビーテルの場合についてみると、'78年では第57表に示したように2峰型を示していたが、筒当たり1個のところのみみられた山は小さいものであった。これに対し、筒当たり10個のところは3つの巣箱とも一致したピークを示し、6割以上の筒はこの近辺に分布していた。ところ

第57表 ビーテル1本当たり独房数の分布 (1978)

筒当り独房数	巣箱別			合計	
	無散布	平六	葛川	筒数	%
1	1	18	8	27	11.2
2	1	13	3	17	7.1
3	1	7	3	11	4.6
4	2	11	1	14	5.8
5	4	2	2	8	3.3
6	2	5	7	14	5.8
7	3	2	2	7	2.9
8	5	2	0	7	2.9
9	6	21	2	29	12.0
10	12	30	11	53	22.0
11	3	23	7	33	13.7
12	1	16	4	21	8.7
計	41	150	50	241	100

$$\bar{x} = 7.51$$

で、ビーテルの場合も、筒当たり独房数の少ないところのみみられたピークは不完全巣である可能性が強く、この点を検討するため、完全巣だけについて、'77年を除いた'75~'80年のものを年次ごとに頻度分布を求め、第58表に示した。これでも明らかのように、'78年のものでは筒当たり独房数の少ないところでのピークが消え、筒当たり10又は11個のところに分布のモードがみられ、平均9.71と高まった。その他の年においても、モードは10~11個、平均値は7.15~9.71の範囲にあった。このようにビーテルでは順調に営巣された場合、1本の筒に10~11個の独房が作られる例が多いものとみなされる。なお、筒当たり平均独房数は年次により変化がみられたが、紙製ストローの場合より激しくなく、7.15~9.71の範囲であった。しかし、巣箱別にみれば6.71から10.25の範囲で変動し、

第58表 ビーテルにおける完成巣1本当たり独房数の分布

筒当り独房数	1975	1976	1978	1979	1980
	%	%	%	%	%
1	2.5	7.7	0.9	0	2.2
2	2.7	4.9	0.9	0	2.2
3	3.2	9.1	1.7	3.7	2.2
4	1.2	6.0	1.7	4.9	2.2
5	2.2	8.6	2.6	1.2	2.2
6	3.7	4.7	4.3	4.9	4.3
7	6.7	5.1	0.9	0	10.9
8	14.8	7.4	0	1.2	8.7
9	16.8	12.6	13.9	18.3	15.2
10	21.7	14.7	32.2	24.4	10.9
11	18.3	13.3	26.1	26.8	21.7
12	4.9	4.4	14.8	14.6	17.4
13	1.0	1.4	0	0	0
14	0.2	0	0	0	0
15	0	0.2	0	0	0
平均独房数	8.66	7.15	9.71	9.55	8.98
調査数	405	430	115	82	46

特に、'76年の平六と葛川で低い平均値であり、紙製ストローの場合と同様の傾向を認めた。この年の特徴は異常な入口閉鎖がみられたことで、これは空の筒をも含めて近接した筒に次々と入口栓をしたものである。この際、他の営巣途中の巣筒をも巻き込み、そのために少ない独房数で完全巣として評価されたおそれもある。

次に筒の利用効率を比較するため、筒1cm当りに換算した独房数を算出することとした。ここで、1本当りの独房数として、まず前述した頻度分布のモードにおける個数を用いることとし、ストローでは14.8個、ビートルでは10.5個とみなした。一方、筒の長さはストローで21cm、ビートルで15cmであるから、1cm当り換算の独房数はそれぞれ0.704個と0.700個となり、両筒ともほぼ同じ値を示した。

同様にして、1本当り平均独房数をストロー12.8個、ビートル9.2個として計算をすると1cm当りの独房数は0.61個及び0.61個となって同程度の利用効率であった。ここで、ビートルでは筒当りの独房数が少ない分、入口閉鎖や入口栓の数が多くなることになり、その分余計な労働を必要とすることはいなめない。しかし、この程度の差は実用上あまり問題にする程のものではないとみなされる。

× 巣筒の重量から筒内独房数の推定

営巣のない新鮮な紙製ストローでは1本の重さが母平均で 0.660 ± 0.0091 gであり、ビートルでは同じく 2.44 ± 0.047 gであった。ビートルでは長さが3段階になっており、長、中、短をそれぞれ区分して計測すると 2.58 ± 0.048 、 2.41 ± 0.040 、 2.34 ± 0.033 gであった。まず、紙製ストローについて実際に営巣された筒を14~222本の範囲で組を作り、14組について重量、筒数、独房数、マメコバチの生死などを調査した。この際、重量では24gから433gまでの範囲、独房数では94個から2,175個までの範囲のものが含まれている。各組の重量よりそれに含まれる筒の重量を差引いた値 x_s を次のようにして求めた。

$$x_s = \text{総重量} - (0.66 \times \text{筒数})$$

x_s の値を横軸に、独房数(y_s)を縦軸にプロットすると、両者の関係は次のような直線によって回帰できた。

$$y_s = 7.136 x_s - 17.072$$

ただし、 $n=14$ 、 $r^2=0.977$ である。この計算に用いた巣筒の総計は1,328本で、その総重量は2,501g、総独房数は11,353個、そのうち死亡したもの11.5%であった。したがって、この資料から得られる巣筒1本当りの平均独房数は8.54個、1本当り平均重量は1,883g、巣材の重量を差引いた独房8.54個分の重量は1,223gに相当し、さらに独房1個分では0.143gとみなされる。上の回帰

式より x_s が100g及び200gの場合の独房数を求めるとそれぞれ697個と1,410個となり、この際、88.5%の生存率とすればマメコバチの成虫数は697個体及び1,248個体となる。次にビートルでは巣筒1本当りの重量と巣筒1本当りの独房数の関係を検討した。調査した80本の巣筒のうち、死亡個体が多い2本を除き、独房数の同じ巣筒ごとに平均重量を求め、それを x_B とし、巣筒1本当り独房数を y_B として直線回帰を求めると

$$y_B = 7.259 x_B - 17.783$$

が得られた。ただし、ここで、 n は1から12までの12組、 r^2 は0.951である。これにより巣筒1本の重量を測れば筒を割ることなしに、およそその独房数を知ることができる。しかし、ビートルの場合、1本ずつ重量を測ることは実用上あまり意味がない。むしろ、1ケース又はそれ以上の単位で重量を測定し、その場合のハチ数を推定するような方法を今後検討する必要がある。紙製ストロー、ビートルともにここで得られた回帰式は今のところ1年めの巣筒にしか利用できない。2年め以降になると古い巣筒が混在し、それと新しい巣筒との区別がつかない場合があるからである。数年間使用した筒や大量の筒を対象にしたものは今後さらに検討する必要がある。

考 察

アシ筒に代るマメコバチの巣材として使用が試みられてきたものは山田(1976)によるイタドリ、ネマガリグケ、穴あき石こうブロック、ビニール筒、ガラス筒、ニス塗り繊維筒、穴を掘った板などがあり、その中である程度の営巣がなされたものとして、ニス塗り繊維筒とガラス筒があげられた。しかし、これらは生産コスト、筒内透水性、通気性などの点で問題がある。前田(1978)はアシ筒以外のツツハナバチ類の人工巣として、紙筒、ガラス筒、ビニール筒、グルードボード及びグルードボードと紙筒の組合せなどの使用を試み、人工巣として紙筒が適しているとした。また、その場合人工巣の条件として、(i)内径と長さがそれぞれのハチが好むものであること、(ii)筒壁は0.5mm以上、(iii)筒は箱詰めにして後端部を箱の底に接着剤で密着させることなどが重要であるとしている。そして、この条件を備えたものとしてビートルがあげられている。ところでBOHART(1972)はアルファルファハキリバチの各種巣材について15項目にわたる特性を比較して性能を評価しようとした。同様の観点からマメコバチの場合について、特に重要と考えられる特性をアシ筒に対比して示したのが第59表である。ここではアシ筒よりもよいものを $+$ 、ほぼ同等のものを $+$ 、劣るものを $-$ とした。この際、営巣性の劣るものは巣材としての根本的な欠陥であるから、そのようなものを除

第59表 各種巣材におけるアシ筒に対比した特性

特 性	ア シ 筒	ビニール ストロー	紙ストロー	溝板入り 紙ストロー	ビーテル	蜂の巣	ニ織 ス織	塗 筒
営 巢 性	+	—	—	+	+	—	+	+
筒内の不明死が少ない	+	—	—	+	+	—	—	—
シリアゲコバチへの安全性	+	?	—	+	+	—	?	?
トゲアシコバチへの安全性	+	?	—	+	+	—	?	?
カツオブシムシへの安全性	+	+	—	+	+	—	+	+
耐 久 性	+	+	—	+, —*	—	—	+	+
コストが安い	+	+	+	+	—	?	—	—
大量生産性	+	+	+	+	+	+	+	+
小型である	+	+	+	—	+	+	+	+
軽量である	+	+	+	—	+	+	+	+
再利用性	+	—	—	+, —*	—	—	+	+
まゆの取出し易さ	+	—	—	—	—	—	—	—
通 気 性	+	—	+	+	+	+	—	—
個 体 間 の 干 渉	+	—	—	+	—	—	—	—

備考：*印は溝板と紙製ストローに分けて示した。

外すると、巣材として実用性が高いとみられる素材は溝板挿入の紙製ストローとビーテルである。両者はマメコバチによる選好性が比較的良好、過湿、換気などに関係あるとみられる原因不明による筒内の死亡率が低い点で共通している。以下、この両巣材を中心に人工巣の問題となる特性とその対策について述べる。

i 寄生蜂による死亡

紙製ストロー、ビーテルともにシリアゲコバチ並びにツツハナトゲアシコバチの寄生を受ける。特に筒の最も奥に作られた独房は両巣材とも一枚の紙で外部と隔離されているだけなため、シリアゲコバチやツツハナトゲアシコバチの寄生を受け易い。このことは前田(1978)も同様に認めている。しかし、寄生蜂による被害の出方は両筒で若干異なる面も認められる。すなわち、ストローではシリアゲコバチが板と板の隙間から外周に位置する筒の独房内に寄生し易く、最上段の溝板を覆っている2~3mm位の厚さをもつベニヤ板を通して最上段の溝板にある独房にも寄生できる。また、ビーテルではシリアゲコバチの寄生が包装用紙箱の外側からそれに接した外周にある筒の独房内に集中した。

このような寄生は、不完全巣の末端にある独房に寄生する場合と異なり、人工巣特有の問題と考えられる。これらの寄生がマメコバチの増殖そのものをおよびやす程の高率になるかどうかは疑問であるものの、増殖率を低下させることは事実である。

このような寄生を防止するためには外包装材を厚くしたり、産卵管を通せないような素材に変えることが考えられ、さらに山田(1981)が指摘したように、これらの寄生蜂の産卵活動が行われる時期に金網などで巣箱全体を隔離することも可能である。したがって、これら寄生蜂の寄生を受け易いということでは決定的な欠陥とみなすことはできない。なお、筒壁に穴をあけて侵入するカツオブシムシの被害も無視できないが、この害虫については北村・伊藤(1982)により殺虫剤を利用した駆除法が考案されている。

ii 天敵の除去と再利用性

マメコバチの飼育を長く続けていると各種の天敵が増加するという多くの事例が報告されている(山田ら, 1971; 前田・北村, 1974)。また、同様の傾向はアルファルファハキリバチにおいても認められている(STEPHEN, 1979)。この場合、同じ巣筒を毎年連続して使用していると特に被害が大きくなるものとして、マメコバチではカツオブシムシ、ヒョウホムシなどの捕虫性甲虫類とコナダニが重要である。特にカツオブシムシとコナダニは増殖上大きな問題となる(山田ら, 1971; 前田・北村, 1965; 庄司, 1972)。コナダニの寄生が多くなった場合は通常、休眠期に巣筒を割ってマメコバチのまゆだけを取り出し、コナダニを除去することが行われている(青森県農林部りんご課, 1968; 山田, 1981)。このような場合、アシ筒では簡単に割ることができるが、紙製ストローやビーテル

はまゆの取り出しに、より多くの労力を要する。コナダニを他の手段で防除できない現在、簡単に割れないことはこれらの人工巣の一つの欠点とみななければならない。この点、アルファルファハキリバチでは、溝板そのものにも営巣するため、1枚1枚の板を離すことにより簡単にまゆを取り出すことができ、その作業を機械的に行うこともできるようになった(HOBBS, 1968; 1973)。独房の作り方が異なるマメコバチにこのような手法をそのまま応用することは困難であるが、簡単にまゆを分離できるような巣材の開発は今後の重要な課題である。また、アルファルファハキリバチの場合は *Sapyga* 属の蜂や寄生者の羽化トラップを利用してこれら天敵の除去に好結果を得た例があり(STEPHEN, 1979)、このような天敵分離法の開発も重要である。一方、一度利用された筒を再利用するため、土粒やまゆ殻を除去する清掃はアシ筒の場合、洗浄や煮沸によりある程度可能である。しかし、紙製ストローやビーテルでは長時間の水漬や熱湯処理は筒を傷めるおそれがあり、このため清掃はなかなか難しい。したがってこのような素材では、使い捨てにできる位に安価であり、かつ営巣筒を簡単に交換できるものを活用した方が得策と考えられる。この点からするとビーテルよりも紙製ストローの方がその条件を備えている。

iii 人工巣の標識性と供与法

ここで標識性とは個々のマメコバチが自己の営巣筒を記憶する上で、与えた筒の性状が感覚的に何らかの目印となるかどうかを指すこととする。

天然の巣材であるアシ筒は内径、厚さ、切口の形状、長短などが異なっており、沢山の筒を単純に結束していても、個々の筒をとりまく周囲の状況は決して一律ではないので標識性は高いとみなされる。しかし、人工巣のような規格品を沢山並べた状態で、その中から特定の筒を探し出すことは少なくとも人間の視覚では容易でない。このような場合でもマメコバチが営巣中の筒を正確に識別できるであろうか。この疑問を最初に抱いたのは紙製ストローに対するマメコバチの反応を調べたときである。すなわち、紙製ストローは当初裸の筒をそのまま200本ずつ小箱に入れて与えた結果、営巣率が極めて悪かった(山田ら, 1971)。しかし、これは筒内があまり暗くならないために敬遠されたものと考えた。その後、ストローを溝板に挿入することにより営巣率を飛躍的に高めることができた。しかし、溝板を25枚重ねて結束して与えると中央部の筒で営巣率がなお低く、周辺部で高い結果が得られた。これは単なる周辺効果ではなく、規格品が多数並べられたために中央部でハチの営巣筒認識能力に混乱を与えているのではないかと考えられた。このため板の前面に墨汁によって文字又は模様を描いて識別し易いよ

うに図ったが、Eでより分布集中度が低いという結果よりその効果は模様よりも複雑な文字の方で高いと考えることができる。これは単純な模様ではなお、巣筒の認識に混乱を残しているためとみなされる。このことからマメコバチにとってはかなり局所的な部分の状況も巣筒を認識する上で重要な役割を果たしているものと考えられる。我々が、紙製ストローにおける上記のような問題を提起した後に製造されたビーテルでは当初から、長さの異なる3種の筒を混在させた形で供試された。しかし、この程度の配慮では不充分であり、続いて数種の色彩をそれぞれの長さの筒の前面に施し、それらを混在するようにして包装されたものが提供され、これは営巣性向上に関与したと考えられる。その後、さらに内径の異なる筒を混ぜて、現在に至っている。以上のように人工巣における各種の改良がよい結果をもたらしたことはとりもなおさず規格品一色では明らかにマメコバチの営巣に不都合であることを裏付けるものと考えられる。同様のことはアルファルファハキリバチを溝板で飼育する場合にも認められ、そのときの対策としてやはり前面に模様を描いている(HOBBS, 1972, 1973)。しかし、巣筒の記憶に関するマメコバチの能力についての実験的な報告はないので、今後の研究に待つべきものが多い。

iv 営巣時における個体間干渉

営巣中の雌が巣筒に接近した他の個体を追い払う行動は巣筒の探索時期に認めることがあるが、このような行動は巣筒の乗っ取りを防ぐという効果がある。しかし、営巣中でも外役している間は無防備となるため、複数の個体によって1本の巣筒が利用されることもある。MARETA (1969, 1978) はツツハナバチ類のいろいろな重複営巣例を報告しており、それが生ずる原因の一つとして個体間の争奪をあげている。このような個体間干渉があるとすれば、それが無いよりも、巣筒の分布集中度は低下するとみなされる。板溝に挿入して与えた紙製ストローにおける分布集中性をみた結果、低密度の巣箱で、 $0 > \alpha > -1$ となり、高密度で $\alpha > 0$ となった。これは営巣時において何らかの個体間干渉の存在を示唆する。すなわち、この干渉は低密度で避けあい、高密度になると弱いコロニー性を帯びるように働く。このような特性はアユ *Plecoglossus altivelis* (TEMMINCK & SCHLEGEL) のなわばり行動と類似している(宮地, 1969)。ここで、マメコバチが高密度でコロニー性を示すのはこのような人工巣の場合、先に営巣された筒が標識の役割を果たし、その近辺での営巣に何らかの便宜を与えるためではないかと考えられる。このような干渉は巣材の配列が単調で、収容密度が高い程高まると考えられる。空間当りの収容量でみると紙製ストローよりもビーテルで多

く、集中管理する上では後者が有利である。しかし、ストローでは上述したような干渉を和らげる効果が期待され、逆にビートルでは筒を包装している紙箱の並べ方や間隔に配慮して、干渉を軽減させることが肝要となる。

v その他の特性と問題点

鳥、ねずみなどによる被害はビートルで若干心配される。しかし、これらの被害は巣筒の保管方法に注意すれば回避することが可能であり、巣材としての評価要因としてはそれ程重要でない。次に価格の面からみると紙製ストローの利用はストロー自体がビートルよりも極めて安価であるにもかかわらず、溝板を必要とするため、その経費がかかり、全体として幾分高く評価される。しかし、溝板はその生産を機械化でき、また、半永久的に使用可能であることから、大量に使用される場合は相当安価に見積ることができよう。ストローよりもビートルが厚手の紙で作られているので、それ自体の耐用年数は後者で若干長いといえるが、ストローは溝板に保護されていることを考えれば、両者の耐用年数の差は大きくないとみなされる。

各種の人工巣において単位筒当たりどの程度ハチの個体

数が入っているかを知ることは、放飼数の調整、マメコバチの流通における品質保障などの上で必要となる。重量や完成巣率と生存個体数との関係で、それぞれの巣材に適合する規準を明らかにすることは上述の理由で重要な課題と考える。しかし、普遍的な基準設定までには資料不足であり、特に天敵寄生率、筒の使用年数などにも配慮した形での品質管理法を確立することは今後の利用拡大を図る上で欠くことができない。そのためにはある程度画一化した巣筒の利用法が必要であり、それに基づいて品質管理の様式化を図ることが望まれる。品質管理では筒内の独房数と生存率を推定することが基本となり、人工巣ではアシ筒のように簡単に割れないため、調査により多くの労力を必要とする。しかし、近年、工場における品質管理にも活用されている軟X線を利用した器材はマメコバチのような筒営巣性蜂類の巣内調査に極めて効果的に利用できることが知られており（STEPHEN & UNDURRAGE, 1976; 伊藤, 1980; 山田, 1983）、特に人工巣の品質管理にはこのような器機が存在が必要になるものと考えられる。このような管理法が確立されれば、人工巣の利用は今後大いに普及拡大する可能性がある。

10. 要 約

本報はマメコバチをリンゴのポリネーターとして活用するため、マメコバチの一般生態とリンゴ受粉への利用について述べた山田ら（1971）の報告以後の研究結果を総括的にとりまとめたもので、その概要は次のようである。

i 津軽地域におけるマメコバチの分布はほぼ全域にわたり、特に山間地で密度が高い。ツツハナバチも類似した分布であるが、山間地への偏在がマメコバチよりも強い傾向がある。トラップされた両種の個体群では筒内の死亡率が極めて低く、平均で8%以下であった。死亡要因は両種でほぼ共通するものが多かったが、コナダニの寄生率はツツハナバチで低い傾向を示し、ツツハナトゲアシコバチはマメコバチだけに寄生を認めた。産地ごとの生命表を作成して生存過程を検討した結果では両種とも筒内の生存率の変動は成虫期のそれに比較的依存しているものとみなされた。

ii リンゴ園にマメコバチを一定の方法で放飼したところ、増殖率は園地により大きく異なった。個体群生態学的な分析の結果、成虫増減指数の変動は卵から成虫脱出に至る生存過程よりも成虫脱出から産卵終了に至る間の増殖過程に強く依存していた。また、巣材としてのアシ筒を小型巣箱に入れてリンゴ園の中央部に設置した場合はアシ筒を同じリンゴ園内の小屋の軒下にとりつけた

場合に比較して増殖率が劣った。

iii 自然環境の異なる場所ではマメコバチの増殖率に明らかな差が認められ、平野部におけるリンゴ単植園よりも、山間地で各種の野生植物が多い環境下においたものが明らかに高い増殖率を認めた。成虫増減指数の変動はいずれの場所でも増殖過程に強く依存していた。山間地では放飼虫当りの産卵数が多く、筒内死亡率は平野部よりも高い傾向を示した。山間地での高死亡率は主としてシリアゲコバチのような寄生蜂による死亡が主要な要因とみなされた。

iv 成虫の脱出期を20～30日遅らせた場合の増殖率は極端に低下することがなく、また、生存過程に特別な異常も認めなかった。これによりマメコバチは4月下旬の殺虫剤散布による被害から回避し、リンゴの開花と営巣行動を時期的に合わせることが可能であった。

v リンゴ園内の巣群に5,360及び18,825個体のマメコバチを放飼し、十分な巣材を与えるといずれも約2倍の増殖率を示し、この程度の大群でも実用上問題となるような増殖率の低下は認められなかった。また、このような高密度の場合の生命表でも生存過程における異常はみられなかった。

vi 紙製ストローだけを与えた巣群での成虫増減指数は0.284～2.414の範囲で年次変動がみられた。変動を

支配する主要因は他の事例と同じく増殖過程にあり、中でも放飼した雌の定着率が最も強く関与していた。筒内の生存率は他の試験で調査したアシ筒に比較して大きな差はみられなかった。

vii 紙製ストローを1,500本ずつ入れた4個の巣箱を60m間隔で正方形に配置した場合の定着率は単独で置いた巣箱よりも高まった。この際、巣箱相互の間に放飼後の移動が認められたことから、定着率の向上は分散個体を巣箱相互に引止めた効果によるとみなされた。しかし、その効果は顕著なものでなかった。

viii 性比を0.5として巣群当り雌成虫を50, 100, 200, 400個体として放飼した場合の増殖率は50個体の区で明らかに高かったが、他の密度では有意な差を認めなかった。

ix アシ筒に代る人工の巣材として5, 6種類の筒について性能を検討した結果、板溝に挿入した紙製ストローとビーテルが実用性のあるものとして評価できた。こ

の両者はいずれもマメコバチによる営巣率が高く、筒内における生存率も比較的高かった。しかし、これらの人工巣では営巣行動に若干の異常をきたす例が認められ、これは筒に標識性を付加することにより幾分改善できた。

x 紙製ストローでは板の前面に黒く文字又は模様を描くことにより、それをしない場合における営巣筒の周辺部集中性を緩和させることができた。また、この筒では寄生蜂、中でもツツハナトゲアシコバチとシリアゲコバチによる寄生率が局部的に高まる傾向があった。これはこの筒の欠点であるが、材質や巣箱の改良で実用上問題にならない程度に軽減することが可能である。

xi ビーテルは筒の入口を着色しない場合営巣率が劣ったが、着色したものでは営巣率が高まった。この筒でもシリアゲコバチによる局部的な寄生を受け、包装箱の外周にある筒が、箱の外側から産卵の対象とされるので今後改良が必要である。

引用文献

- ANDERSON, L. D. and E. L. ATKINS (1968) Pesticide usage in relation to beekeeping. *Ann. Rev. Entomol.*, 13: 213-238.
- 青森県農林部りんご課 (1968) マメコバチ利用による受粉方法. 昭和43年りんご指導要項 一序編・生産編: 105-108.
- 青森県りんご試験場 (1962) 蜂によるりんごの結実増進に関する試験. 昭和36年度業務年報: 17-18.
- (1981) 青森県りんご試験場50年史. 1319 pp.
- ATKINS, E. L., L. D. ANDERSON and E. A. GREYWOOD (1969) Effect of pesticides on apiculture. *Ann. Rep. Univ. California*: 315-335.
- BOHART, G. E. (1972) Management of wild bees for the pollination of crops. *Ann. Rev. Entomol.*, 17: 287-312.
- CRANE, E. (1972) Bee in pollination of seed crops. *Jour. Royal Agr. Soc. England*, 133: 119-135.
- FREE, J. B. (1970) *Insect pollination of crops*. Academic Press, New York. 544 pp.
- and I. H. WILLIAMS (1970) Preliminary investigations on the occupation of artificial nests by *Osmia rufa* LINNÉ (Hymenoptera, Megachilidae). *Appl. Ecol.*, 7: 559-566.
- 平嶋義宏 (1959) シロオビツツハナバチの雌雄の産み分けについて. 九大農芸誌, 17: 45-54.
- HOBBS, G. A. (1968) Controlling insect enemies of the alfalfa leaf-cutting bee, *Megachile rotundata*. *Canadian Entomol.*, 100: 781-784.
- (1972) Beekeeping with alfalfa leafcutter bees in Canada. *Bee World*, 53 (4): 167-116.
- (1973) Alfalfa leafcutter bees for pollinating alfalfa in western Canada. *Canada Dep. Agr. Ottawa*, 30pp.
- HOLM, S. N. (1966) The utilization and management of bumble bees for red clover and alfalfa seed production. *Ann. Rev. Entomol.*, 11: 155-182.
- 福島住雄 (1965) りんごの生産を支配する要因と生産予測に関する研究 I. 青森県りんご試報, 9: 1-37.
- 生島義夫 (1936) クロツノハキリバチ (*Osmia excavata* ALPKEN) の観察. 関西昆虫学会報, 7: 43-63.

17. 伊藤嘉昭 (1959) 比較生態学, 岩波書店, 東京. 366 pp.
18. ———・村井実 (1977) 動物生態学研究法 (上), 古今書院, 東京. 268 pp.
19. ITO, Y., A. SHIBAZAKI and O. IWAHASHI (1969) Biology of *Hyphantria cunea* DRURY (Lepidoptera: Arctiidae) in Japan. IX. Population dynamics. Res. Popul. Ecol., 11 : 211-228.
20. IWAO, S. (1968) A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal population. Res. Popul. Ecol., 10 : 1-20
21. 巖 俊一 (1971) 生命表 (3), (4). 植物防疫, 25 : 379-385, 497-501.
22. IWAO, S. and E. KUNO (1971) An approach to the analysis of aggregation pattern in biological population. Statistical Ecol., 1 : 461-513.
23. IWAO, S. and W. G. WELLINGTON (1970) The western tent caterpillar, qualitative differences and action of natural enemies. Res. popul. Ecol., 12 : 81-99.
24. JOHANZEN, C. A. (1977) Pesticides and pollinators. Ann. Rev. Entomol., 22 : 177-192.
25. ——— (1969) The bee poisoning hazard from pesticides. Washington Agr. Expt. Sta. Bul., 709 : 1-14.
26. KITAMURA, T. and Y. MAETA (1969) Studies on the pollination of apple by *Osmia*. (Ⅲ) Preliminary report on the homing ability of *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) and *O. pedicornis* COCKERELL. Kontyu, 37 (1) : 83-90.
27. 北村泰三・伊藤喜隆 (1982) マメコバチの天敵カツオブシムシ類の防除. 寒冷地果樹に関する試験研究打合せ会議資料 (1981), 145-146.
28. グーグレル (1955) 花生態学 (中野訳), 広川書店, 東京.
29. 小林森己 (1979) 園芸作物の訪花昆虫増殖利用に関する研究. 岩手園試特別報, 1 : 1-159.
30. 久野英二 (1968) 水田における稲ウシカ・ヨコバイ類個体群の動態に関する研究. 九州農試報, 14 (2) : 131-246.
31. LEVIN, M. D. (1957) Artificial nesting burrows for *Osmia lignalis* SAY. J. econ. Entomol., 50 : 506-507.
32. MAETA, Y. (1969) Two examples of nest supersedure within the genus *Osmia*. Life Study (Fukui), 13 (3・4) : 41-43.
33. 前田泰生 (1975) 巣箱の配置距離とマメコバチとツツハナバチの定着との関係. 東北昆虫, 12 : 3-5.
34. ——— (1978) 日本産ツツハナバチ類の比較生態学的研究, 特に花粉媒介昆虫としての利用とマネージメントについて. 東北農試報, 57 : 1-221.
35. ———・北村泰三 (1964) ツツハナバチ属によるりんごのポリネーションに関する研究, (I) 本邦でりんごのポリネーターとして利用されているツツハナバチ属利用の動機と現状. 東北昆虫研究, 1 (2) : 45-55.
36. ———・——— (1965) ツツハナバチ属によるりんごのポリネーションに関する研究. (II) ポリネーターとしてのツツハナバチ属利用の特性と問題点, 昆虫, 33 (1) : 17-34.
37. ———・——— (1974) 落葉果樹の授粉のためのマメコバチのマネージメント, マメコバチの上手な飼い方, 使い方. アスク工業社, 長野. 16 pp.
38. ———・——— (1981) マメコバチの授粉効果と必要飼養数. ミツバチ科学, 2 (2) : 65-72.
39. MCGREGOR, S. E. (1976) Insect pollination of cultivated crop plants. U. S. D. A. Agr. Handbook, 296, 411 pp.
40. 宮地伝三郎 (1969) アユの話, 岩波書店, 東京. 226 pp.
41. MORRIS, R. F. (1963a) The dynamics of epidemic spruce budworm populations. Mem. Entomol. Soc. Canada, 31 : 1-332.
42. ——— (1963b) Predictive equations based on key-factor. Mem. Entomol. Soc. Canada, 32 : 16-21.
43. 小山信行・津川力・斎藤靖夫・山田雅輝 (1980) リンゴ園における天敵と益虫の保護利用に関する研究, 第4報 ソビエトから輸入したミツバチの特性. 青森りんご試報, 18 : 11-32.

44. RICHARDS, A. J. (1978) The pollination of flowers by insects. Academic Press, London. 213 pp.
45. 志賀正和 (1979) オビカレハ個体群の動態に関する研究. 果樹試報, A 6 : 59 - 168.
46. STEPHEN, W. P. (1979) A natural light *Sapyga* and parasite emergence trap in leafcutting bee management (*Megachile rotundata*). Bull. Oregon Sta. Univ. Agric. Exp. Stn., 636, 2pp.
47. ——— and J. M. UNDURRAGE (1976) X-radiography, an analytical tool in population studies of the leafcutter bee *Megachile pacifica*. J. Apic. Res., 15 (2) : 81 - 87.
48. 庄司敬 (1972) マメコバチの生態と増殖利用. 農及園, 47 : 1579 - 1584
49. 高橋正治・小原信実・渡辺政弘・花田誠 (1963) 蜂によるりんごの結実増進に関する研究 (予報), 第1報 蜜蜂巣門への花粉挿入効果. 東北農業研究, 5 : 145 - 148.
50. ———・—————・—————・佐藤昌雄 (1967) ハチ類の利用によるリンゴ結実増進に関する研究, 第2報 ミツバチの学習効果について. 園芸学会発表要旨 : 8 - 9.
51. 竹嶋儀助 (1958) マメコバチとりんごの交配, 青森農業研究倶楽部. 22 pp.
52. ——— (1965) 新版マメコ蜂とりんごの交配, 青森県農業研究倶楽部. 41 pp.
53. 津川力 (1973) マメコバチの保護利用について. 果樹の訪花昆虫の保護利用に関する試験 : 15 - 35.
54. ———・山田雅輝・白崎将瑛・小山信行 (1967) リンゴ園における天敵と益虫の保護利用に関する研究, 第1報 青森県の数地方におけるリンゴ園の訪花昆虫相. 青森りんご試報, 11 : 1 - 15.
55. VARLEY, G. C. and G. R. GRADWELL (1960) Key factors in population studies. J. Anim. Ecol., 29 : 399 - 501.
56. ———・————— (1970) Recent advances in insect population dynamics. Ann. Rev. Entomol., 15 : 1 - 24.
57. WILLIAMS, I. H. (1972) Trap-nesting solitary bees for students of biology. Bee World, 53 (3) : 123 - 135.
58. 山田雅輝 (1981) マメコバチの保護利用—果樹の訪花昆虫—実用化技術レポート, 85. 農林統計協会, 東京. 32 pp.
59. ——— (1983) マメコバチの生態—成虫の行動と増殖を中心に—. 遺伝, 36 (12) : 58 - 63.
60. ———・川嶋浩三 (1978) 人工筒によるマメコバチの増殖. 東北農業研究, 23 : 127 - 128.
61. ———・小山信行・関田徳雄・白崎将瑛・津川力 (1971) リンゴ園における天敵と益虫の保護利用に関する研究, 第3報 マメコバチ *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) の生態とリンゴ授粉への利用. 青森りんご試報, 15 : 1 - 80.
62. YARRIS, L. (1983) Wild bee as pollinator. U. S. D. A. Agric. Res., Jan. Feb. : 8 - 10.

Population dynamics of the horn faced bee, *Osmia cornifrons*
RADOSZKOWSKI, with a special reference to the population management

Masateru YAMADA, Kôzô KAWASHIMA and Hirosaku AIZU

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, JAPAN

Summary

In a previous paper we reported on the general ecology of *Osmia cornifrons* and its use as a pollinator of apple blossoms (YAMADA et al., 1971). The present paper dealt with a subject relating to its multiplication and population maintainance at high level. The main results were summarized as follows:

1. The bee distributes throughout Aomori Prefecture. The population was higher in mountainous area than in flat area. A related species *O. taurus* also had a similar distribution pattern but it strongly biased to the former habitat. The two species survived successfully in their nest: more than 92 percent of eggs which were oviposited in trap nest reached adult stage. Almost the same agents acted upon them as mortality factors. An exception was *Monodontomerus osmia* KAMIJO which attacked only *O. cornifrons*. Grain mite attacked *O. taurus* less frequently than *O. cornifrons*. Egg mortality was the highest among total mortality from egg to adult but more important was the adult mortality with regards the special variation of the total mortalities.

2. Rate of population increase (no. of adults in the offspring generation / no. of released adults) varied from orchard to orchard. The rates were largely affected by factors in a reproductive process. The population multiplied better in a domicile which was placed under the eaves of a hut than in one placed independently at the center of an orchard.

3. Presence of flowering plants continuously in time favored a population multiplication. Thus, the population increased more successfully in mountainous area with greater diversity than in flat area with poor diversity due to mono-culture of apple trees. Mortality in the nest was higher in the former habitat than in the latter. An excessive gain in the former habitat was achieved mainly by an increment of female fecundity.

4. In Aomori Prefecture, insecticide is commonly sprayed 10 days earlier than the initiation of apple blooming to control leaf rollers. Exposure of the bees to harmful insecticide was successfully avoidable by keeping them at low temperature. This treatment brought no abnormal sign to the population and could synchronize flying activity with blooming period of apple trees.

5. As far as nesting source is supplied abundantly, neither the population increase nor survival rate was hindered by the size of population in a domicile. Both domiciles with 5360 and 18825 bees produced twice population for the next generation.

6. In the population which was supplied paper straw as the nesting source, the rate of population increase fluctuated annually from 0.284 to 2.414. The most important factor for the fluctuation was the percentage of female establishment at the domicile.

7. The bee established slightly better when each set of domicile was placed at four corners of a 60 meter square than when a set of domicile placed singly in the orchard. In the former placement, a few of bees nested in other domiciles than the domicile at which they were originally released.

8. The bee established more successfully in the domicile with 50 females than in one with 100, 200 or 400 females. Among the latter no difference was observed.

9. A series of comparative tests on the nesting material showed that the paper straw and B-tel[®] were of practical use for substitution of natural nesting source. Although the bee showed some difficulty in recognizing its own nest, this problem was solved by diversifying an external appearance of each tube. Here, paper straw was supplied by the following procedure. Semicircular grooves were cut in parallel lines in both side of a square board. The paper straws were, then, placed in the grooves on upper side of the board, the board was piled up to make a brick. A set of B-tel[®] is a bunch of 76 pieces of paper tube with 15 cm long and 1.0 mm thick.

10. When the paper straws held in the brick were supplied as nesting source, the bee preferred the tubes in peripheral parts to those in central part. This biased preference was lessened with black pattern on the face of the brick. Although the nest of paper straw was attacked by *Monodontomerus osmiaae* KAMIJO and *Leucospis japonica* WALKER, a slight modification decreased the attack to a practically acceptable level.

11. Painting the entrance of individual tube of B-tel[®] with various colors increased acceptability of the bee for the nesting. The tube in the marginal part of a bunch was vulnerable to the parastism by *L. japonica*. This problem remains unsolved.