

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

山田雅輝・小山信行・関田徳雄・白崎将英・津川力

Preservation and utilization of natural enemies
and useful insects in apple orchard

III. The ecology of megachilid bee, *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI)
(Hym. : Apidae) and its utilization for apple pollination

Masateru YAMADA, Nobuyuki OYAMA, Norio SEKITA, Shōei SHIRASAKI
and Chikara TSUGAWA

(Aomori Apple Experiment Station)

目 次

I	緒 言	1
II	青森県におけるマメコバチ利用の動機と経過	2
III	マメコバチおよび近縁種の青森県における分布	3
1	調査方法	3
2	結 果	3
3	考 察	5
IV	マメコバチの発育と変態	6
1	試験方法	6
2	結 果	6
(1)	野外における発育経過	6
(2)	定温下における発育	7
(3)	営巣時期と脱出時期	7
3	考 察	8
V	成虫の習性と行動	9
1	成虫の活動性と気象	9
(1)	試験方法	9
(2)	結 果	9
(i)	は場における活動消長	9
(ii)	成虫の温度反応	12
(3)	考 察	13
2	巣の構造	14
(1)	調査方法	14
(2)	結 果	15
(i)	巣の一般的構造	15
(ii)	筒の内径と営巣率	15
(iii)	筒の内径と虫室長	16
(iv)	筒内虫室数	16
(v)	筒の長さを利用部分	17
(vi)	筒内におけるめす、おすの配列	17
(3)	考 察	18
3	巣づくり	20
(1)	調査方法	20
(2)	結 果	20
(i)	巣材と巣の選択	20
(ii)	巣の作成経過	22
(iii)	巣づくりに要する作業時間	24
(3)	考 察	25
4	リンゴにおける訪花行動	27
(1)	調査方法	27

(2) 結 果	27
(i) 花粉採集旅行における訪花数	27
(ii) 単位時間あたり訪花数	27
(iii) 柱頭への虫体接触率	28
(3) 考 察	28
5 訪花植物	29
(1) 調査方法	29
(2) 結 果	29
(3) 考 察	30
VI 増 殖	30
1 性 比	30
(1) 調査方法	30
(2) 結 果	30
(3) 考 察	31
2 蔵 卵 数	32
(1) 調査方法	32
(2) 結 果	32
(3) 考 察	32
3 天 敵	32
(1) 調査方法	32
(2) 結 果	32
(i) 天敵の種類	32
(ii) <i>Chaetodactylus</i> sp. の生活史	33
(iii) <i>Monodontomerus osmia</i> KAMIJO の生活史	34
(3) 考 察	35
4 筒内死亡要因と死亡率	37
(1) 調査方法	37
(2) 結 果	37
(3) 考 察	39
5 ほ場における増殖率	40
(1) 調査方法	40
(2) 結 果	41
(3) 考 察	43
VII リンゴ授粉への利用	44
1 利用園の実態調査	44
(1) 調査方法	44
(2) 結 果	45
(i) 竹嶋園の場合	45
(ii) 村上園の場合	46
(iii) 小笠原園の場合	48
(iv) 長内園の場合	51
(v) 兵藤園の場合	52
(vi) 一戸園の場合	53
(vii) 花田園の場合	54
(viii) 佐々木園の場合	56
(ix) 佐藤園の場合	57
(x) 小杉園の場合	58
(xi) 松山園の場合	58
(xii) 福井園の場合	58
(xiii) 小関園の場合	59
(3) 考 察	59
2 授粉効果に関する試験	60
(1) 調査方法	60
(2) 結 果	60
(3) 考 察	62
3 利用の実際的方法に関する総合考察	62
VIII 摘 要	67
引用文献	69
Summary	71

I 緒 言

植物の授粉に昆虫類が大きな役割を果たしていることはこれまで多くの知見により明らかであるが、リンゴの場合も異品種の花粉により親和性を示すいわゆる他家受精を原則としている植物であり、その花粉は主として昆虫類によって運ばれる限り、リンゴの結実を確保するためにはポリネーターの存在が極めて重要である。近年、リンゴ園における強力な農薬の使用、草生栽培および敷わら法の普及など栽培技術の変化によりポリネーターの減少が憂慮されるようになった。事実青森県のリンゴ園における最近の訪花昆虫類は山間地のような特殊な環境条件のところを除いて種類、個体数ともに非常に少ないのが現状である（津川ら 1967）。

一方、リンゴの授粉は1956年頃よりリンゴモニリア病 *Sclerotinia mali* TAKAHASHI 防除と果実品質を向上させることを主目的に人工授粉法が普及奨励されてきたため、この間のポリネーターの不足は特に不都合を感じなかった。しかし、近年農村における労働力の減少が激しくなり、多くの労力を必要とする人工授粉の完全な実施はなかなか困難になっており、その傾向は今後ますます強まろうとしている。また、リンゴ栽培における収益性の低下が大きくなっている昨今では、労働生産性の向上という立場からも人工授粉法の改善が強く叫ばれている。これに呼応して青森県では人工授粉の機械化と蜂類によるリンゴの授粉に関する試験をとりあげてきたが（青森県りんご試1962, 1963, 1964, 1965, 1966, 1967）現状では花粉の大量採取が前提となる機械化よりも蜂類の利用による授粉はリンゴの受精を本来の姿に戻すという観点に立つものであるから、省力的でしかも現実的な方法であるということが出来る。作物の授粉にハチを積極的に利用している例は欧州、米国、カナダなどでマメ科牧草の採種に広く行なわれており、すでに多くの総説が 出され（TODD and MC GREGOR 1960, BOHART 1953）他の作物でも授粉のために利用することが試みられている（BOHART 1953）。リンゴではミツバチで2, 3行なわれたほか、野生花蜂を積極的に利用した例はあまり知られていない。わが国のリンゴ園における蜂類の利用はミツバチ *Apis mellifera* LINNEAUS とマメコバチ *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) で行なわれており、ミツバチは1965年より青森県で指導奨励事項としてとりあげられている（青森県りんご課 1965）。しかし、ミツバチは飼養法がむずかしく、リンゴ栽培者が個々に飼うには飼養技術を習得したとしても年間を通じて管理が必要であるため必ずしも省力的でない。また、ミツバチ業者の蜂を導入する場合は適当な時期に広大な県内のリンゴ園を同時に授粉することがむずかしく、限定された地域に導入した場合でもミツバチの行動範囲は広範

にわたるため、ハチの死亡事故があるとその死因について養蜂家とリンゴ生産者の間に深刻な利害問題がしばしば生起することがある。一方マメコバチは青森県において1940年頃から北津軽郡鶴田町の精農家故松山栄久氏によってリンゴのポリネーターとして飼育され、1946年頃から広く全国に紹介されはじめ、その後、長野県、秋田県などで同様な試みがなされる様になった（前田・北村 1964）。青森県においてはその後柏村、藤崎町などに普及し、現在は板柳町、藤崎町、鶴田町などを中心にマメコバチの飼育者は数百人に及ぶが、1968年からは著者らの試験研究成果を基に青森県の指導奨励事項として取り上げられている（青森県りんご課 1968）。しかし、害虫防除のための殺虫剤の散布、たねバチの入手困難、巣材の不足などの問題があるため利用者はそれほど増えていないのが実情である。

マメコバチの生態と関連した研究は安松・平嶋(1950)が日本における分布を明らかにしたのが最初である。ハチの生活史は竹嶋(1958)によってその概要が明らかにされたが、これには前田・北村(1964)が指摘しているような科学的信頼性に欠ける面があるにしても、当時の一リンゴ栽培者が行なった観察記録としては高く評価され、利用上の啓蒙書として果たした役割も見逃せない。その後平嶋(1959b)による処女生殖に関する研究、宮本(1959, 1962)による訪花植物に関する研究などが行なわれた。近年、マメコバチの利用が注目される様になってから再び生態および利用に関する研究が活発となり、前田・北村(1964, 1965)が利用実態、利用上の問題点などについて論説し、山田(1967)が青森県における生態の概要を報告したほか、実用記事も多数みられるようになった。しかし、マメコバチの利用上最も重要な基礎的研究は不十分であり、実用記事の中にも研究者による基本的に異った事実が含まれている現状である。一方、マメコバチの近縁種であるシロロビツツハナバチ *Osmia excrucata* ALFKEN に関する生島(1936)、平嶋(1957, 1958, 1959a, 1959b)らのすぐれた研究があり、このハチはマメコバチと共通した生態的性質を多くもっているからマメコバチの研究に多くの暗示を与えるものとして重要である。また、優秀なポリネーターを探索するために外国産の種類の導入ならびに移出が行なわれるようになり、米国からは *Osmia lignaria* SAY が移入され、わが国からはマメコバチ、*Andrena valeriana* HIRASHIMA などが移出された（前田 1965a, b）ほか、りんご試験場では1969年にソ連から低温時によく活動するといわれるミツバチを導入して試験を行なっている。著者らはマメコバチをリンゴの授粉に利用するため、1962年以来、生態、増殖法、利用法に関して試験を重ねてきたのでこれまで

の成績をとりまとめて報告する。

本報を草するにあたり、この研究を遂行中全般にわたりいろいろご助言をいただいた青森県りんご試験場福島住雄場長、岐阜大学福島正三博士および弘前大学正木進三博士、ツツハナバチ類の同定をいただいた九州大学平嶋義宏博士、寄生ダニの同定の労をわずらわした米国農業省 E.W. BAKER 博士、文献資料などの便宜をはかっていただいた弘前大学斎藤和夫博士、東北農業試験場前田泰生技官、サントリー山形工場長生島義夫氏、貴重な

古文書ならびにマメコバチ利用の動機についてご教示いただいた鶴田町松山栄一氏および藤崎町竹嶋儀助氏の各位に対し深謝の意を表す。また、飼育ならびに利用に関する調査にあたっては材料を提供いただいたり、園地の調査を快く承諾下さった各地のマメコバチ飼養家の協力に負う所が大きかった。さらに、本研究の実施にあたっては青森県りんご試験場の斎藤和夫氏および元青森県りんご試験場職員長田和一氏、中野和彦氏のご援助をいただいた。これらの各位に厚くお礼申しあげる。

Ⅱ 青森県におけるマメコバチ利用の動機と経過

日本におけるマメコバチの利用に関する歴史的な経過の概要は前田・北村(1964)によってなされているが、ハチ利用の端緒となった青森県の部分に関しては、説明が不充分であるのでここに著者らの知見を報告する。

マメコバチは津軽地方に古来から分布していたものであり、かやぶき屋根のアシ筒に巣をつくるのが農家の間で一般に知られており、子供がこのハチの巣を割って中の花粉塊を食用にするという習慣のあった地方も少なくない。この際花粉塊が大豆粉の様な色および性状をしているところからマメコバチの名称が出たともいわれる。したがって、マメコバチはリンゴの授粉に利用される以前から人間社会と密接な関係をもっていたとみられる。このようなマメコバチをリンゴの授粉に利用することを試みた最初の人は鶴田町中野の故松山栄久氏であった。同氏の長男栄一氏の語るところによると、栄久氏は1940年代からこの仕事を手がけていたといわれ、当時草地の開墾が多く行なわれたと同時に、薬剤散布が行なわれるようになったため、訪花昆虫が年々少なくなって不稔果の発生が多くなったのだと考え、花粉交配に最も能率的なものとしてマメコバチの増殖を試みたのであった。当時の日誌などによると初期には電柱の節穴などに営巣しているものから暗示を得て、板、木材、丸太等にボルトで多数の穴をあけて巣材として与えたという。このことは1946年8月6日付毎日新聞の記事および現在もおハチに利用されている同家の玄関の柱、リンゴ園内にある小屋の柱などに残されている巣穴の状態(図版3—D,E)からも充分に推察できる。この際マメコバチ以外に大工蜂(クマバチ *Xylocopa appendiculata circumvolans* SMITH)の増殖法も考察し、その人工巣(図版3—C)の特許を得ている。これらの試みは約1.5haの自己のリンゴ園において行なわれたが、松山園の当時の状況は「おとぎの松山農園、今年のリンゴ凶作も知らず、働き手は小鳥と蜂、一里四方だけ稔りの秋約す」という見出しの新聞記事(1951年6月9日付読売新聞)からもうかがい知る事ができる。同氏は1949年に林野庁の助成金を得て

「有益鳥獣の保護利用研究」という課題で委託試験を実施し(1949年林野第12104号)、当時の総司令部天然資源局オースチン生物課長がイングラム博士を伴って、1949年7月17日に松山園を視察した(1951年6月9日付読売新聞および松山氏の日誌による)ことも当時の松山園の状況をしのぶ一つの資料となろう。

同氏は、マメコバチの増殖のためにアシ筒も利用したが、日誌によると最初は筒束を直接リンゴ樹に取りつけたために営巣率が悪く失敗し、その後リンゴ園内の小屋の軒下に取りつけておく方法に切りかえて成功したという。さらに管理法の一つとしてアシ筒の消毒、ハチの出現時期調節などの試みも行なったといわれ、現在では園内に簡単な巣小屋をおくやり方を併用している。松山氏は1942年10月31日から1944年5月31日まで勤務した五所川原農林学校、昭和22年頃講師として勤務した東義義塾などで教壇に立ったが、この間にマメコバチの増殖と利用に関して講義したことが当時の学生から明らかにされている(柏村福井氏、藤崎町小笠原氏談)。また同氏の業績は各種の新聞紙上に公表され(1946年8月6日付毎日新聞、1947年11月8日付読売新聞、1948年6月30日付時事通信、1950年3月24日付夕刊東奥、1951年6月9日付読売新聞など)、後のマメコバチ普及に大きな影響を与えた。これらの一連の記事によると1946年頃はマメコバチとして報道され、1948～1951年にはツノハキリバチ(ツノキリ蜂、ツバキリ蜂)として報じられているが、これらは記事の内容、松山氏の日誌などからみて同じものである。なおマメコバチの和名は従来コツノツツハナバチと呼ばれていたが(平嶋 1959b など)、平嶋(1963b)は和名としてマメコバチを採用するよう提唱しており、本報でもこれに準じた。

五所川原農林学校時代の松山氏の教え子の1人であった柏村福井昭逸氏は昭和25年頃、松山氏からマメコバチを直接もらい受けていったことは松山氏の記録にもみられ、福井氏も最初のハチは松山氏から分けてもらったと述べているので確実である。後にマメコバチの増殖に成

功した故福井正夫氏は昭逸氏の父であり、したがって、前田・北村（1964）および平嶋（1963）に紹介されている福井正夫氏（原文は福島正夫となっているが、このような該当者は現地になく、恐らく福井正夫の誤りとみなされる）のママコバチは松山氏から導入したものであることに間違いない。福井氏のリンゴ園内にある小屋の柱には松山氏にあると同様のボルトによって作った巣穴が多数みられるが（図版3—d）、このことは初期の飼育技術をそのまま導入した名残りとみなされる。福井氏のママコバチ飼育技術はとくにすぐれていたため、その後松山氏をしのぐ繁殖に成功し、近隣のリンゴ生産者にたねバチとして多数分け与えたことはママコバチ飼育者の入手先追跡調査でも明らかであり、この地方では現在でもあちこちのリンゴ園で巣群がみられる。しかし、最近この地区ではスピードスプレーヤーの出現とともに病害虫の共同防除が普及し、薬剤散布もハチ飼育者の園を区別しないで徹底的に行なっているため、ハチの増殖率は著しく低下し、飼育者も減少の傾向にある。

一方、藤崎町におけるママコバチの飼育は竹嶋儀助氏によって1950年頃から始められた（竹嶋氏談）もので、このことはすでに前田・北村（1964）によって報告されている。しかし、藤崎町ではほかに福井正夫氏ならびに柏村の他の飼育者から導入したという人が多数おり、さらに松山栄久氏から東奥義塾時代に教示され、後に飼育を始めたという人などいろいろな事例が認められた。特に藤崎町では竹嶋氏を中心にママコバチ保存会を結成したことによって会員相互の飼育技術の向上に役立ち、町からの補助金を受けるきっかけともなり、さらに1962年にはママコバチの分譲価格を決めるなど画期的な事業を行なった。この際ハチの分譲価格は昭和37年6月5日の総会で1匹80銭と決定したが（藤咲118号：1962）、その後昭和40年に1匹1円と改正された（藤咲151号：1965）。ここで竹嶋氏を通じて分譲されたママコバチの年度別配布量は1959年が600本（藤崎町内、りんご試験場）、1960

年は1,350本（藤崎町、りんご試験場、三戸町、弘前市、九州大学など）、1961年は100本（尾上町）、1962年は2,900本（青森市、板柳町、平賀町、鶴田町、藤崎町など）、1963年は2000本（弘前市、板柳町、藤崎町など）、1964年は10,582本（平賀町、板柳町、黒石市、弘前市、長野県須坂市、岩手県果試、山梨県白根町、東北農業試験場など）となっている（竹嶋氏私信）。この様に1959年から7年間に北海道網走市から九州にわたって全国に約15,000本の巣筒が配布され、ハチ数では総数15万匹に及ぶものと考えられる。また、竹嶋氏は1958年に「ママコバチとりんごの交配」を刊行したが、これはその後の飼育者に飼育技術を習得させる上で大きな役割を果たしたものとして特筆されよう。現在藤崎町はママコバチ保存会の会員が40人そこそこで、往年の200名よりかなり減ったとはいうものの、保存会に加入していないママコバチ飼養家も多数おり、わが国でママコバチの飼育者が最も多い地域であることは間違いないであろう。最近、この町でも飼育者が幾分減ってきているが、その理由はすでに柏村の事例で述べたように薬剤散布の共同化が進み、ママコバチ飼育者の園だけを特別扱いできないため、ハチの増殖が悪くなったことと、ハチをあくまでも人工授粉の補助手段とする傾向が強くなったためにハチの管理が不十分になり、年年ハチが減少していくことがあげられよう。このような中で藤崎町第2共同防除組合の例は今後のママコバチ利用のあり方を示唆するものとして興味ある体制をとっている。すなわち、共同防除組合の中でママコバチを飼育している者数人が班をつくり、これらの園の薬剤散布にあたってはハチに害が少ないよう調整を行なって好成績を得ていることである。以上に述べた鶴田町、柏村、藤崎町の3地区のほかにママコバチの飼育が2,3行なわれているところは五所川原市、板柳町、弘前市船沢地区などにみられ、弘前市、南津軽郡、中津軽郡などのリンゴ栽培者の多い地帯ではほとんど普及していない。

Ⅲ ママコバチおよび近縁種の青森県における分布

ママコバチの利用にあたってその分布を明らかにすることは、地元でたねバチを調達できるかどうかといった重要な問題と関連があるので県内の分布調査を行なった。

1. 調査方法

1956年から1969年まで県内各地において次の2つの方法で調査した。第1には巣材としてアツ筒の束を配置しておき、これに営巣されるかどうかを調査する方法であり、これには現地にあるかやぶき屋根などのアツ筒の調

査も併用した。第2には成虫の活動期に各種の花、営巣場所、営巣用土の採集地などで捕虫網によって採集する方法である。

2. 結果

分布調査によって県内から確認された *Osmia* 属の種類はマイマイツツハナバチ *Osmia orientalis* BENOIST、ツツハナバチ *Osmia taurus* SMITH、ママコバチの3種であり、その分布状況は第1図のとおりである。すなわち、マイマイツツハナバチは黒石市大川原、岩木町、碓

ケ関村、相馬村などの山間地から得られ、いずれも花を訪れている成虫で、その主要な採集記録は次のとおりである。

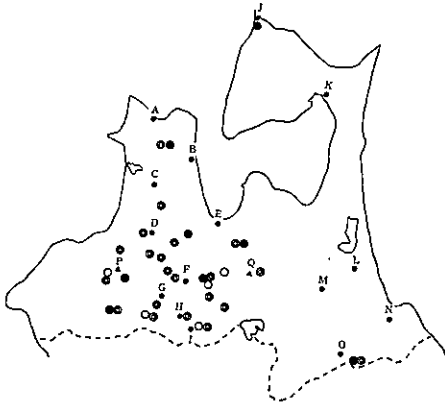


Fig. 1. Distribution of *Osmia* in Aomori Prefecture.

- : *Osmia orientalis*, ●: *O. taurus*, ⊙: *O. cornifrons*
 ●: A, Minmaya; B, Kanita; C, Nakasato
 D, Goshogawara; E, Aomori; F, Kuroishi
 G, Hirosaki; H, Owani; I, Ikarigaseki; J, Oma
 K, Mutsu; L, Misawa; M, Towada
 N, Hachinohe; O, Sannohe
 ▲: P, Mt. Iwaki; Q, Mt. Hakkoda

1♂	1960. IV. 29	黒石市沖揚平	山田
3♂♂	1960. IV. 29	黒石市大川原	"
11♀♀	1962. VI. 17	黒石市大川原	"
5♀♀	1963. VII. 10	黒石市大川原	"
5♀♀	1964. VII. 2	黒石市大川原	"
5♀♀	1964. VII. 5	南津軽郡碓ヶ関村	"
1♀	1964. VII. 22	黒石市大川原	"
1♀ 4♂♂	1965. V. 30	岩木山(岳温泉)	"

平賀町切明ではリンゴの花に吸蜜にきているおすを、岩木町ではホトケノザ *Lamium amplexicule* L. に吸蜜にきているめすとおすを採集したほかは、いずれにおいてもシロツメクサ *Trifolium repens* L. の採蜜をしているめすであった。上の記録からも明らかなように本種のおすは4月下旬から5月下旬まで、めすは5月下旬から7月下旬までみられ、主な活動時期はリンゴの落花期以降であり、他のツツハナバチ類の活動期よりかなり遅いことから、マメコバチ中心に行なった今回の調査では発見できなかった分布地域もあるかも知れない。一般

に本種の分布は山間地に偏しており、平野部ではみられなかった。

ツツハナバチは黒石市、岩木町五代、梵珠山、弘前市西目屋、蟹田町、大間町、名久井岳など全県的に分布が確認され、中でも個体数の多かった地域は名久井岳山麓と岩木町五代であり、名久井岳山麓では1965年5月26日の調査当時、道路傍のわずかに湧水があって湿気の多い土手から、きわめて多数の個体が営巣用土を採集しており、29匹のめすを得ることができた。この時同じ場所で採土にきていたマメコバチは13匹でこの採集数はこの地域の密度のおよその比率を示すものとみられる。岩木町五代のものは1964年の春期に巢材としてアシ筒をリンゴ園内の小屋に設置して得られたもので、営巣された約500虫室のうち70%以上がツツハナバチで他はマメコバチであった。なお、活動中の成虫を確認した記録のうち主なものは次のとおりである。

1♀	1959. V. 10	黒石市黒森山	山田
1♀	1964. V. 25	青森市田茂木野	"
29♀♀	1965. V. 26	三戸町名久井岳	"
1♀ 3♂♂	1969. V. 13	弘前市西目屋	"
1♀	1969. V. 30	碓ヶ関村久吉	"
3♂♂	1970. V. 8	平賀町平六	"

1968年11月21日には大間町で伐採されたキリ *Paulownia tomentosa* STEUDEL の髄部にある甲虫脱出孔に巣を造っていたものを採集したが、当時すでに巢の中で成虫となっていた。本種の訪花性ならびに生態はまだ詳しく調査されていないが、これまでサクラ *Prunus* spp., グミ *Elaeagnus multiflora* THUNB., リンゴ, セイヨウミザクラ *Prunus avium* LINNAEUS などの花から得られている。また、1964年に岩木町五代から得られたものの成虫の出現期はマメコバチよりも5~7日ほど遅れる傾向がみられ、めすは5月7日頃から羽化し始めた。一般にツツハナバチの分布はマイマイツツハナバチ同様に山間地に多くみられる。

マメコバチの分布はほとんど全県下に及んでいるが、下北、上北、八戸、三戸、十和田地方の調査はまだ不十分である。しかし、1969年5月上旬のむつ市赤川、野辺地町、十和田市伝法寺、十和田町の調査ではまったく発見できなかった。県南地方からは現在名久井岳山麓で得られているだけであるが、前述したように1960年に三戸町上目時に藤崎町から導入されている。一方、津軽半島の蟹田町から秋田県境の碓ヶ関村に至る津軽地方には広く分布しており、西目屋村、弘前市十腰内、相馬村、蟹田町野平、板柳町、鶴田町、浪岡町大釈迦、五所川原市、碓ヶ関村、田舎館村、藤崎町、黒石温泉郷一帯、鯉ヶ沢町建石などのような高密度地帯は、一般にかやぶき屋根の家屋が多いか、またはマメコバチの飼育が盛んなところである。なお、八甲田山麓代平のような山地でも得

られたが、一般的にはむしろ平野部で密度が高い。本種の主な採集例は次のとおりである。

3 合	1956.Ⅳ.?	大鰐町	山田
1 ♀	1956.Ⅴ.2	弘前市	〃
1 合	1956.Ⅴ.27	碓ヶ関村	〃
3 ♀♀	1958.Ⅴ.28	黒石市福民	〃
1 合	1959.Ⅳ.10	〃	〃
1 合	1959.Ⅳ.19	〃	〃
5 合	1959.Ⅳ.19	黒石市南中野	〃
2 ♀♀	1959.Ⅴ.10	黒石市福民	〃
90 ♀♀2 合	1962.Ⅴ.10	〃	〃
1 ♀	1963.Ⅴ.9	〃	〃
5 ♀♀	1963.Ⅵ.2	平賀町軍馬平	〃
3 ♀♀1 合	1964.Ⅴ.1	岩木町五代	〃
1 ♀	1964.Ⅴ.20	平賀町小国	〃
1 ♀	1964.Ⅴ.25	青森市田茂木野	〃
2 合	1965.Ⅴ.13	黒石市福民	〃
13 ♀♀1 合	1965.Ⅴ.26	三戸町名久井岳	〃
3 ♀♀3 合	1965.Ⅴ.30	岩木町岳	〃
1 ♀	1965.Ⅶ.22	平賀町温川	〃
1 ♀	1969.Ⅴ.6	青森市新城	〃
1 ♀	1969.Ⅴ.6	青森市後潟	〃
22 ♀♀49 合	1969.Ⅴ.13	弘前市西目屋	〃
24 ♀♀1 合	1969.Ⅴ.14	蟹田町野平	〃
1 合	1969.Ⅴ.27	青森市田代平	津川
1 合	1969.Ⅵ.11	〃	山田
3 ♀♀4 合	1970.Ⅴ.8	平賀町平六	〃

一方、1970年春期に設置し、同年冬期に回収したアソ筒への営巣率は場所により著しく異なり、津軽地方26か所に配置したうち、マメコバチまたはツツハナバチによって営巣された筒のあった地点は19か所であった。これらはほとんどマメコバチで、ツツハナバチによるものは平賀町平六の2本だけであった。営巣率が5%以上の場所は弘前市長前、平賀町平六、西目屋村田代、同村川原平の4か所で、長前のほかは山間の奥地であった。

3. 考 察

安松・平嶋（1950）によると、我が国には5種類の *Osmia* 属が分布しており、青森県からはツツハナバチとマメコバチの記録があげられている。すなわち、ツツハナバチは鳴海によって1936年5月3日に1合が、マメコバチはやはり同氏によって1936年5月3日に3合が得られているほか、2、3の採集例があげられている。青森県からのマイマイツツハナバチの記録は津川ら（1967）の報告の中に、平賀町切明でリンゴから得られた1963年と1964年の採集例があり、これが最初のものとみられるが、正確なデータをあげた例はこれまでなかった。以上のように本県からはすでにツツハナバチ類3種の分布が

認められていたが、我々の調査でも再確認された。マメコバチの分布は津軽地方全域と県南地方の三戸町で認められたが、下北地方および県南地方の大部分の地域では調査が不十分であったことも関連して分布が確認されていない。これまで県南地方の分布調査は2回にわたってむつ市、十和田市などで実施したが、マメコバチはまったく観察されず、営巣されている場所も発見できなかったことから、一般に津軽地方よりも密度が低いものとみなされる。その原因の1つとして、津軽地方で営巣材料となっているかやぶき屋根には下地としてアシ *Phragmites communis* TRINIUS が多数利用されているが、南部地方のものはアシがほとんど使用されておらず、アサ *Cannabis sativa* L., カラムシ *Boehmeria nivea* GAUD., ススキ *Miscanthus sinensis* ANDERSS. などが用いられているため、マメコバチの営巣場所としては不適であることがあげられる。津軽地方では一般にかやぶき屋根の多い地域でマメコバチの密度が高く、これらの屋根が主な発生源となっていることは明らかである。したがって、このような高密度の地域を探しあて、かやぶき屋根にトラップを仕かけることにより、たねバチとして野生のマメコバチを容易に得ることが可能である。マメコバチは名久井岳、八甲田山田代平など人家のあまりないような山間地にも認められたが、このような山地でどのような場所に営巣しているのかはあまり知られていない。著者の一人山田は名久井岳山麓で朽木の甲虫脱出孔に営巣しているのを観察したが、一般に山地で密度が高い例が認められていないのは、巣材の不足が理由としてあげられるのではなかろうか。マイマイツツハナバチとツツハナバチは一般に山地に多いが、前者はカタツムリの空殻に営巣するといわれ（前田・北村、1964）、カタツムリの分布と関連があるのかも知れない。一方、ツツハナバチが山地に多い理由の詳細は明らかでないが、成虫発生期がマメコバチよりもわずかに遅れること、営巣時に幼虫の餌として花粉だけ利用することなどから訪花性と関連があるものとも考えられる。ツツハナバチの県内における分布は津軽地方のほか、三戸町、大間町などでも得られているので、全局的に山手に分布しているものと考えられる。マイマイツツハナバチは今のところ、八甲田山塊、岩木山、秋田・青森県境山塊で得られているだけであるが、出現期がかなり遅いため、調査時期を変えて行なう必要があり、ツツハナバチと共に県内の分布、特に県南地方についてはさらに精査する必要がある。しかし、両種の利用に関してはまだ疑問の点が多く、この報告ではとりあげない。

Ⅳ マメコバチの発育と変態

1. 調査方法

(1) 野外における発育経過：りんご試験場個体群において、ガラス管（内径4～7mm，長さ150mm）に営巣させた巣57本について調査した。調査は1964年5月から9月までの間に行ない、巣が完成された日から幼虫がまゆを作り始めるまで毎日午前中に管内の発育状況を観察して記録した。なお、ガラス管は内側黒色、外側白色のヒシラコピー使用済ネガ用紙で二重に巻いておき、調査時だけこれより引出して観察した。また、これとは別には場の巣を定期的に割って発育状態を調査し、年間の発育経過を明らかにした。

(2) 定温下における発育：1969年5月にりんご試験場内の個体群でガラス管に営巣した12本の巣を供試して、15、20、25、30℃の各定温器に入れ、それぞれの発育状況を毎日調査した。なお、ガラス管は前試験同様に紙で巻いておき、調査時だけ抜き出して観察した。

(3) 営巣時期と脱出時期：1963年りんご試験場内の巣群において巣が完成された月日ごとにマークしておき、翌年春季にそれぞれの脱出消長をほ場の網室において調査した。

2. 結果

(1) 野外における発育経過

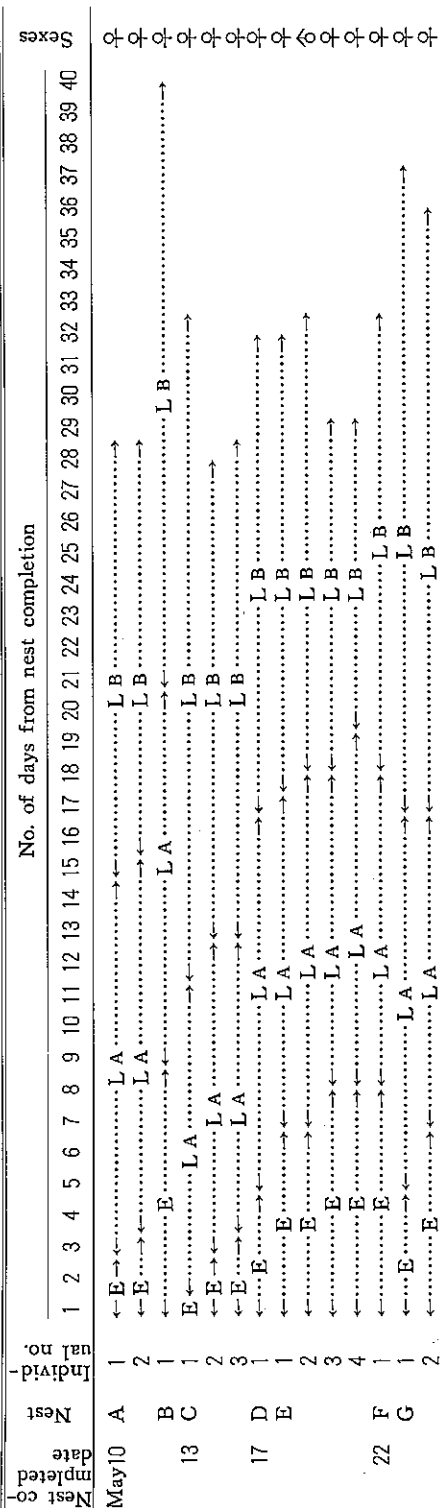
1本の巣が完成するまでには営巣を開始してから少なくとも2～3日はかかり、長いものでは1週間以上にわたることがあるため、巣が完成された日にはすでに奥の虫室で幼虫になっていることがあった。したがって、卵期間については産卵日がはっきりしないため入口に最も近い虫室のものについてだけ調査し、巣が完成した日をもって産卵日とした。ふ化してから幼虫が脱糞するまでを第1幼虫期(A)、脱糞し始めてからまゆをつくり始めるまでを第2幼虫期(B)とし、完成日が異なる2、3の巣について、このような発育経過を示すと第2表のように

Table 1. Duration of egg and larval stages in the field.

Stage	No. observed	Duration in days		
		Range	Mean	(95 confidence interval)
Egg	14	5-9	7.0	±0.64
Young larva (A)	124	7-15	11.8	±0.22
Old larva (B)	132	15-30	23.3	±0.42
A+B	114	28-41	33.9	±0.54

Note: Larval stage is divided into two sub-stages, namely, (A) from hatching to evacuation and (B) from evacuation to cocooning.

Table 2. Showing the development of individuals in the nests.



E; Egg, L; A; Larva from hatching to evacuation, L; B; Larva from evacuation to cocooning

なった。卵は花粉塊に突きさされた形で斜めに立っているが（図版5—C）、必ず先端が頭部になっており、その逆のことはないからふ化はここから始まり、卵殻が次第に尾端腹面に押しやられてふ化が終了し、ふ化幼虫は1日位静止しているが、まもなく尾端を花粉塊に差し込んだまま体を湾曲させて摂食した。摂食が行なわれるようになると幼虫は急速に成長し、脱皮にあたっては脱皮殻を卵殻の場合と同様に体をせん動させることにより尾端腹面に押しやった。幼虫が相当大きく発育してくると花粉塊から尾部が離れて脱糞を開始した。

調査した57本の巢全体から卵期間と幼虫期間を求めると第1表のようになり、7本の巢についてみた個体別の発育経過は第2表のようであった。

すなわち、卵期間は7日前後あり、幼虫期間は脱糞が行なわれるまで約12日、脱糞が行なわれてからまゆをつくり始めるまで23日位、ふ化してからまゆをつくり始めるまで約34日という結果であった。その後、幼虫はまゆを完成して前蛹となったが、この段階で後述するように第1回めの休眠を行なった。すなわち、早いもので6月中旬から前蛹となり、そのまま7月中旬まで30~40日間経過し、7月下旬から比較的整一に蛹化が行なわれ、8月中旬には一斉に羽化する。蛹は最初黄色であるが、羽化が近づくと次第に黒色となり、触角の長さなどにより性別が判別できる（図版5—E）。蛹期間は約20日で、成虫は1968年の場合8月13日で約1割の羽化が認められ、他はすべて羽化直前の黒化した蛹であった。この時期は

前蛹期の休眠を経過すること、気温の高い時期であるため、蛹化期同様羽化は整一に行なわれ、約10日間すべてが終了する。羽化した成虫はまゆ内で休眠してそのまま越冬するが、休眠中の成虫を机上に取り出すと飛ばしは勿論、正常な歩行もできない。しかし、不正確な歩行は行ない、転がるようなゆっくりした動き方をしますが、翅の運動は行なわない。

（2）定温下における発育

各温度における発育所要日数は第3表のようであり、卵期間は調査例が少ないが、高温ほど短縮され、15℃と30℃では4.5日の差がみられた。幼虫がふ化してから脱糞を開始するまでの日数は15℃で9.6日、30℃で4.4日となり、平均で約5日の差がみられた。脱糞からまゆ形成までの日数は15~25℃の温度内では短縮されるが、30℃では逆にやや長かかった。結局、ふ化してからまゆを作り始めるまでの期間は、15℃で22.6日、20℃で14.6日、25℃で13日であり、高温ほど短縮されたが、30℃では13.7日かかり、25℃の場合よりも約1日長かかった。なお、室温のものは15℃の場合よりも成長が遅く、ふ化からまゆの作り始めまで約33日かかり、これは1964年の調査例よりも約1日短かかった。各温度におけるまゆ形成後の発育状況は、その後定期的にガラス管を割ってまゆを取り出して変態を観察していったところ、25℃で7月10日から蛹化し始め、7月29日に羽化したものが少数みられた。

Table 3. Growth rate of *Osmia cornifrons* at different conditions.

Temperature °C	Egg	Hatching to evacuation (A)			Evacuation to cocooning (B)			A + B		
		Range	Mean	S.D.	Range	Mean	S.D.	Range	Mean	S.D.
15	6.5	7-12	9.6	±1.00	9-17	13.1	±1.99	19-27	22.6	±2.44
20	4.0	4-6	4.5	±0.74	6-16	9.8	±2.98	10-22	14.6	±3.59
25	3.0	4-5	4.4	±0.49	6-13	8.4	±1.67	10-18	13.0	±1.84
30	2.0	2-4	4.4	±0.60	8-16	11.1	±2.22	11-18	13.7	±1.94
Room temp.	7.0	11	11	-	20-24	21.8	±1.35	31-35	32.8	±0.69

15℃では7月20日頃から蛹化し、8月18日頃から早いものが羽化し、20℃では7月20日頃から蛹化して8月10日に羽化し始め、25℃では早いもので7月10日にすでに蛹化して7月29日から羽化したものもあったが、大部分はこれより5~7日遅れて経過した。30℃に置いたものは蛹化できずに8月上旬に全部死亡した。なお、野外においたものは7月22日頃に蛹化して8月8日に早いものが羽化した。大部分は8月10日以降に羽化した。

ほ場で6月10日頃吐糸し始めた幼虫が7月20日に至ってようやく蛹化するまで約40日間あったが、この大部分は前蛹期であった。この期間は飼育する温度条件によ

てあまり差がなく、例えば15℃と20℃では卵期間および幼虫期間で明らかな差が認められたにもかかわらず、蛹化し始める時期がほとんど一致していた。また、25℃では蛹化がやや早まったものの大多数は15℃および20℃の場合と大差なく、30℃ではかえって蛹化が阻害された。一方、蛹期間は温度により発育速度の差がみられ、15~25℃では高温のものほど短縮される傾向がみられることは羽化時期の早晚から推定された。

（3）営巣時期と脱出時期

巢の完成が最も早いものは5月8日、最も遅く完成された5月22日のものとの間に約2週間の差がみられ

た。完成日別にみた脱出消長は第4表に示したとおりである。

すなわち、巢の完成日の差は翌春の脱出時期にほとんど

影響を与えず、おすの場合もめすの場合も脱出時期の気温により強く影響を受けた。

Table 4. Periods of adult emergence in relation to the dates of nest completion by foundress in previous spring.

Date of nest completion in previous spring	Male								Female										
	Total	Date of appearance from nest							Total	Date of appearance from nest									
		April 20	25	27	28	30	May 1	2		April 20	25	27	30	May 1	2	3	4	5	
May 8	0	0							15				1	3	5	0	1	5	
9	5	3	1	1					0										
10	7	2	4			1			7		1		3	3					
11	7	6	1						11			3		5	1			2	
12	10	1	4	2		2		1	37			2	11	15	1	1	7		
13	11	7	3		1				7	1	1		1	1				3	
14	5		1	4					10				5	1			1	3	
15	11	4	1	5		1			23		4		6	5			3	5	
16	21	8	1	8		4			25		3		6	7	1	3	5		
17	14	8	4	1		1			17	1			6	5	1		3		
20	4			2		1	1		19		1		7	4			4	4	
Total	95	39	20	23	1	10	1	1	171	2	1	9	6	48	51	4	13	37	

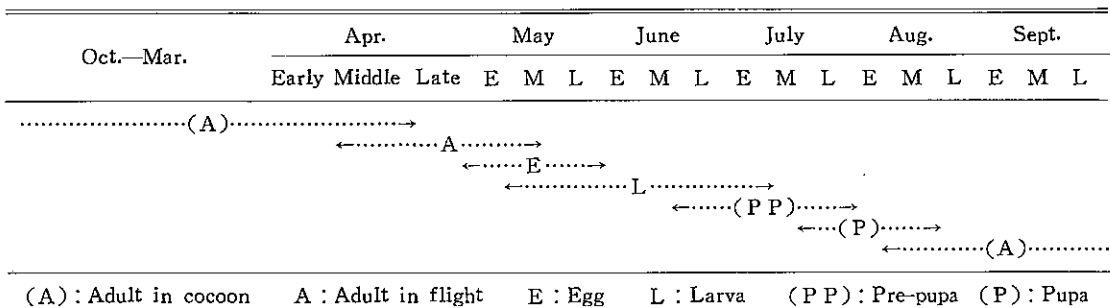
3. 考 察

ほ場および定温下の発育経過と定期的に巢を割って発育状態を調査した結果からマメコバチの年間発育経過を模式図にすると第5表のようになる。

すなわち、後述するようにマメコバチは4月中旬からおすやめすから脱出し始め、4月下旬にめすが脱出すると直ちに交尾が行なわれ、5月上旬から営巣および産卵がなされる。産卵は5月下旬まで3週間位続き、卵期間、幼虫期間はすでに述べたとおり、それぞれ7日と34日を要するが、産卵期間の分だけ卵と幼虫期は重複してくる。30℃の定温下での幼虫期間は25℃の場合よりもやや長くなり、蛹化率も低下することから、30℃以上の高温は幼虫の発育にとって好ましい条件でないよう

ある。野外における幼虫は遅いものでも6月下旬にはまゆを完成して前蛹となり、そのまま20~40日間経過するが、この間における発育は温度に対して極めて鈍感であり、その期間も非常に長いこと、および前蛹期を経過したものは整一に蛹化することなどから前蛹期にある種の休眠が行なわれているものと推定される。蛹化は7月下旬から比較的整一に行なわれ、蛹期間は約20日で8月中旬には大部分の個体が成虫となる。8月中旬以降はまゆ内の成虫態で休眠し、翌春まで巢から脱出しない。以上のような発育経過が青森県の平地における一般的なものとみなされ、竹嶋(1958, 1965)の観察や前田・北村(1965)による長野県須坂市における調査結果とおおむね一致する。しかし、青森県においても山地での経

Table 5. Life cycle of *O. cornifrons*.



過は成虫の活動期が平地よりも約1か月も遅れている例があることからみても、平地と多少異った経過を示しているかも知れない。生活史における发育段階を揃えるという点で前蛹期の休眠は重要な意義をもっているものと考えられる。すなわち、営巣期に約2週間の差がありながら翌春の脱出期にほとんど差がなくなるのは前蛹期と成虫期の2回の休眠に負うものとみなされる。なお、前蛹期における休眠は個体によりその期間が異なり、发育の早いものが長く、遅いものほど短いことから日長、

温度などと関連した他発休眠の疑いがある。年1回発生である本種を人為的に2回発生させ、ハチ数を倍増しようという考え方があるが、生活史の中で2回の休眠期があることはその可能性を困難なものにしている。しかし、これが他発休眠であるならば休眠を引き起こさないような条件を与えてやることにより問題の1つを解決できる可能性はあるので休眠の問題がまず検討されなければならぬ。

V 成虫の習性と行動

マメコバチの利用にあたっては花と直接接ふもつ成虫の習性と行動を明らかにすることが最も重要であり、成虫の羽化時期から産卵終了までの期間がポリネーターとしての評価を決定づけるといっても過言ではない。したがって、この期間の調査は応用的見地からも重点的に行なわれなければならない。著者らは1964年以來このような観点から調査ならびに試験を実施してきた。

1. 成虫の活動性と気象

(1) 調査方法

(i) ほ場における成虫の活動消長

りんご試験場ほ場内に設置した巣群において、巣からの脱出消長と新たに完成される巣の消長を調査し、同時に4月上旬から成虫の活動が終了するまで毎月活動状況を観察し、さらにリンゴの開花状況については青森県りんご試験場（1965, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970）の資料から、その他の植物の開花状況についてはりんご試験場附近にあるものを毎日観察記録した。なお、気象資料は巣群から約50メートル離れた場所において観測された資料を用いた。

新たに完成される巣の消長は巣群の中にあらかじめ調査用のアン筒、ガラス管、ゴム管などを設置しておき、造巣して完成される巣を毎日調査し、調査後完成巣は除いておいた。

(ii) 成虫の温度反応

第2図のように水槽の中に大型管びん（直径2.7cm, 高さ9.0cm）を入れ、この中にマメコバチ成虫を放して、水槽内の水温を上下することによって管びん内の温度を調節する方法によりハチの行動を観察した。

この際1963年5月1日の試験では約3分に1℃変化する程度の上昇速度で行なったが、1968年5月19日の場合はもっとゆっくりした速度で温度を変化させた。供試虫はほ場で活動中のものを採集して24時間室内に置いたものを使用した。1963年の場合はマメコバチおす5匹、めす3匹を、1968年の場合はマメコバチめす3匹、ミツバ

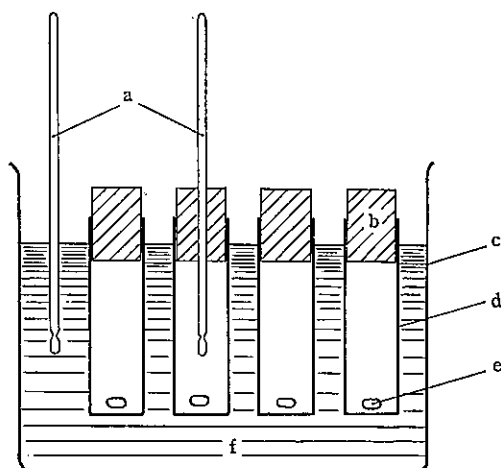


Fig. 2. Sketch of device for the study of adult activity in varying temperature.

a : Thermometer d : Glass tube
b : Cork e : Adult
c : Basin f : Water

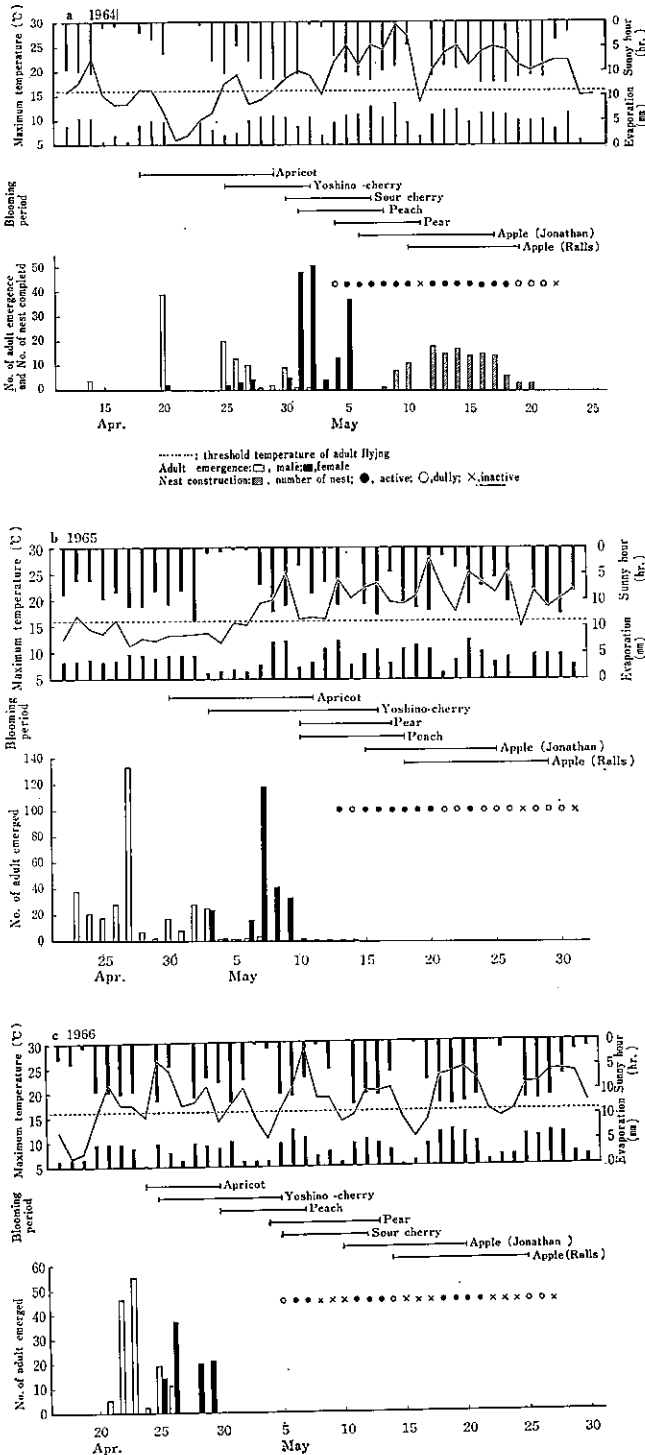
チ外働蜂3匹を供試し、前者の場合は試験時の水温9℃から水を入れて一旦5℃まで低下させ、これより再び上昇させ成虫が死亡する42℃まで、後者の場合はあらかじめ冷却して6℃にした条件から20℃まで試験を行なった。

(2) 結果

(i) ほ場における活動消長

巣からの脱出はすでにまゆ内で羽化していたものがまゆと虫室壁を食い破って脱出することによって行なわれるが、この場合筒内でハチは最初から出口の方向を向いているので、出口に近い方の個体から順調に脱出することができた。筒から出た成虫はしばらく歩行して適当な場所で静止するが、まもなく直腸附近に貯えられていた灰色のドロドロした排泄物を出した。脱出に当たって途中に寄生蜂による死亡虫や寄生菌により幼虫が死亡して花粉塊が多量に残っている虫室があると、その奥の成虫は脱出できないで死亡することがあった。また、マメコバ

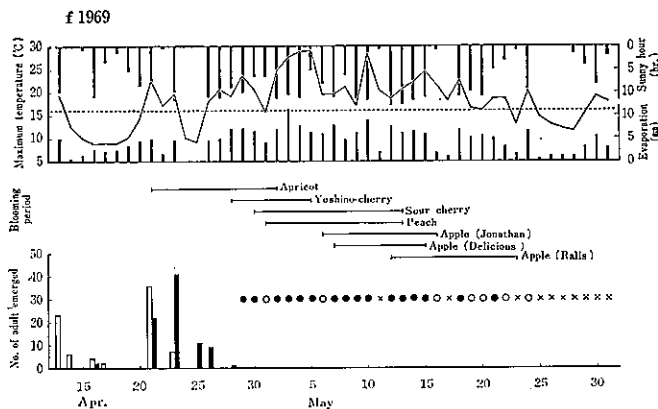
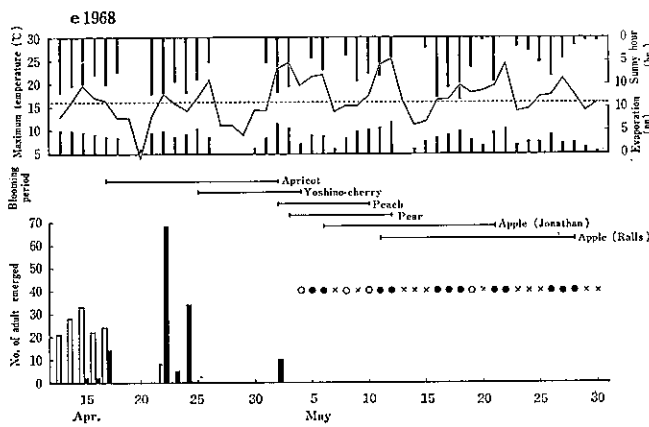
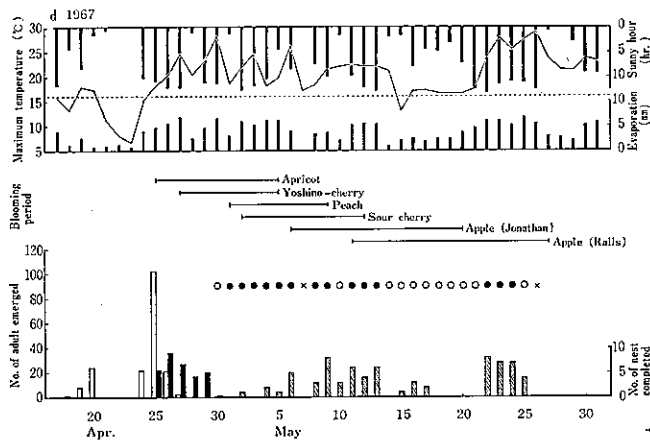
Fig. 3. The trend of adult emergence and nest construction of *O. cornifrons* in regard to the several environmental factors



チの営巣が筒の途中で終り、その先以後日ドロバチなどのハチが営巣すると同様の事態が起る例もあった。さらに巣の途中にコナダニの1種 *Chaetodactylus* sp. におかされた虫室があると、その奥のハチにはこの室を通過する際に多数のダニが附着し、特に多いものは3,000匹以上ものヒボプスが数えられ、ハチが巣から脱出しても正常な飛しようができていないで巣の附近を歩行している例がしばしば観察された。

成虫の出現は年により異なるが、平年では4月中旬に始まり、最初おすが出現し、続いて5~10日遅れてめすが出現する。1964~1969年の調査期間では、1965年に成虫の脱出が例年より約10日遅れ、おすが4月27日、めすが5月7日に最も多く脱出したほか、1964年も4月中~下旬が低温であったため平年よりもやや遅れ、5月5日頃までめすの脱出がみられた。そのほかの年は4月中にほとんどの成虫が脱出を終了している。めすとおすの出現のずれは脱出が始まってからの気温に左右され、高温ほど短縮し、脱出の消長も脱出時に高温が続けば1966年のように短期間で整一行なわれるが、脱出が始まってから低温がくると低温時の脱出が停止されるため、1964年および1965年のおすの場合や1968年のめすの場合のように脱出消長は長期にわたり不整一となった。1964~1969年の脱出消長は第3図a~fに示した。すなわち、巣からの脱出は4月中旬から5月上旬までの温暖な日に多く行なわれ、最高気温が16°C以下の日は比較的少なかった。

めすに先立って脱出したおすは、巣の附近でしばらく休息してから栄養摂取のために各種の花から吸蜜するが、この時期の吸蜜に対する欲求は極めて強いもので風船状のナン花の花弁を押しつけて侵入し、吸蜜する例がしばしば観察された(図版6-A~E図)。そのほかこの時期に開花しているヒヤシンス *Hyacinthus orientalis* L., ヤナギ *Salix* sp. アンズ *Pyrus Armeniaca* L. などに多く集まり、ハコベ *Stellaria media* CRY. のような小型の花からも吸蜜するが、花



が充分でない場合は樹液や水を摂取することもあった。吸蜜は勿論昼間だけ行なわれ、夜間は枯木の割れ目、甲虫脱出孔、板壁の隙間、木材の節穴、巣材として与えてあるアン筒の中などに1匹または10数匹の集団で休息している。1966年4月下旬に観察した1例では百葉箱の支柱の地上30cmあたりにある節穴（直径2cm、深さ3cm位の横穴）に21匹のおすが入っていた（図版4—A）。低温の日には日中でもこのような夜間の休息場所から出ないで気温の上昇と共に活動を開始した。このようにして栄養を摂取し、十分な体力をもった個体は巣の近くに集まり、巣群の周囲を回遊しながらめすの脱出を待機しており、脱出してくるめすがあると直ちに飛びかかり、脚でめすをかかえるようにしてめすの背部にのり、触角をめすの触角にふれながら、腹部を湾曲させて背面から交尾を行なう（図版4—B）。交尾は数秒という比較的短時間で終了するが、おすはそのまましばらくめすの背面から去らず、再び交尾行動を試みるがあった。めすの背面にいる行為は長いもので数時間に及ぶことがあり、この間に他のおすがとびかかり邪魔をしたり、おすの背面にさらにおすが重なって三重連になることがたびたび観察されたが、交尾に成功するのは最初の個体だけであった。

交尾を終っためすは数日間巣から離れ、主として吸蜜により栄養を摂取し、多くの時間は単に日射の当る暖い場所で休止していた。栄養と休養を充分とって体力をつけ、性成熟に達しためすは、再び巣のあった場所に帰ってきて造巣活動に入った。青森県ではめすの羽化期がおよそソメイヨシノ *Prunus yedoensis* MATSUM. の開花期間に当たり、この花によく集まった。また、造巣開始の頃の開花植物としてはソメイヨシノ、ヤマザクラ *Prunus donarium* SIEB. セイヨウミザクラ、モモ *Prunus Persica* BATSCH. ナシ、タンポポなどがあって、これらの花から花粉を採集するが、まもなくリンゴの早生品種が開花し、サクランボ、セイヨウミザクラなどが落花するため大部分

の花粉源は平年で5月10日頃からリンゴに求められるようになる。第3図aおよび第3図bの造巣消長からも明らかのように、造巣期はリンゴの開花期と最もよく重なり、リンゴの落花と共に少なくなった。造巣期はおおよそ5月上旬から5月末頃までで年により変わるが、晩生品種である函光の満開期を過ぎると少しずつ活動が衰え、落花期に至るとほとんど活動をみなくなった。

めす成虫の活動に影響する気象条件として最も重要な要因は気温であり、第3図a～fでみても最高気温が16℃以下の場合ほとんど活動がみられなかった。しかし、低温でも日照が多く、とくに巣に強い日射を受けるような条件のところや低温が長く続いた後でやや高温になってくると、16℃以下の気温でも巣から出ることがあった。しかし、この場合でも造巣を行なう個体は稀であり、多くは日当りのよい場所で休止していた。気温が16℃を越すと次第に動作が活発になり、18℃以上になるとさらに活発に造巣行動を行なった。一般に16～17℃の気温では造巣は行なうものの休息時間が多い傾向がうかがわれたが、おすの吸蜜行動は快晴時の場合14℃でも観察されている。高温の場合は日照は必ずしも必要でなく、

曇天の日でも降雨がなく高温であれば活動するが、ある程度の照度は夜間に活動しないことからみて必要とみられる。これまでに観察されたマメコバチめすの早朝活動例は1964年5月10日にみられた5時40分で、まだ日の出前であったが、相当数のハチが花粉採集活動を行っていた。しかし、一般にこの時期には夜間および朝夕は気温が低下するためあまり活動しない。めす成虫の活動に対する風の影響はそれほど大きいものではなく、極端な強風を除き、その他の条件が好適であれば活動を行なうようであった。しかし、成虫の飛しょうにさしかえない場合でも、訪花する花が揺れるため行動上の制約は風のない条件の時よりも多少大きくなる。降雨は飛しょう活動に物理的障害を与えるほか、花、採土場などの条件を著しく変えるため活動に強い影響を与えた。

(ii) 成虫の温度反応

1963年の場合第6表に示したように9℃では正常な姿勢で静止していたが、これより温度を下げてゆくと7℃で転倒するものが出、5℃では転倒しない個体でも正常な姿勢で静止しているものは少なかった。5℃より温度が上昇すると早いもので7～8℃あたりから正常な姿勢

Table 6. The effect of temperature on activity of *Osmia* in the laboratory. In this study three females (A, B and C) and five males (D, E, F, G and H) were used.

Temperature		State of activity	
Within glass tube	Water	Femal	Male
9℃		Still normlly	Still normlly
8		do	do
7		do, but A fallen	do, but E fallen
6		do	do
5		do, but C fallen	do
6		do	do
7	7℃	do	do
8	8	do	do
9	9	do, A and C quiver while fallen	do, D quiver
10	10	do	do
11	11	do, A recover from fallen	do, move slowly
12	13	do	do, D and G walk
13	14	Quiver, C recover from fallen, walk unsteadily	Quiver, E recover from fallen
14	15	Quiver or walk	Quiver or walk
15	16	do	do
16	17	Walk actively, but still partially	Walk actively, but still partially
17	18	do do	do
18	19	do do	Walk actively or on wing
19	20	Walk actively or on wing	do
20	21	do	do
21	23	do	do
22	23	do	do

を回復し、9°Cになると転倒していたものが起き上がる個体が出、他の転倒個体も13°Cになると全部正常な姿勢に戻った。正位を保っていた個体は11°Cから体の一部を微動し始め、12~13°Cになるとほとんどの個体が微動あるいはゆっくりした歩行をするようになった。12°Cより17°Cあたりまで歩行、静止、微動といった行動がみられ、18°Cに至って飛しようする個体が急激に多くなった。飛しようは18°C以上で引続いて観察されるが、おすでは28°Cあたりから、めすでは30°C前後から興奮状態と思われるような激しい歩行およびねるような飛しようが観察され、41~42°Cに至って転倒熱麻痺を起し死亡した。なお、この際ハチに附着していたコナダニの1種 *Chaetodactylus* sp. のヒポプスは42°Cで一部生き残る個体があった。また、めすとおすでは興奮状態に至る温度に差がみられたほか、歩行および飛しようを開始する時期がおすで若干低温側にあるように観察された。

1968年の場合はマメコバチとミツバチの低温時における活動性を比較する目的で行なわれたため20°Cで観察を打切ったほか、各温度におけるハチの行動をできるだけ正確に把握するために供試個体数を少なくし、温度の上昇速度をできるだけゆっくり行なった。第7表に示したように、マメコバチは6°Cでいずれも正常な姿勢を保ちながら静止しており、転倒するものはなかった。9°Cから体の一部を動かすものが出、11°CでCの個体が前脚で顔面をこするような行動をとり、Bも12°Cで同様の行動を行なった。12°CからA、Bの2匹が歩行し始め、16°Cあたりまで歩行と休止を繰返し行なったが、Cは14°Cからやや活発な歩行を行ない、他の個体も17~18°Cから

活発な歩行を行なった。一方、ミツバチは6°Cでマメコバチ同様正常な姿勢で静止していたが、体の一部を動き始めるのは10°Cから1匹みられたが、他の2匹は11°Cからであり、歩行するようになるのは15~16°Cからであった。ミツバチのC個体で16°Cの時顔面をこするような行動が認められた。18°CでA個体が活発な歩行をしたほかは20°Cに至ってもゆっくりした歩行または休止を続けた。

(3) 考 察

巣からの脱出は成虫の休眠が終了してから一定量の有効積算温度によって決定されるものと考えられ、この場合おすが早く脱出するのは脱出までに要する有効積算温度の差異に基づくものと推定される。すなわち、筒から取り出したまゆからの脱出期もやはりおすが早いから単なる筒内におけるめす・おす配列の差異（おすが出口に多く配列されている）によって脱出期が決定づけられているものでなく、また休眠終了期の差異に基づくものでもないことは休眠終了期が少なくとも3月上旬以前にあり、この時期には充分低温であることから明らかである。成虫脱出期の年次変化も有効積算温度の多少に影響されることは各年の気象表を検討した結果から推定される。

巣からの脱出はまゆからの脱出期と必ずしも一致しない場合があり、これは主として気象条件と筒内におけるめす・おすの配列に左右される。すなわち、まゆからの脱出は温暖な日に多く行なわれるが、出口に近いところにめすがいるとその奥のおすはしばらく筒外に出られない。また、まゆから脱出した成虫が筒外の気象条件も

Table 7. Comparison of activity of two species, *Osmia* and *Apis* studied under subsequently changing temper ature.

Temperature	<i>Osmia</i> (Female)	<i>Apis</i> (Worker)
6°C	Still normally	Still normally
7	do	do
8	do	do
9	Still but quiver temporarilly	do
10	Quiver or still	do
11	do, but rub their face with foreleges	Quiver or still
12	Walk or still, B rub her face	do
13	do	do
14	do	do
15	do	do
16	do	Walk or still, C rub its face
17	Walk actively	do
18	do	do, walk actively in part
19	do	do do
20	do	do do

Note: Time interval at each degree of temperature was kapt about 10 minutes.

好適な日はそのまま直ちに筒外に出るが、筒外の気象が適当でない条件の場合はそのまま筒内で待機しているからである。営巣期における成虫の活動は気象、特に温度との関係がきわめて重要であり、室内における温度反応の試験結果とは場での活動状況からみて12~13℃あたりから筒内の活動準備態勢が開始され、15~16℃から巣外へ出て活動を始めるものが出、18℃以上で活発な活動を行なうようになるものと考えられる。この際対比して試験されたミツバチの場合、マメコバチよりも低温時の活動はやや鈍感であり、15~16℃あたりまでは歩行も行なわない。しかし、ミツバチの場合巣は1つの大集団を形成しており、巣内温度がある程度ハチによって調節されているため、その調節のないマメコバチの場合とは一概に比較できない。温度に次いで降雨がハチの活動を抑制し、飛しょうを物理的に不可能にするが、多湿は必ずしも活動に不適な条件ではない。しかし、活動期における多湿な日はほとんど低温が伴い、続いて降雨があることが多く、高温多湿な日は降雨のあるまで活動する。風はハチの飛しょうそのものには台風並みの強風でない限りあまり影響しないが、花粉採集行動上は相当な能率低下を起こすようである。すなわち、強い風は植物の枝をゆするため、花へ到達しにくくなり、そのため樹冠内でも風下の枝に多く集まるようになるものと考えられる。日射はハチの活動を促がすように見られるが、これには巣への直接的な輻射熱が大きくなることも見逃せない。低温で好天のときにどの程度活動するかは、本種の低温時活動性を評価する上で最も重要であるが、これはすでに述べたように16℃あたりから活動を始め、ミツバチとほとんど同じである。ハチの活動可能な温度内にあっても比較的低温のときは巣の近くの花に多くとまり、あまり遠方まで出かけない傾向が認められ、このような日が続くとリンゴ園においては巣群に近い樹の結実が極端に高まることがある。めすは営巣に先立って数日間の栄養摂取期間があり、この間に完全な性成熟も行なわれる。すなわち、脱出直後の成虫を解剖すると卵巣には図版5—Kに示したように成熟卵に近い卵が認められるが、実際に産卵される卵はこれよりさらに発育しなければならない。この期間の栄養摂取は卵の成熟と営巣活動を行なうにあたっての体力づくりのために欠かせないものようである。

シロオビツツハナバチの交尾行動について平嶋(1957)は交尾時間は数秒を出ない短いものであり、交尾を終わってもめすは容易にめすから離れず、再度の交尾を試みるのが交尾は必ず1回で終ると述べている。しかし、マメコバチの場合、見かけ上交尾が行なわれたとみられるような行動が同じめす、めすの間で2回以上認められることもあった。なお、営巣活動に入ってから交尾は観察されず、めすもみられなくなることから交尾はめすの脱出

期にだけ行なうものとみなされる。

巣から脱出した成虫はめす、めす共に灰色の排泄物を排出するが、これはまゆ形成後に消費された栄養の異化物質と考えられ、この特異な物質の附着によってツツハナバチ類の脱出を確認することが可能であり、ハチの活動しないような低温の日に営巣場所を発見する手がかりにできる。また、ハチの帰巣性はマメコバチでも非常に強い事はマーキングした個体の営巣状況によって確認されているが、一般に帰巣性は脱出後の定位飛行により脱出場所を視覚的に記憶することによって獲得していると考えられている。しかし、営巣活動中の個体が夜間巣の中で過ごす場合と異なり、脱出直後に行なう栄養摂取旅行ではその個体が羽化した巣を数日間離れるから、営巣のために脱出場所に帰る場合は営巣中の個体の帰巣性と多少異なる面があるかも知れない。めすの栄養摂取期間は数日であるが、この間に性的成熟を果すので増殖上重要な時期の1つといえる。したがって、ハチの栄養管理上からみてこの時期に開花する植物が必要であり、果樹園の中におくとすれば、アンズ、セイヨウミザクラなどがその目的にかなうものである。このような花がまったくない場合はハチが蜜を求めて遠方まで飛んでゆくため、帰巣する個体が少なくなる可能性がある。すなわち、北村・前田(1969)が報告したように営巣中のマメコバチでも巣から500m以上離れた場所で放されると帰巣できない個体があり、巣にたどりつく個体でも帰巣に長時間を要することが明らかにされており、巣から近い場所に開花植物を植えておくことは脱出した巣群への定着をよくするための1つの条件とみなしてもよいだろう。

2. 巣の構造

(1) 調査方法

マメコバチによって営巣されたアツ筒を割って分解調査をすると同時に、透明なガラス管に紙を巻き、暗くして営巣させたものについて調査した。

巣の内径と営巣率：節を中心に30cmに切ったいろいろな内径をもつアツ筒を巣材として与え、筒の利用率をみた。この調査は1964、1967および1969年に行ない、内径はノギスを用いて切口を測定した。別にいろいろな内径をもつ、長さ15cmのガラス管を紙に包んで暗くし、奥を閉鎖して巣群に設置し、内径別の営巣率を調査した。

筒の内径と虫室長：1963年5月19日に調査したものはガラス管に営巣された128本について内径、最も奥の虫室壁から入口に最も近い虫室壁までの長さおよび虫室数を調査した。この際途中に虫室以外の空間のあるものや、特に厚い壁のあるものは除いた。1969年には同様の方法でアツ筒に営巣されたものについて、アツ筒を割って調査した。なお、内径および虫室長の測定にはノギスを

用いた。

巣内でのめすとおすの配列：1967年春期に営巣された巣と1968年春期に営巣された巣について、それぞれ翌年の2～3月にアシを割ってまゆを取り出し、まゆの先端を切って中の成虫の性別を調査した。この場合、ダニ、寄生バチなどに侵されているものなど、成虫に至らないで死亡したため性別の判定ができないような虫室を含む巣と全部の虫室の性別が判るような巣に分けて調査した。

(2) 結果

(i) 巣の一般的構造

巣の最奥はアシの節をうまく利用し、ごく少ない土で節の中央にある小さな穴を埋める程度で直ぐ虫室として利用しているものも相当あるが、かなり厚い奥壁をつくるものも多かった。特に節までの距離が長過ぎたり、ゴムホースのような中仕切のない筒に営巣する場合は厚い壁をつくってから虫室をおいていた。虫室は筒の内径によって長短があり、10～13mmのものが多かった。1本の筒では奥の虫室ほど長い傾向があるほか営巣する成虫の大きさによっても変わっていた。虫室と虫室の仕切壁は、やはり土をこねて作っているが、一般に薄く、1mm内外であった。虫室壁は奥側で凹凸が激しいが、外側では平滑であり、奥側に向って中央部が凹んだ曲面をなし、ほとんど筒に直角に造られ、内壁に接触する部分は中央部よりもやや厚く2～3mmであった。虫室には蜜でこ

ねられた花粉塊が2/3位まで入っており、1個の卵が産みつけられている。1本の筒に数個の虫室を造り終ると最後の虫室から多少離して厚い壁を造り、この壁は厚い奥壁と同程度で3～5mmの厚さを持ち、時々厚さの異なる壁2個から成っている場合や虫室間の壁位しかないものもみられ、このような壁のない巣も観察された。この壁もやはり奥側が凹凸激しく、外側で平滑で、虫室間の壁同様の曲面をもっていた。完全な巣はこのほかに入口を閉鎖する最後の壁でぬられており、閉鎖壁はやはり厚く3～5mmはあり、壁の奥側はこれまでの壁面と同じだが、外側は平滑さを欠き、中央部が突き出た形をしている場合が多かった。

(ii) 巣の内径と営巣率

これまで観察された巣の中で最も細い筒に営巣されていたものは内径3.4mmのアシ筒で最も太いものは約25mmの内径をもつ竹筒であった。1964, 1967, 1969年に調査した結果は第8表に示したとおりで、4.5～6.5mmのものが一般に多かった。全体の合計値から平均を算出すると $\bar{x}=5.44$ となり、その標準偏差は $S=\pm 0.55$ であった。これらの個体群のうち、藤崎町と柏村の例は現地で飼養されているもので、五所川原市および岩木町五代はりんご試験場で与えたアシ筒にすでに定着しているハチが営巣したものであり、その他はりんご試験場で増殖したハチをアシ筒といっしょに現地に持ちこんで増殖させたものである。選択されるアシ筒の内径で特に差が認

Table 8. Preference of hole diameter for the nest construction.

Year	Locality	Hole diameter										No. tubes
		3.1-3.5	3.6-4.0	4.1-4.5	4.6-5.0	5.1-5.5	5.6-6.0	6.1-6.5	6.6-7.0	7.1-7.5	7.6-8.0	
1964	A. A. E. S.*			2	4	10	27	17				60
	Goshogawara			1	3	4	5	6	4	2		25
	Iwaki		1	8	18	17	11	13	6	2		76
1967	A. A. E. S.		3	11	31	20	8	2	2	1		78
1969	Aseishi		1	8	14	12	17	8	6	1		67
	Izushita			5	10	20	10	14	9	6	1	75
	Hatakenaka			1	2	7	4	1	3		18	
	Tareyanagi				4	3	9	10	3	3	2	34
	Yawatazaki		1	11	23	35	22	17	4	3		116
	Fujisaki			1	7	2	7	3	1	2	1	24
	do	3	9	13	11	17	6		1		60	
	do					4	6	2	4		16	
	do			5	6	15	8		1	2	37	
	Kashiwa			1	1	4	7	3	3		19	
	do					3	2	1	1		7	
	A. A. E. S.		6	19	40	37	19	13	6	1	141	
Total		3	21	86	174	210	168	110	54	23	4	853

* The field of Aomori Apple Experiment Station.

められたのは藤崎町の兵藤園で、ここではハチによるアシ筒利用率が非常に高く、全般に他の地域よりもやや細かいアシ筒が与えられていた。その他の地域ではあまり内径の選好性に差がみられなかった。

(iii) 筒の内径と虫室長

調査巣ごとに平均虫室長を次の式により算出した。

$$\text{平均虫室長} = \frac{\text{最奥の虫室壁から最も外側の虫室壁までの長さ}}{\text{虫室数}}$$

1963年にガラス管に営巣させたものの調査結果は第9

表のとおりで、内径別の平均虫室長は内径3.5, 4.2, 5.2, 6.0, 7.2mmで、それぞれ平均値が14.4, 12.0, 11.2, 10.6, 10.4mmであり、内径の大きいものほど、虫室長が短い傾向が認められた。

この場合3.5mmの内径をもつもので標準偏差が特に大きくなっており、逆に6.0mmのものでは小さな値であった。母平均推定値の重なりは内径7.2mmのもので調査数が充分でなかったために6mmのものとの間に認められたが、その他のものではなかった。

Table 9. Cell length in relation to hole diameter of tubes (as nest stuff glass tubes were offered).

Hole diameter (mm.)	Number of tubes examined	Cell length (mm.)		
		Range	Mean	95% confidence interval
3.5	16	12-17	14.4	±1.08
4.2	21	11-13	12.0	±0.42
5.2	35	9-14	11.2	±0.31
6.0	39	9-12	10.6	±0.19
7.2	17	9-12	10.4	±0.59

Table 10. Correlation between the hole diameter of nest and cell length studied in reed nest.

Hole diameter (mm.)	Cell length (mm.)												
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	Total
3.1-3.5								1	1		1		3
3.6-4.0				3	2	6	4	2			1		18
4.1-4.5				2	18	19	13	7	3			1	63
4.6-5.0			3	19	42	31	15	3	2		1		116
5.1-5.5		1	7	32	50	38	18	5	3		1		155
5.6-6.0		1	6	27	44	16	17	3	1	2			117
6.1-6.5		1	8	10	32	15	6		2				74
6.6-7.0		3	7	11	13	3	7	1					45
7.1-7.5			1	6	6	3	2						18
7.6-7.8	1			1	2								4
Total	1	6	32	111	209	131	82	22	12	2	4	1	613

一方、1969年に調査した結果は第10表に示したとおりで、やはり内径の小さいもので虫室長が大きく、内径と虫室長には $r = -0.3005$ の負の相関関係が認められた。なお、この場合の r は 0.001%水準で有意な値である。

第9および第10表は1本の巣筒の平均虫室長をもって表わしたが、巣筒内の虫室の位置による虫室長は奥の虫室ほど大きく、出口に近いもので小さい傾向がみられた。ガラス管に虫室1個以上作成した巣15例について、その虫室長を示したのが第11表である。

(iv) 筒内虫室数

筒内の虫室数は筒の長さにより異なり、長いもので多くなる傾向があった。本調査では第12表のように15cmの長さのガラス管に営巣したものおよび15cmの片面アシ筒に営巣したものが少なく、前者で6.37個、後者で5.33個の虫室が作られ、30cmの両面アシ筒では7.11~9.25個で、これらをさらに平均すると8.15個となる。ただし、この場合は筒のいずれか片面に営巣されたものとして計算したので、節の両側に営巣している場合はこの平均値

Table 11. Cell length (mm.) in relation to its position in tubes.

Tube	Hole diameter (mm.)	Series of cell (innermost to outermost)												Date of nest completion
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	7.2	11	10	11	12	10	10	11	10	9	8	8	8	May 12
2	5.4	11	11	12	12	13	12	11	10	11	11			12
3	6.0	13	13	12	13	12	10	11	10	10	9			12
4	5.2	12	10	11	11	10	10	11	9	9	10			12
5	5.2	12	14	11	11	11	11	10	9	10	9			13
6	5.2	10	12	10	9	10	11	10	9	11	9	10		13
7	6.0	12	11	10	12	12	9	9	9	9	8			13
8	4.2	11	11	11	11	10	10	11	15	9	12			15
9	7.2	10	11	10	12	13	12	12	10	9	9			15
10	5.2	12	13	14	12	12	10	10	10	10	12			16
11	6.2	11	10	12	10	9	9	9	10	9	9	9		17
12	5.2	11	10	12	11	14	11	11	11	12	10			17
13	6.0	12	12	13	12	13	9	9	11	10	6	8	7	18
14	5.2	12	13	15	13	11	12	10	11	11	10			21
15	7.2	12	10	11	11	9	10	10	7	8	8	10		-

Table 12. Number of cells per nest.

Year	Locality	Number of nest examined	No. of cells per nest			Nest materials
			Range	Mean	S. D.	
1963	A. A. E. S.	157	1-13	6.37	±2.34	Glass tubes (15cm)
1968	do	120	1-13	5.33	±3.04	Reed stem (15)
1964	do	97	4-14	7.11	±3.45	Reed stem (30)
1968	do	146	2-15	7.71	±3.50	Reed stem (30)
1969	do	338	1-17	8.69	±2.98	Reed stem (30)
1969	Fujisaki	87	2-15	7.99	±3.07	Reed stem (30)
1969	Kashiwa	28	3-16	9.25	±3.30	Reed stem (30)
1969	Fujisaki	118	1-11	5.02	±2.10	Reed stem (20)

よりも増加するだろう。また、兵藤園のものはアシ筒が短く虫室数も5.02個と少なくなっているが、実際には節の両側に営巣しているものが多く、両面に入っているものを1本とみなして実質的な虫室数を算出したところ9.73個と多くなった。

(v) アシ筒の長さを利用部分

アシ筒の長さを節から先端までの長さとし、利用部分の長さを最奥の虫室壁から出口に最も近い虫室壁までとして、その関係を表わしたのが第13表である。この場合中間に空室のある巣は除外した。

一般にアシ筒の短いものは利用されない空間が少なく、筒が長くなると利用されない空間も多くなる傾向があった。すなわち、筒の長いものは節のかなり手前から営巣が始められたり、出口よりもずっと奥で虫室が打ち

られ、その先に予備壁が長い間隔をおいて作られるなど筒の利用効率が低下していた。

(vi) 筒内におけるめす・おすの配列

1967年と1968年に営巣されたアシ筒の分解調査の結果は第14表に示したとおりである。すなわち、早-合の配列が最も多く、ついでおすだけまたはめすだけというものが多く、この3配列で全体の70%以上を占めていた。合-早の配列はきわめて少数しか見られず、単純な配列では奥の虫室にめす、出口に近い虫室におすがいるという傾向が明らかに認められた。3回以上変化する複雑な配列においても、最も奥の虫室がめすで占められているという例がその逆の場合よりも明らかに多かった。最も複雑な配列では早-合-早-合-早-合-早-合-早といったもので3例あった。ここで性別の不明な虫室を含む巣は

Table 13. Relation between the length of reed stem and the length actually used for cell construction by *Osmia* bee.

Length of stem (mm.)	Length occupied by cells (mm.)								Total
	11-35	36-60	61-85	86-110	111-135	136-160	161-185	186-210	
26- 50	2	1							3
51- 75	9	35	1						45
76-100	3	28	61	1					93
101-125	8	17	74	76	1				176
126-150	4	5	20	62	38	1			130
151-175	2	6	11	29	31	9			98
176-200	1	1	2	11	8	17	2		42
201-225			3	5	4	1	9	1	23
226-250		1			1	1	1		4
251-275									0
276-300							1		1
Total	29	94	172	185	85	39	13	1	615

Table 14. Serial distribution of sexes within nests.

Distribution of sexes (innermost to outermost)	Complete nest				Uncomplete nest			
	1967	1968	Total	%	1967	1968	Total	%
♀	31	48	79	15.2	37	71	108	23.0
♂	39	102	141	27.2	24	104	128	27.2
♀-♂	58	107	165	31.8	43	103	146	31.1
♂-♀	2	9	11	2.1	4	5	9	1.9
♀-♂-♀	12	31	43	8.3	11	24	35	7.4
♂-♀-♂	6	14	20	3.9	2	16	18	3.8
♀-♂-♀-♂	9	11	20	3.9	3	12	15	3.2
♂-♀-♂-♀	2	4	6	1.2	0	4	4	0.9
♀-♂-♀-♂-♀	4	9	13	2.5	2	5	7	1.5
♂-♀-♂-♀-♂	1	2	3	0.6	1	0	1	0.2
♀-♂-♀-♂-♀-♂	2	4	6	1.2	0	1	1	0.2
♂-♀-♂-♀-♂-♀	0	2	2	0.4	1	0	1	0.2
♀-♂-♀-♂-♀-♂-♀	0	3	3	0.6	0	0	0	0
♂-♀-♂-♀-♂-♀-♂	0	1	1	0.2	0	0	0	0
♀-♂-♀-♂-♀-♂-♀-♂	0	2	2	0.4	0	1	1	0.2
♂-♀-♂-♀-♂-♀-♂-♀	1	0	1	0.2	0	0	0	0
♀-♂-♀-♂-♀-♂-♀-♂-♀	0	3	3	0.6	0	0	0	0
Total	167	352	519		128	346	474	

In this Table if more than one females or males are placed in succession, it was expressed by ♀ and ♂ respectively.

疎密には配列に関する考察をできないのでここでは参考的な資料としてかかげた。また、不明な虫室があっても、めすからおすへまたはおすからめすへ転換する境目にあつてどちらの性であっても配列順序に変化がない場合も数例認められたが、ここでは性別の不明な虫室のないグループに含めた。

(3) 考 察

マメコバチの巣の構造は基本的には生島(1936)、平嶋(1957, 1958)によって報告されているシロオビツツハナバチのものと同じである。生島(1936)はシロオビツツハナバチの巣において内径の大きい筒に営巣したものは虫室が2列に並ぶ複式巢あるいは3列に並ぶ複複式

巣を造ると報告しているが、マメコバチではまだそのような例が認められていない。

虫室を隔てる壁はその形態から3つに大別される。すなわち、第1に虫室間を仕切っている壁で薄く内側で凹凸があり、不整形であるが、外側で滑らかで内側に向かって曲面状になっている。第2は奥壁および虫室の作成を終わってからの予備壁で虫室壁の3倍以上の厚さをもつが、奥壁は筒の状態により省略または変形することがある。第3は巢口をふさいでいるもので、厚く外側に突き出た型をしている。これらの壁の機能についてみると虫室を仕切っている壁は幼虫間の食物競争を防止していることは勿論であるが、平嶋（1958）が報告しているシロオビツツハナバチのようにまゆを形成する際の足場として滑らかな曲面は重要な役割をし、同時に、これは成虫が出口の方に向くような姿勢を制御する働きをしている。予備壁および入口の閉鎖壁は共に虫室の保護をする上で重要であり、後述するようにこれらの保護壁がないものは寄生バチの寄生をうけやすいほか、捕食虫の侵入を防御できず、ドロバチなど他のハチが後で営巣するのを妨害することもできない。また、入口の閉鎖壁は雨水が浸入するのを防ぐ役割も果していると考えられる。入口を閉鎖するもの以外の壁が内側と外側で著しく異なった面をもっているのはハチが外側にいて作業するといった決った作業工程の結果としてもたらされるものと考えられ、また、入口閉鎖壁はハチが筒の外側に出て最終的な仕上げをするから、筒内の壁と違った作業工程になるためもたらされるものであろう。

内径3.5 mmのガラス管に営巣されたものは死亡率が異常に高く、幼虫の発育に空間的な制限を与えるようである。筒の内径が大きいもので虫室長が短いのは、やはり空間の利用上からみて太いものほど短くて済むという単純な解釈ができるが、現実には虫室の長さを決定するのは成虫の虫室壁作成作業によるもので、筒の太さによってその作業の仕方あるいは距離感覚に多少の変化をきたすためと考えられる。よく営巣される筒の内径はりんご試験場個体群においては4.5～6.5 mmのものが多く、場所によって多少内径の選好性が異なる場合があり、これはそれまで飼養してきたアツ筒の太さによって異なるもので、毎年太い筒だけ与えてやると体形が大型になって太い筒を利用する傾向が強くなり、反対に細い筒を沢山与えると体形はある程度小さくなる傾向があるものと考えられる。ポリネーターとしては体形の大きいものほど有利である（山田ら未発表）。

竹島（1965）は同じような調査で内径6 mmから11 mmの筒が理想的なものだと報告し、前田・北村（1966）は6 mm前後の筒が利用上適当であると報告している。しかし、いろいろな体形のハチによる利用率を向上させるためには内径が固定していると不利であり、また、体形を

ある方向に選抜淘汰させるにしても、自ら限度があると考えられるから、この2点を考慮すれば5～7 mmの筒を与え、特に細いものは除くようにすべきであろう。

一方、筒内虫室数はハチ利用上巣群へどれだけの巣筒を配置すればよいかを算出するのに重要な要因の1つである。この数は与える筒の長さにより強く影響され、15 cm片側の巣と30 cm両面の巣筒で1～2個の差が認められるが、後者は節の中にはさんで、両側に筒があるとはいうものの節は必ずしも真中にあると限らず、左右いずれかに偏ることが多い。この場合ハチは筒の長い側を利用する傾向があるため、それが間接的には15 cm片側の筒として与えたものより虫室を多くしたと考えられる。筒を短くすると虫室数が少なくなることは藤崎町兵藤園の例からも明らかで、一般に短い筒を利用する場合は虫室数あたりの予備壁および閉鎖壁が多くなるため、花粉採集以外の労働を多く要するという不利な点があり、また長い筒はハチに利用されずに残される空間が多くなるという無駄が出やすいほか管理上にも不便である。したがって、この両面を考慮した場合、節から15～20 cmの長さが適当と考えられ、特に底を抜いたリンゴ箱を利用して筒を設置する場合は節の中にとった30 cmの両面利用筒が使いやすい。実際には筒に対するハチの密度が高い場合、節の両側に営巣する筒も多いので飼育している園の状況によって、巣筒1本あたりの在中ハチ数は相当変わってくるものと考えられる。ここでは節を中心に30 cmとした筒のいずれか一方を利用した場合の平均虫室数を8.15個とみなし、応用上の資料とする。これは巣群のいずれかの側に立って完成された筒を抜き出して集めたものには少なくともこれだけの虫室はあるだろうという基準として利用することができよう。

筒内のめす・おすの配列に関しては生島（1936）、平嶋（1959 a）によるシロオビツツハナバチの調査例が報告されており、やはり筒の奥にめす、出口に近い方にめすが配置されている例が最も多いという。また、シロオビツツハナバチおよびマメコバチのめす、おすは受精の有無によって決定され、受精卵はめすに、不受精卵はおすになる（平嶋 1959 b）から、めす・おすの配列はめすが営巣にあたって受精卵を産むか、不受精卵を産むかによって決まるものと考えられており、マメコバチの場合も筒の奥の方にめすが配置されている明らかな傾向が認められることは営巣中のめすが受精卵と不受精卵を産み分ける能力をもっていると考えてもよい。めす→おす、またはめすかおす単独の配列のものを除く、おす→めす、および3回以上変化する複雑な配列のものは、主として2匹以上の成虫が同時に1本の筒に営巣した場合（前田 1966）か1匹が先に営巣し、途中で中止したものに後で他のハチがその先に続けて営巣した場合にできるものと考えられ、さらに産み分けに失敗した場合も

含まれているかもしれない。このように筒の奥にめす、出口に近くおすが配置されていることは生態上きわめて重要な意味をもっている(平嶋 1959 a)。すなわちマメコバチはおすが先に巣から脱出し、栄養摂取して体力を備えてからめすの脱出を待ち、交尾をとげるといふ経過習性をもっているため、おすが先立ってめすが巣から脱出することは生態上の異変を引きおこすことになる。また、マメコバチの巣筒は一般に2匹のハチが並行して通過できるほどの幅がないので筒の出口に近い個体から順次脱出しなければならない。したがって、めすがおすがより出口に近い虫室にあると奥のおすはめすの脱出活動が開始されるまでしばらく待たなければならないのでそれだけ体力を消耗し、生態上不利になる。

3. 巣 造 り

(1) 調査方法

主として1964~1969年にりんご試験場個体群においてアシ筒と黒紙で包んだガラス管に巣造りしたのについて観察し、アシ筒の場合はアシを割って、ガラス管の場合は巣造り中そと紙筒から引き出して中の行動をみた。また、土の採取については成虫がよく採土する湿った土のある場所で観察した。

巣材と巣の選択性を調査するため、りんご試験場内の巣群に各種の巣材を与えておき、これにハチが営巣するかどうかを調査した。この場合与えた巣材は調査年度により異なるが、次のようなものを与えた。

(i) 外側が白色で内側が黒色のヒシラコビー印画紙で2重に巻いた内径3.5~7mm, 長さ150mm, 片側閉鎖のガラス管。

(ii) 内径3~10mm, 長さ150mm, 片側利用のアシ筒。

(iii) 内径5~10mm, 長さ100mm位のイタドリの枯れた茎。

(iv) 内径3~4mm, 長さ100mm内外のウツギの茎。

(v) 内径3~4mmのビニールストローの一端を閉鎖したものおよび黒色の同様な管。

(vi) 内径7, 6, 5mm, 長さ150mmのビニール管の一端を閉鎖し、外側に緑色のペンキをぬったもの。

(vii) 石こうで作った内径5および6mm, 長さ150mmで一端を閉鎖したブロック。

(viii) 内径6mm, 長さ150mmのゴム管で一端を閉鎖したものおよび閉鎖しないもの。この管はVarnished tube (S-120, VT-1, 内径6mm, 黒一日東製管製)である。

(ix) 板に掘った角形の溝で径は一辺5~6mm, 長さ150mmで一端を閉鎖したもの。

造巣に要する時間を測定するためには1965年から1966年にかけてりんご試験場個体群の中で営巣中の特定の個体数匹にマーキングしておき、それぞれの個体について

次の項目について連続的な調査を行なった。

(i) 花粉採集に要する時間: 巣筒から出て花粉をもって帰ってくるまでの時間。

(ii) 花粉除去に要する時間: 花粉をもって巣に入ったハチが花粉を払い落とし、さらに蜜を吐き出して巣から出るまでの時間。

(iii) 土の採集に要する時間: 巣筒から出て土塊をもって巣に帰りつくまでの時間。

(iv) 土壁の作時間: 土塊をもって巣に入った時から次の採集のために筒から出るまでの時間。

(v) 虫室完成に要する花粉採集回数。

(vi) 土壁完成に要する土の搬入回数。

実際の調査に当っては同一巣内に出入するハチの行動を時刻で記録し、後に時刻の差を求めて所要時間を出した。また、同様の調査を網室内で営巣した個体についても観察した。

(2) 結 果

(i) 巣材と巣の選択

これまでマメコバチの営巣が確認された材料にはアシ、ツルヨシ *Phragmites japonica* STEUDEL., イタドリ *Polygonum cuspidatum* SIEB. et ZUCC., ササの一種 *Sasa* sp., ビニール管, ガラス管, ゴムホース, 石こうの穴, 木材, 板などのせん孔, 枯木の甲虫脱出孔, ビニールストローなどがあり, 枯木の甲虫脱出孔を除けばすべて人為的に調整された材料である。朽木の甲虫脱出孔に営巣している例は三戸郡名久井岳山麓で観察したが, この場合甲虫の脱出孔はほとんど根際であり, 木は比較的乾燥していた。同じような例として伐採された木の甲虫脱出孔にも営巣しているのが認められている。しかし, 飼養を積極的に行なっているところは別として, 一般的にはかやぶき屋根のアシ筒に最もよく営巣しており, このほかに川原などアシを採取するような地域に積まれているアシ束にもよく営巣されていた。また果, 樹園内の小屋に積まれている竹や, 土壁のささえ用に使用されているアシで壁がはげ, 露出しているものなどに営巣が行なわれていた例が観察されている。なお, 各種の巣材を与えて営巣率の試験を行なった結果は第15表のとおりで, ハチによる巣材の選択性には相当の差異が認められた。すなわち, ウツギ *Deutzia crenata* SIEB. et ZUCC. の茎は内径が小さいこともあってまったく利用されず, ビニールストロー, ビニール管も各1本ずつ利用されたに過ぎず, 石こうの穴も利用率はあまりよくなかった。板に作った溝は四角形のものであったこともあり, まったく利用されず, これはその後も巣群内においたが, 3年後まで利用は認められなかった。比較的利用率の高かったのはアシ筒, イタドリの茎, ガラス管であった。一方, 1966年と1967年の春期は巣材として新たにゴム管と一部ガラス管を与えて営巣状況を調査したが, その結

Table 15. Comparison of preference of nest stuffs by the foundress.

Year	Nesting site	Material	No. supplied	No. nested	%
1964	A	Glass tube	127	12	9.5
		Reed stem	178	12	6.7
		Polygonum stem	55	1	1.8
	B	Polygonum stem	84	59	70.2
		Reed stem	62	57	91.9
		Deutzia stem	25	0	0
1965	A	Reed stem	200	16	8.0
		Vinyl straw	200	1	0.5
		Vinyl tube, 5 mm. (green in color)	15	1	1.7
		do, 6 mm.	15	0	0
		do, 7 mm.	15	0	0
		Chalk burrow 5 mm.	84	0	0
		do, 6 mm.	84	3	3.6
	B	Boad burrow	280	0	0
		Vinyl tube, 5 mm. (black in color)	15	0	0
		do, 6 mm.	15	0	0
do, 7 mm.		15	0	0	

Table 16. Acceptability of varnished tubes by the foundress as the nest.

Year	Materials	No. supplied	No. used			No. not used	
			Completely	Uncompletely (A)*	Rate of utility	Partially used (B)**	Unused
1966	15 cm long with one side closed	300	8	22	10.0	110	160
	15 cm long with both side opened	200	1	0	0.5	38	161
	10 cm long with both side opened	168	0	0	0	0	168
	(Glass tube, 15 cm with one side closed)	100	5	8	7.8	11	76
1967	15 cm long with one side closed	500	80	126	41.2	186	108
	10 cm long with one side closed	94	5	15	19.1	19	57

Note : *(A) Although, at least one cell is completed, not all the cells are completed.

** (B) Although, clay is carried into the tube, no cell is constructed.

果は第16表のとおりであった。ここでゴム管の利用率は15cmの片側閉鎖したものでガラス管並みの利用率が認められたが、ガラス管に比較して不完全巣Bの本数が非常に多い傾向を示した。また、同じ長さのゴム管でも片側を閉鎖したものとしなないものとは利用率に著しい差異

が認められ、閉鎖したものがよく利用された。さらにゴム管の長さはやはり利用率に影響し、10cmよりも15cmのもので利用率が高かった。ここでは1966年および1967年の両年を通じて、不完全巣Bの数が多いたことが注目された。

(ii) 巣の作成経過

ア、筒の掃除：アン筒に営巣する場合筒内の内皮（薄いあま皮）や古い筒のまゆ殻、土塊などを取除いてから本格的な営巣を始めた。掃除はハチの大あごをたくみに利用して大部分は筒の奥の方に押しやるが、一部のもの、特に新しい筒の内皮などは大あごで咬みとり、丸めるようにしてくわえて筒外に飛び出し、飛ばしながら放り捨てた。一度利用された筒でも細い筒に営巣されたものはまゆ殻が筒の内面に密着しており、除去できないことがあるので、このようなものはそのままにして邪魔な部分を咬み切った程度で利用している例が観察された。

イ、虫室の作成：掃除が終ると最初の虫室壁が作られるが、この壁は筒の条件によりその厚さや形が異なっていた。節が中にあるようなアン筒で、そのまま虫室の一部として節が利用できるような場合は、節の真中にある小さい穴をふさぐ程度の壁で終っていたが、中仕切のない長いゴムホースのような場合、古い筒のように中に異物が入っているような場合、長いアン筒の途中から利用される場合などでは比較的厚く頑丈な壁が作られ、少なくとも虫室と虫室の間に作られる壁よりは厚くなっていた。壁の作成にあたっては内壁に肢を突くばるようにして構え、頭部を小刻みに動かしながら、アゴに持っている湿った土を、内壁に沿って筒の方向と直角に上部から下部へ引き延ばすように塗り付けて下地をつくった。次いでこの上に次々と同じような方法で土を重ねてゆき、最後に筒のほぼ中央で完全に閉鎖された。閉鎖されてからも一度土を搬入し、中央部に仕上げをかけることもあった。このようにして完成した壁は中央で凹んだ曲面を呈していた。その後、花粉の搬入と産卵が行なわれて虫室を閉鎖する壁が作られたが、この壁は奥の虫室の閉鎖壁であると同時に次の虫室の足場となるもので、一般に薄く中央部で1.0mm位しかなく、壁の作成順序、虫室面の曲面などの状況は奥壁の場合と同様であった。この場合閉鎖壁としての役割を果たす奥に面した部分は凹凸が多く、平滑さに欠けていた。このようにして幾重かの虫室が作られた後、予備壁として厚い壁が作られるが、これの作成順序も基本的には奥壁および虫室間の壁と同様であった。一般に2mm以上の厚さを有するが、1回にこの厚さで積み重ねていく場合と2回に分けて行なわれるものがあるようで、前者の場合壁にすきまがないが、後者の場合は明らかに2つの壁から成っていると考えられる間隙が認められた。最後に入口を閉鎖する壁が作られ巣は完成するが、この壁は主としてハチの体の一部または全部を筒外に出して作るため、これまでのものとはやや異なった形を呈していた。特に中央の閉鎖が終ってからさらに土を盛るため、中央が突き出た形となった。これらの壁は恐らく筒の状態により省略されたり、

追加されたりし、特に奥壁と予備壁は変異が多かった。

ウ、土の採集：虫室壁をつくるための土取り場はいろいろな場所で認められているが、一般に乾燥した土は採集されず、一定の水分を含んだ土が利用される。これまでに観察された土取り場は、地下水が浸出しているような柔軟な粘土質土壌の露出している土手、水田の畦、平地の露地で水道水があふれて一時的に湿ったような場所、ハチの土取り場として作った深さ50cm位の穴などで認められた。名久井岳山麓で観察した例では第1にあげたような条件の場所に、ツツハナバチと混じって多数のマメコバチが土の採集にきており、同じ場所から引続き土を採集するため10数センチに及ぶトンネルができていたり、大小のホール（大きいものでぎりごぶし大）が沢山認められた。このようなホールは傾斜のある面から土を採集している場合は必ず観察され、人為的に掘った採土場でも認められた（図版4-D）。ハチによる土の採集方法は原則的には筒の掃除を行なうときにみられる筒内の行動と筒外への搬出行動と似ており、アゴで土をとり、丸めるようにしてくわえて巣内に搬入した。また、最初に土取り場を決める場合には土の露出している附近を盛んに飛び廻り、時々地上に降りて適当な場所を探し廻る行動をしたが、第2回以降は前回採土した場所に真直ぐゆき、短時間で土を持ってゆくようになった。

エ、花粉の搬入：ハチは1回の採集旅行で花粉を腹部腹面の花粉採集毛に、蜜を胃の中に貯えて帰り、巣に帰ったハチはまず頭部から先に入り、口吻を花粉塊に突き刺すようにして蜜を吐き出し、ついで後向きに筒外に出てきて、向きを変え、今度は後向に筒に入ってゆき、花粉採集毛から後脚を使って花粉を払い落した。花粉の払い落としが終ると再び筒外に出て花粉採集を繰り返した。1虫室分の花粉を貯えるために11~22回の花粉採集旅行が行なわれた。また、巣筒の内径が大きいものはハチが筒の中でUターンし、蜜の吐き出しと花粉除去を筒外に出ないで同時にやってしまう場合が多かった。したがって、花粉と蜜は別別に混合しないで運ばれるが、巣の中で両者が混合された。蜜と花粉量の比率は必ずしも一定でないものようで、どろどろした感じの花粉塊から上部の花粉が粉状のままのものまでいろいろな段階のものが認められた。花粉の貯蔵が終了した時の花粉塊の状態は下側に面した部分が長く、上側が短いため切片は直角でなく、傾斜した形になっていた。

オ、産卵：充分量の花粉が虫室に貯えられると産卵が行なわれるが、最終回の花粉採集から帰って花粉を払い落した後、ハチは一旦巣外に出て小休止し、再び巣筒に戻り頭部から入って花粉塊のところまでゆき、花粉の存在を確かめてから巣の入口まで戻り、今度は向きを変えて後向に筒に入ってゆき、花粉のあるところまでくる

Table 17. Time required for a trip to collect pollen.

Date	Individual	Time required (minute-second)										
		0.01 2.00	2.01 4.00	4.01 6.00	6.01 8.00	8.01 10.00	10.01 12.00	12.01 14.00	14.01 16.00	16.01 18.00	18.01 20.00	20.01
1965, May 19	B	5	19	1								
	20	A	1	4	1							
1966, May 12	B	11	17	3		2	3	5	5		2	1
	C	2	3	2	4	1	1	3	6	1	1	1
	D	1		2	1	3	6					
	E		1		4	4	2		1	1		
	F	1	1	2	2	6	3	1	3	1	2	1
	13	C			1	9	7	2	1			
	D		3	5	1	1						
	18	G		2	4	3						
	H*	1	10	6								
I*		4	3									

Note : * Studied in a field cage

Table 18. Time required for providing nest with both honeydew and pollen.

Size of hole diameter*	Date	Individual	Time required (second)							Mean	
			31~60	61~90	91~120	121~150	151~180	181~210	211~240		241~
Large	1965, May 20	A		13	3		1				80.6
	1966, May 12	B		18	3		1				79.3
	12	C		9	8	3	1	1		1	96.0
	12	D**	1	20	3		2				71.0
	18	E**	4	17	1						77.5
Small	1965, May 19	F		14	29	3	3	1	1	4	105.8
	12	G		3	12	9	3			2	118.3
	12	H	1	7	16	9	8	2	2	3	118.0
	18	I		3	6	1					99.0
	18	J	1	10	9	2	2				97.5
	18	K		1	5	4					114.0
	18	L	2	8	12	1	3	1		2	102.8
18	M	1	2	8	4	4			2	117.6	

Note : * Depending upon a size of hole diameter of nest, behavior of bees in the provisioning of nest is different. Namely, as they carry pollen mainly on their abdomens and honeydew in their guts, if they made their nest in a hole of small diameter, at first they enter forward into the nest to disgorge honeydew. After disgorging they exit backward and again enter backward into the nest to brush off the pollen. But if they made in a hole of large diameter, as they can make a U-turn in their nest, they enter forward into the nest, after disgorging of honeydew, make a U-turn there to brush off the pollen and exit forward.

** Studied in the field cage.

と停止して筒の内壁に脚を踏まえ、花粉塊の傾斜面の中央部に腹部を突き刺すように入れ、静かにそれを持ち上げながら卵を産出し、最後は卵を絞り出すようにして産み終った。産下された卵はハチの尾端が動いたと同

じ軌跡で花粉塊に突き刺され斜めに立っていた。産卵を終ったハチは筒の中途まで前進してから小休止をとり、筒外に出て再び小休止をとったり、吸蜜したりしたが、この間はほんの数分であり、引き続いて虫室壁の作成に

Table 22. Ability of cell construction.

Year	Individual	Interval of observation	Number of cells constructed	Serial number of trips for pollen(P) and for clay(C)
1965	A	May 15-19 (15.30) (12.00)	10	
	B	May 19 (10.00-17.00)	$2\frac{2}{3}$	
1966	A	May 12 (9.00-16.30)	$1\frac{1}{2}$	5C-18P-7C-8P
	B	May 12 (9.00-16.30)	$1\frac{1}{2}$	9P-10C-14P
	C	May 13 (8.30-16.30)	$1\frac{2}{3}$	4C-15P-5C-9P
	D	May 13 (8.30-16.30)	$1\frac{2}{3}$	13P-4C-21P-9C-3P
	E	May 18 (9.30-15.18)	1	3C-11P-36C
1964	A	May 14 (10.14-16.30)	$1\frac{1}{2}$	2C-(10+x)P-8C-9P
	B	May 14 (14.00-16.30)	$\frac{1}{2}$	3C-8P
	C	May 14 (14.00-16.30)	$\frac{1}{2}$	2C-11P

アン筒を設置する方法が最も適しているが、トラップとしてはアン筒のほか材木にドリルなどで穿孔したのも使えるだろう。これはマメコバチ利用の初期に行なわれた松山園の例からも推察される。

現在あるマメコバチの生活は巢の材料を人為的なものに主として求めているという点でわれわれ人間社会との関係が密接である。マメコバチが人類発生以前から存在したという証拠は何もないが、朽木の甲虫脱出孔を営巣場所として利用するという事実は、人為的な巣材がまったくなくても生存しうることを意味し、少なくとも人間がアンあるいは竹のようなものを利用する以前から存在しえたことになる。

人為的な巣材としてどんなものがよく利用されるかはこれまで供試されたものの範囲内でみるとアンが最も適していた。したがって、ハチの増殖あるいは利用にあたってはアン筒を利用するのが適当と考えるが、アンは数量が限定されており、リンゴをはじめとしたマメコバチによる授粉を果樹栽培者の大多数が利用することになれば数量的に不足であり、さらにアンは巣材として調整するのに労力が多くかかるという欠点がある。この点から米國で *Megachile rotundata* (FABRICIUS) の増殖に利用されているような新しい巣材の開発が必要と考え、2,3の巣材について検討したが、その中でゴム管への営巣率が比較的好かった。1966年および1967年にゴム管を与えて試験した結果にみられるように筒の奥を閉鎖したものと閉鎖しないものでは営巣率に明らかな差が認められ、閉鎖の効果は著しく、巣材の開発に当っては考慮されるべき点と考える。また、利用されない筒のうちに土の搬入が

なされた痕跡のあるものが与えたゴム管の35%以上もあったことは注目され、この巣材の一種の欠点とみなされよう。これは太さ、長さ、切口の状態、色などが全く同じ筒が多数密接してある場合に巣筒の識別ができなくなるためではないかという疑いもたれ、さらにハチが蜜を吐き出して筒外でUターンするときに隣接したほかの筒に入り、花粉を除去するといった事故がたびたび観察された。この点も巣材の開発に当っては留意さるべきであろう。新しい巣材の開発に当っては上にあげた留意点のほか営巣率が高いこと、筒内の死亡率が低いこと、安価に利用できること、ハチの作業能率が高くなることなどを考慮して行なわれるべきである。著者らは各種の筒を試験したが、まだ充分な成績を得ておらず、定着率のよい巣箱と同時に今後さらに検討したいと考えている。

増殖と関連したマメコバチの労働を大別すると筒の掃除、土の採取と虫室壁の作成、花粉および蜜の採集と貯蔵の三つになる。これらの労働はハチが産卵を行なうために不可欠な一連の作業であり、これの難易はハチの増殖率にも影響するから作業能率を向上させることは1日あたりの作業量を多くし、結果的に産卵数を増加することにつながる。具体的には掃除があまり必要でない巣材を与えること、巢の近くに土取り場を作ってやること、厚い奥壁をつくらないですむような筒を与えることなどがあげられよう。採集した花粉と蜜を巢内に貯える場合、細い筒では、蜜を吐き出してから入口まで戻り、向きを変えて後向に入って花粉を除去し、太い筒では内部でUターンするが、両者の場合で作業時間が明らかに異なることも作業能率を向上させる際に関連がある。

巣筒内の隔壁はその形から三つに分けられると述べたが、労働量から分けると大きく二つに分けられる。すなわち虫室壁とそれ以外の壁であり、内径5～6mmの筒では前者で約6～7回の土運搬で済み、後者では約30回もの搬入が必要である。一方、一虫室に何回花粉が運ばれるかは虫室の位置により多少異なることは虫室の位置と虫室長の関係からも推察され、奥のものほど多量の花粉が入られる傾向がある。このことは筒の奥の方にめすが多く配置されているという傾向と一致するが、おす、めすの産み分けと花粉量との間に直接関係があるかどうかはなお検討を要するものと考えらる。

営業時間の調査において同一個体でもしばしば長時間を要する場合が認められているが、これは網室内での観察で確認されているようにその作業中しばしば休息することがあるため、この点を考慮した場合それぞれの作業に要する固有の時間を算出するには頻度分布のモードを取った方がよいと考え、そのように処理した。

1日あたりの作業量は気象条件などによって当然変わるが、ハチの活動に好適な場合、少なくとも1日2虫室は作るものとみなされる。これは1虫室を完成するに要する花粉採集回数と共にハチの利用に当って授粉性能を評価する場合に重要な要因である。

4. リンゴにおける訪花行動

(1) 試験方法

(i) 花粉採集旅行における訪花数については1966年5月18日に、あらかじめりんご試験場網室内(2.7×2.7×1.8m)で営業させておいたハチ3匹について調査した。調査当日の朝リンゴ(紅玉)の大枝(約7年生枝)2本をバケツに水を入れて挿しておき、ハチが巣を出てから花粉をもって帰るまで何個の花を訪れるか数取器で調査した。

(ii) 単位時間内の訪花数はりんご試験場内の祝、紅玉、デリシャス系品種などの開花期に訪花中のマメコバチめすを探し出し、最初の花に止まった瞬間からストップウォッチで時間を計り、ハチを見失うまでその訪花数と時間を調査した。調査は1966年5月11日の10時25分から14時30分まで、1966年5月12日の9時50分から11時30分まで、1964年5月9日の10時55分から12時までの間に行なった。調査日の天気はいずれも晴で、1966年5月11日は20℃前後であったが、1964年5月9日の場合は25～30℃のきわめて高温な日であった。この際調査時間が30秒以内のものは除外した。

(iii) 柱頭への虫体接触率を調査するためにりんご試験場内のリンゴ樹において訪花中のマメコバチめす成虫とミツバチについて、その訪花時に少なくとも虫体の1部が柱頭に触れるかどうかを調査した。なお、1966年5月12日は祝について、1968年5月16日の場合はデリシャス

系品種について行なった。

(2) 結果

(i) 花粉採集旅行における訪花数：めすバチが巣を出てから花粉採集を行なって帰ってくるまでの間にどれだけのリンゴ花を訪れるかは、成虫の体形により若干異なり、大型のものほど多くの花を訪れる傾向があった。すなわち、第23表に示したように同じ条件の下で調査した3匹のうち、体形の大きいものから訪花数は順次35、25、21となり、4匹の平均では 27.1 ± 2.53 個であった。また、同じ個体でも花粉量が少なくなると訪花数は増加し、網

Table 23. No. of flower visited during a trip.

No.	Size of bee	No. of flower visited			No. of trips
		Range	Mean	S.D.	
1	Small	13-37	21.9	± 6.35	21
2	Midle	14-38	25.3	± 7.22	13
3	Large	17-52	34.5	± 9.86	21
4	Small	14-33	21.0	± 8.52	4

室内で少数の花を与えると最初は少ない訪花数で済むが、次第に訪花数が増加し、1回の花粉採集旅行で120個以上も訪花した例があった。

(ii) 単位時間あたり訪花数

単位時間あたりの訪花数は巣を出てから戻るまでの時間と花粉採集旅行における訪花数からも推定できるが、ここでは実際に訪花中のハチの行動を観察して行なった。すなわち、ハチがある花に止った時から次々に花を訪れ最後に飛び去るまでの時間と訪花数から1分間にと

Table 24. No. of flower-visits by a bee per minute.

Date	Hour	Flower-visits per minute		
		No. of bees Examined	Range	Mean
1964, May 9	10.55-12.00	20	8.5-21.5	15.0
1966, May 11	10.25-10.54	15	8.8-13.7	11.0
	10.55-11.28	11	7.2-14.5	10.7
	11.29-12.50	9	6.8-14.1	10.2
	13.15-13.32	9	6.7-13.9	9.8
1966, May 12	14.10-14.30	8	9.0-15.3	11.1
	9.50-10.15	7	5.4-14.6	9.7
	10.15-11.30	17	5.1-13.9	9.5

れだけの花を訪れるかを算出した結果第24表のようになった。1分間あたり訪花数は1964年の例で最も多く平均15個も訪花しているが、この日は気温25～30℃というこの時期では一般的でない気象条件であった。この時期の好天時における一般的な気温である日中18～20℃の条件下では10個前後の訪花数とみなされた。

(iii) 柱頭への虫体接触率：リンゴ花を訪れるマメコバチめす成虫が柱頭とどの程度の接触をもつかについて、ハチの個体別にミツバチとの比較で調査した結果が

Table 25. Comparison between two species, *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) and *Apis mellifera* LINNEAUS in actual contact with stigma of flower.

Rate of contact with stigma per visit	No. of <i>Osmia</i>	No. of <i>Apis</i>
100	12	27
50-99	4	9
1-49	0	11
1	0	11

Table 26. Comparison between the rates of stigma of apple flower actually contacted by two species *Osmia* and *Apis*

Date	<i>Osmia</i>		<i>Apis</i>	
	No. flower visited	Rate of contact	No. flower visited	Rate of contact
1966, May 12	165	97.6	168	66.7
1968, May 16	96	95.8	875	52.3
Mean	-	96.7	-	59.5

第25表であり、訪花された個々の花単位で算出した結果が第26表である。すなわち、マメコバチの場合は95%以上の花で柱頭との接触が認められ、これは図版6-G、Hのようにハチが葯群の上に止り、この上を歩行しながら花粉採集を行なうために葯群の中にある柱頭はハチの体に完全に接触することによる。また吸蜜する場合にも葯の上から花柱を押しつけるようにして行ない、これはおすの場合も同様であった。マメコバチのめすで、リンゴの柱頭と接触をもたないような訪花はハチが自己の栄養源として吸蜜するときにごく稀にみられ、花卉の上に止り、花柱の横から口吻を差し込んで盗蜜する。一方、ミツバチの働蜂は一般に花粉採集を専門に行なうものと吸蜜専門のものが分業されている例が多いため、個体により柱頭との接触率の高いものと反対のものが認められ、前者は主として花粉を採集するもので、後者はおもに蜜を採集するハチであった。すなわち、花粉採集蜂は葯の上に止まりマメコバチの場合と似た行動を行なうが、採蜜蜂は花卉に止まり、花柱の横から口吻を差し込んで盗蜜するというマメコバチの少数例に観察されたと同じ行動を行なう。ミツバチの個体別に見ると全部の花で盗蜜だけを行なった個体が約20%もあり、盗蜜を主体に行なった個体も含めると40%に達する。

(3) 考 察

昆虫をポリネーターとして評価する場合にはいろいろ

な観点から検討されなければならないが、直接花と交渉をもつときのハチの行動の仕方は花の構造と関連してきわめて重要な事項の一つである。いろいろな植物の花の構造とポリネーターは相互の進化上密接な関係をもってきたと考えられており、花の形によってはポリネーターとして働いている昆虫の種類は限定されている例が少なくない (KUGLER 1955)。リンゴの場合もリンゴ花を訪れる昆虫が全部授粉の役割を果たしているとは限らず、チョウ類、甲虫類などはその訪花行動からみて授粉効果が低いと考えられる。また、ハナバチ類の中でもミツバチの採蜜蜂のように、リンゴ花の花柱の横から口吻を差し込んで盗蜜する場合は授粉にあまり役立たない。マメコバチの場合は腹部腹面に花粉収容器官があり、葯群の上を歩き廻るという習性とリンゴ花の柱頭が葯群の中にあるという構造から考えて授粉率はきわめて高いものと考えられる。一方、単位時間あたりの訪花数はポリネーターとしての活動性を表わす指標の一つと考えることができ、ポリネーターとしての必要個体数を推定するのに重要である。すなわち、ほかの要因を一定とみなした場合、単位時間あたりの訪花数が多いものほど一定の花数を授粉するのに少数の個体で済む。一般にハナバチ類の中では体形の大きいものほど個体あたりの授粉能力が高いといわれ、ミツバチを基準とした Bee unit が使用されている例もあり (LÖKEN, 1956)、われわれがリンゴで調査した結果でも、クマバチ、マルハナバチ類などで多く、ついでマメコバチ、ミツバチ、大型のヒメハナバチ類が多く、ツヤヒメハナバチ類、コハナバチ類小形のヒメハナバチ類などは訪花数が少ない (山田ら 未発表)。マメコバチは同程度の体形をもつミツバチ、ヒメハナバチ類より単位時間あたりの訪花数が多い傾向があり、この点からもリンゴのポリネーターとして有能であるものと考えられる。ただし、単位時間あたりの訪花数が多くても訪花時間が制限されている場合は1日あたりの訪花数は必ずしも多くなりなから、訪花活動を行なう時間も考慮しなければならない。この点でもマメコバチは営巣活動を行なっている期間は虫室壁を作るための土の運搬時を除いてほとんど早朝から夕方まで訪花活動を行なうので有利である。

花粉採集旅行における訪花数は訪花時におけるリンゴ花の開葯状況、花粉残存量およびハチの体形によって異なるが、これはハチが1回に運搬できる花粉量がハチの大きさにより異なることと1花から得られる花粉量は花の状態によって異なるためと考えられる。したがって、この値はいろいろな条件によって変化するとみななければならないが、利用上ハチ群の規模を決定するためには必要な調査事項であるので、ここでは花粉量の多いような条件下でいろいろな体形のハチについて調査して平均27個とみなすことができた。この値は今後ハチの体長に合わせ

た詳細な調査を行なって補正する必要がある。

5. 訪花植物

(1) 調査方法

1962～1969年にわたりハチの活動期間に開花している植物について観察し、ハチの訪問があった場合は採集して性別を確かめた。また、訪花中の行動を観察し花粉採集を行なうか、単なる吸蜜だけかについても調査した。

(2) 結果

マメコバチの訪花をうけた植物名とハチの性別および花粉採集の有無についての調査結果は第27表のとおりであった。すなわち、おすは4月中旬から5月中旬にかけて開花する非常に広範囲の植物を訪れ、主として吸蜜だ

けを行なった。特に、おすの脱出期に開花するアンズ、ソメイヨシノ、オオヤマザクラ、モモ、オランダイチゴ、スグリ等のバラ科に多いが、セイヨウタンポポ、フキなどのキク科およびアブラナ、ナツグミ、ヒヤシンス、キバナノアマナなどにも多かった。いずれにしてもその地区におすの出現期に開花して蜜を分泌するような顕花植物なら大抵のものを訪れ、樹液に多数のおすが群がっていた例も観察された。一方、めすは営巣を開始する前は主として吸蜜を行なうので、おすの場合とおよそ同じ花を訪れたが、めすの脱出期はおすより遅れるためヤナギ、フキ、アンズ、ウメなどはめすの訪問をあまりうけなかった。めすの訪問が多い花は4月下旬ではサクラ類、セイヨウタンポポが多く、5月上旬になるとセ

Table 27. Florae visited by *Osmia cornifrons* recognized by the present authors to date.

Species of plants		Sex of bees
Salicaceae	<i>Salix</i> spp. (ヤナギ類)	♂
Caryophyllaceae	<i>Stellaria aquatica</i> SCOP. (ウシハコベ)	♂
	<i>Stellaria media</i> CRY. (ハコベ)	♂
Cruciferae	<i>Brassica campestris</i> L. (アブラナ)	♂ ♀*
	<i>Raphanus sativus</i> L. (ダイコン)	♂ ♀*
Saxifragaceae	<i>Ribes rubrum</i> L. (フサスグリ)	♂ ♀
	<i>Ribes Grossularia</i> L. (セイヨウスグリ)	♂ ♀
Rosaceae	<i>Spiraea Thunbergii</i> SIEB. (ユキヤナギ)	♂
	<i>Malus Sieboldii</i> REHD. (ズミ)	♂ ♀*
	<i>Malus Halliana</i> KOEHNE (ハナカイドウ)	♂ ♀*
	<i>Malus micromalus</i> MAKINO (ミカイドウ)	♂ ♀*
	<i>Malus pumila</i> MILL. (リンゴ)	♂ ♀*
	<i>Pyrus serotina</i> REHDER (ナシ)	♂ ♀*
	<i>Chaenomeles lagenaria</i> KOIDZUMI (ボケ)	♂ ♀*
	<i>Chaenomeles japonica</i> LINDL. (クサボケ)	♂
	<i>Fragaria chiloensis</i> DUCH. (オランダイチゴ)	♂ ♀*
	<i>Prunus Armeniaca</i> L. (アンズ)	♂ ♀
	<i>Prunus Mume</i> SIEB. et ZUCC. (ウメ)	♂ ♀
	<i>Prunus salicina</i> LINDL. (スモモ)	♂
	<i>Prunus Persica</i> BATSCH. (モモ)	♂ ♀*
	<i>Prunus Itosakura</i> SIEB. (シダレザクラ)	♂ ♀*
	<i>Prunus yedoensis</i> MATSUM. (ソメイヨシノザクラ)	♂ ♀*
	<i>Prunus donarium</i> SIEB. (オオヤマザクラ)	♂ ♀*
	<i>Prunus Grayana</i> MAXIM. (ウワミズザクラ)	♂ ♀*
<i>Prunus Avium</i> L. (セイヨウミザクラ)	♂ ♀*	
Violaceae	<i>Viola</i> spp. (スミレ類)	♂
Stachyuraceae	<i>Stachyurus praecox</i> SIEB. et ZUCC. (キブシ)	♂ ♀
Elaeagnaceae	<i>Elaeagnus multiflora</i> THUNB. (ナツグミ)	♂ ♀
Oleaceae	<i>Forsythia suspensa</i> VAHL. (レンギョウ)	♂
Compositae	<i>Taraxacum officinale</i> WEBER (セイヨウタンポポ)	♂ ♀*
	<i>Petasites japonicus</i> MIQ. (フキ)	♂
Liliaceae	<i>Hyacinthus orientalis</i> L. (ヒヤシンス)	♂
	<i>Erythronium japonicum</i> DECNE. (カタクリ)	♂
	<i>Gagea lutea</i> KER-GAWL. (キバナノアマナ)	♂
	<i>Narcissus Tazetta</i> L. (スイセン)	♂

Note : *Pollen-collection

イヨウミザクラ、モモ、ナツグミ、アブラナなどに多く、リンゴの開花が始まるとほとんどリンゴに集中されるようになった。花粉の採集を行なう植物として、リンゴの開花前にはサクラ類、セイヨウミザクラ、セイヨウタンポポ、アブラナ、モモ、ナンが主なものようで、スモモ、グミなどからはあまり採集しないようであった。リンゴの開花後はほとんどがリンゴから花粉を採集し、リンゴのない場所で稀にセイヨウタンポポ、オランダイチゴから採集する例があった。リンゴ樹のないような山間地ではサクラ類に続いて、ヤマナシ *Pyrus sp.*、ウワミズザクラなどから花粉を採集している例が多かった。

(3) 考 察

マメコバチの訪花目的は大きく二つに分けられ、一つは個体維持のための栄養を摂取するために主として吸蜜を行なうもので、今一つは巣づくりのための花粉採集に訪れるものである。前者はおすの全期間とめすの営巣前期間に主として行なわれ、後者はいうまでもなく、営巣中のめすが行なう。すでに述べたように営巣中のめすは花粉のほかにも蜜も採集するが、一般に花粉採集を主体に行ない、同じ花から同時に蜜の採集もするものであり、蜜の採集のためだけに花を訪れることはあまりないものと考えられる。したがって、花粉採集を行なうめすバチはいきおい花粉量の多い植物に多く訪れることになり、逆に花粉量の少ない花は敬遠される。このことはすでに北村・前田(1968)がモモの品種のうち花粉量の多い大久保はよくマメコバチの訪花をうけるが、花粉の少ない大和白桃などはあまり訪花されないと報告しているように同一種の植物でも花粉量の多少により差が認められている。しかし、平嶋(1959b)は平常より遅れて活動するようにしたシロスジツツハナバチにおいて蜜をシロツメクサから採集し、花粉を別の植物から求めた例を観察しており、開花植物の種類によってはマメコバチでもこのような例があるかもしれない。青森県におけるバラ科果

樹類の開花期はおよそ第28表のとおりであるが、このうち、スモモ、ナンの一部はマメコバチの訪花をあまりうけないので、これらの果樹にポリネーターとしてマメコバチを利用することはむずかしい。しかし、第26表にあげたその他のバラ科果樹はいずれもマメコバチをポリネーターとして利用することは可能である。ただし、ウメ

Table 28. Blooming period of several Rosaceae in the vicinity of Kuroishi city.

Species	Beginning	Full	Petal fall
Apricot	Apr. 22	Apr. 29	May 5
Cherry	May 3	May 7	May 14
Pear	May 4	May 5	May 14
Peach	May 3	May 7	May 14
Plum	May 2	May 5	May 10

Note: All are shown with average during 1964-1969 but data are lacked in cherry for 1968, and for petal fall in apricot and cherry at 1966, in peach, pear and plum at 1968.

およびアンズは開花期がめすの営巣時期より前にあるためおすおよびめすの吸蜜行為を授粉に利用するような考え方をしなければならない。これらの果樹類に利用する場合はなおいろいろの問題が残されているのでその利用法についてさらに検討する必要がある。

マメコバチの訪花植物については宮本(1959, 1962)による兵庫県での調査結果が報告されているが、それによると12科14種の植物があげられており、特に訪花の多い植物としてゲンゲ *Astragalus sinicus* L.、アブラナ、タンポポがあり、これらの花にはめす、おすともに訪れるという。青森県と兵庫県では植物相の違いもあり、一概に比較できないが、青森県でバラ科の樹木類が主な訪花対象となっているのとはかなり異なっている。

Ⅵ 増 殖

マメコバチの利用にあたっては、ハチを必要な数まで増殖することが重要な問題となる。特にこれまでマメコバチの利用を試みた人で失敗した多くの例は、増殖がうまくゆかないで次第に個体数が減少し、消滅したという場合が多い。その原因はいろいろの場合が考えられるがこれまで調査してきた死亡要因の分析を中心に、マメコバチの増殖と関連したいろいろの要因について検討したい。

1. 性 比

(1) 調査方法

1965年から1969年にわたり、いろいろな地域の個体群

について調査した。調査法は脱出前の2~3月に筒を割ってまゆを取り出し、まゆの先端を切って生存虫(1部成虫で死亡しているものも含む)の性比をみる方法と脱出消長の調査に用いた個体群を調査終了後に脱出虫の性比をみる方法で行なった。

(2) 結 果

第29表で明らかなおと、性比は調査年度および各個体群により差があり、めす率が最高68.8%から最低31.7%まで認められた。これらの個体群の中には小群であるため性比の算出には適当でないと思われるものも含まれているので、調査まゆ数100個以上のものについて性比の平均値をとると46.7%のめす率となる。

Table 29. Sex ratio of *Osmia* observed by collected nests from several localities in different years.

Year	Locality	No. nest	No. cell	Rate of female	Rate of adult emergence	
1965	Kuroishi-city, Fukutami	69	553	41.8	88.5	
	Goshogawara-city	25	169	40.8	94.1	
1966	Kuroishi-city, Fukutami	39	230	40.0	85.7	
1967	Hirosaki-city, Jumoku	22	41	58.5	38.0	
	Ikarigaseki-mura, Kogake	31	118	41.5	81.9	
	Kuroishi-city, Aseishi	21	127	66.9	90.1	
	Goshogawara-city, Harako	15	52	44.2	73.2	
	Morita-mura	16	59	50.8	69.4	
	Kuroishi-city, Fukutami	49	303	40.6	92.8	
	1968	Onoe-machi, Niiyama A	98	508	46.7	85.0
		Niiyama B	85	462	50.4	81.0
Saruka		57	420	61.4	95.5	
Yawatazaki		61	351	52.4	86.9	
	Kuroishi-city, Fukutami	-	310	59.0	-	
1969	Fujisaki-machi A (Murakami)	45	294	42.0	90.2	
	B (Ogasawara)	16	57	40.3	38.2	
	C (Hyodo)	60	433	33.0	76.9	
	D (Osanai)	16	61	68.8	30.6	
	E (Kosugi)	19	134	50.7	66.6	
	Kashiwa-mura	-	24	45.8	42.8	
	Onoe-machi, Yawatazaki		12	63	31.7	77.8
		Saruka	49	353	26.9	90.3
	Kuroishi-city, Izushita		70	688	39.7	95.0
		Aseishi	66	920	41.6	91.1
	Inakadate-mura, Tareyanagi		35	212	59.4	93.4
Hatakenaka		18	129	56.6	92.8	
Kuroishi-city, Fukutami		143	938	42.0	79.1	
1970	Itayanagi-machi, Gokigata	150	1,037	57.1	79.3	
	Fujisaki-machi (Ogasawara)	38	202	50.5	91.9	

(3) 考 察

一般にツツハナバチ類の性比においてはオスの多い傾向が認められている。すなわち、平嶋（1958）によるシロスジツツハナバチではオス1,770匹に対してメス1,050匹で、メス率約37%であり、KROMBEIN（1962）によると *Osmia lignaria* SAY では565匹中メス1, オス2の比率であったと報告している。また、マメコバチについては前田・北村（1965c）によると、長野県産のものでメス136匹に対してオス320匹（メス率約30%）で、青森県産のものでメス404匹、オス485匹（メス率約45%）であったと報告している。このような性比の構成が何に起因しているかは不明であるが、個体群によってはメス率50%以上の例も認められるから必ずしも固定的なものでなく、個体群の在り方によっては変化するものと考えられる。性比の変化は増殖上重要な要因であり、個体数を減らさないようにしながらメス率を高くすることが

できれば、増殖を有利にできる。竹島（1965）によると、マメコバチは内径の小さい筒でオスが多く、太い筒でメスが多いといわれ、また平嶋（1959a）がシロオビツツハナバチにおいて、内径の小さい筒につくられた巣はオスだけによって占有されたり、オスの比率が異常に高い傾向がみられると報告している。しかし、これには明確な根拠がなく、特に前者では性別の発現機構について誤解している点がかがわれるので、今後受精機構の解明と共に検討を要する興味深い事項の一つであろう。平嶋（1959b）によると、マメコバチおよびシロオビツツハナバチは処女生殖でオスだけになり、筒の奥にメスが、出口に近くオスが配置されているのは営巣中のメスが受精を調節できるからだと考えている。したがって、産下された卵の性別は当時すでに決定されており、それを決定するのはメス成虫のある種の生理条件とみなされる。この条件が何であるかを解明できればメスの比率を高め

ることが可能となるかも知れない。

2. 蔵卵数

(1) 調査方法

1969年4月および12月にそれぞれ脱出直後と休眠中のめす成虫をリンゲル液内で解剖し、卵巣内に観察される卵数を調査した。この際卵数は80倍実体顕微鏡ではっきり卵が確認できる交互栄養室型卵までとした。

(2) 結果

マメコバチの卵巣は図版5-Kに示したように6個の卵管から成っており、さらにこれが3個ずつ対になって左右に分かれている。休眠中のめすはすでにかなり発育した交互栄養室型卵を蔵しており、これは脱出直後のものとあまり変りなかった。したがって、ここでは休眠中の個体と脱出直後の個体を合わせて蔵卵数を求めたところ、調査個体20匹のうち最高で55個、最低で37個であり、平均値が44.7個、標準偏差±4.7個であった。すなわち、マメコバチのめすは休眠時にすでに37~48個の卵を蔵しており、少なくとも脱出時まではそれほど変らない。各個体の卵管内での卵数および卵の発育状態は少しずつ異なっており、卵数は一般に最も発育の進んだ卵を含む卵管で多く認められるが、少ないものとの差は1個以内であった。

(3) 考察

ここでいう蔵卵数は一定の段階まで発育の進んだ卵の数を指しているから、産卵と共に次々と卵細胞が形成されてゆくものであれば産卵数は見かけの蔵卵数よりも多くなることがありうる。一般に昆虫において産卵数の多い種類は蔵卵数も多い傾向が認められるから、蔵卵数は産卵数を評価するための一要因として重要であると考えられる。すなわち、マメコバチの場合の蔵卵数から見た産卵能力は45個前後あるわけで、実際の産卵数が20個位であるのと相当の差がある。これはマメコバチの場合、産卵前には必ず虫室を作るという労力が伴うため、作業の進行状態と寿命の関連によっては蔵卵数を全部有効に産卵できるとは限らない。ツツハナバチ類では卵の発育と営巣作業の進行とが一致しない場合体内において卵吸収が行なわれるといわれ(前田 1965c)、マメコバチでもこのようなことがあるとすれば蔵卵数と産卵数はますますかけ離れることになる。一方、マメコバチのは場における産卵数は著者らの行なったこれまでの増殖試験の結果からみると約20個であり、前田・北村(1966)によると約23個、北村(1969)によると約25個であるという。いずれにしてもこれらの産卵数は蔵卵数よりも明らかに少なく、これの原因には前述したようにいろいろな要因が考えられる。産卵数を蔵卵数に近づける努力は今後マメコバチの増殖をはかる上に重要な課題であろう。

3. 天敵

(1) 調査方法

巣筒の分解調査によって得られた卵から成虫脱出期までの天敵と、主として巣群附近で成虫活動期および貯蔵中に観察される天敵の種類を調査した。

Chaetodactylus sp. の生活史は1969年に営巣したマメコバチの巣を割って花粉塊を集め、これをガラス管びん(内径6mm、長さ40mm)に1個ずつ入れ、ハチの卵を除いてから同じく筒内から得たダニのめす成虫およびヒポブスを放して定温および室温下で飼育した。これを実体顕微鏡で毎日観察して発育状態を記録し、別にガラス管に営巣したものについて筒内でのダニの行動を観察した。

Monodontomerus osmiae KAMIJO の生活史は筒の分解調査と越冬幼虫の個体別飼育方法を主体に、1968~1969年にりんご試験場内で調査した。すなわち、分解調査によって得られた越冬幼虫を寄主の個体別に虫数とその性比をみたほか、寄生蜂を個体飼育して野外網室における蛹化期と羽化期を調査した。羽化した成虫は飼育筒(直径100mm、長さ250mm)に入れ、マメコバチの巣筒およびまゆを与えて飼育し、成虫の寿命と産卵能力について調査した。なお、りんご試験場のマメコバチ巣群において、本寄生蜂が活動する時期と産卵行動についてあわせて観察した。

(2) 結果

(i) 天敵の種類

青森県内でマメコバチの天敵として1970年までに確認された種類は次のとおりである。

- ア. 哺乳類 ネズミの1種
- イ. 鳥類 ムクドリ *Sturnus cineraceus*
TEMMINCK
スズメ *Passer montanus saturatus*
STEJNEGER
コカラヒワ *Chloris sinica minor*
(TEMMINCK & SCHLEGEL)
- ウ. クモ類 ハエトリグモの1種 (Salticidae)
- エ. ダニ類 コナダニの1種 *Chaetodactylus* sp.
(BAKER 同定)
- オ. 昆虫類 アシブトコバチの1種 *Brachymeria* sp.
トゲアシコバチの1種 *Monodontomerus osmiae* KAMIJO
ナガヒョウホムシ *Plinus japonicus*
REITTER
ヒメマルカツオブシムシ *Anthrenus verbasci* LINNAEUS
- カ. 菌類 寄生菌の1種

ネズミによる加害は主としてマメコバチの休眠期に行なわれたもので、休眠期に家屋の中に積み重ねておいた

り、地表に直接おくと被害にあうことがある。ネズミは巣筒を咬み割ってまゆを食害し、ときには全滅させる。

鳥類は主として活動中の成虫を捕食するもので、巣群の近くで群がるハチを捕える場合、営巣に入る前にセイヨウミザクラ、サクラなどに吸蜜に集まっているものを捕食する場合、営巣用の土を採取中に攻げきずる場合などハチが群がっているようなところで多く捕食する。竹島（1968 私信）によると育雛中のムクドリは特に捕食が激しく、ときどきマメコバチの巣群へ幼鳥の餌を得るために通うようになるという。また、マメコバチ飼育者の中にはカラスの1種が営巣された筒をくちばしで割って中のハチを食害するのを観察した人もある。

ハエトリグモは巣群にあるアシ筒の内側にひそみ、営巣場所の探索にくるハチを襲うことがある。

コナダニは次節で詳述するように成虫の営巣活動中にその体にヒボプスが附着し、営巣期間を通じてハチによって虫室内に持ち込まれるか、シスト型若虫によって同一筒内に営巣された虫室に侵入する。ダニは虫室内で花粉塊を餌として増殖するが、多くの場合ハチの卵または若令幼虫期に傷害を与えて死亡させる。

M. osmiae は後節で詳述するようにマメコバチの前蛹期に寄生し、これを害する。

ナガヒョウホムシとヒメマルカツオブシムシはその食性からみて、本来古い巣の脱皮殻、まゆ殻、死がいなどを食しているものとみなされるが、マメコバチの幼虫、蛹、成虫を二次的に加害することがある。ナガヒョウホムシはそのほか新しいアシ筒にも認められることからアシ筒そのものも食害するとみなされ、そのまゆは特徴ある形をしたものである（図版8—G, H）。ヒメマルカツオブシムシはマメコバチのまゆに穴をあけて侵入し、内部の成虫を食害する（図版8—J）。この両種は後述する *M. osmiae* の場合と同じく、第30表にみられるように巣筒の出口に近い虫室に多く加害する。

Table 30. Position of cells attacked by *Plinus japonicus* REITTER and *Anthrenus verbasci* LINNEAUS (1970)

Position of cell	<i>Plinus</i>	<i>Anthrenus</i>
Innermost cell	1 (0.9%)	1 (1.9%)
Autermost cell	101 (93.5)	49 (94.2)
Others	6 (5.6)	2 (3.8)
Total	108	52

菌類による被害はハチそのものに寄生する動物寄生菌によるものと花粉塊に雑菌が繁殖したために2次的に被害をうける場合の2通りが観察され、前者は幼虫期から前蛹期にかけて認められ、後者は主として幼虫初期に死亡して花粉塊がそのまま残存することが多い。ただし、

前者の場合でも幼虫初期に死亡したものは花粉塊が残るので、この両者とさらに農薬の残留による死亡などを厳密に区別することは菌の同定が行なわれていない現段階では不可能である。

ミカドドロバチ *Odynerus quadrifasciatus* FABRICIUS, オオフタオビドロバチ *Anterhynchium flavomarginatum micado* KIRSCH, フタスジズバチ *Discoelius japonicus* PÉREZ などはマメコバチと同じ筒を利用して営巣するため、巣材に関してマメコバチと競争が行なわれるものである。すなわち、競争には三つの型が認められ、第1はマメコバチが筒の途中まで営巣したものに後でこれらのドロバチが営巣し、翌年マメコバチが順調に脱出できない場合であり、第2はこれとまったく逆に前年ドロバチが筒の奥に営巣していたものに春期マメコバチが続けて営巣した場合で、ドロバチの脱出時にその出口を塞ぐマメコバチが傷害をうける場合である。第3には第1の例においてドロバチによる巣の清掃作業中にマメコバチのまゆを筒から引き出して筒外に放出する場合で、りんご試験場巣群でたびたび認められた。このようにして放り出されたまゆは筒のすぐ下に捨てられているのでその被害と判る。

(ii) *Chaetodactylus* sp. の生活史

Chaetodactylus sp. はマメコバチの虫室内でヒボプスおよびシスト型若虫の形で越冬しているが、ヒボプスの場合、ハチの脱出期にハチによって虫室壁が破壊されるためこの通路を通して容易に筒の入口まで達することができ、ここからダニは外へ出、筒の切口に重なって群がるようになる（図版7—A）。1虫室から発生するダニのヒボプスは数千匹に達するため筒の周辺には全部が着生できず、図版7—Bに示したように筒口からぶら下がるようになり、さらに近隣の筒にも移動してゆく。一方、マメコバチは脱出するとき途中にダニの寄生をうけた虫室があると、ここを通過する際に極めて多くのダニの着生をうけ、図版7—Eにみられるように体全体がダニに包まれるようになって飛しようできない場合もある。また、脱出後のハチは夜間に筒に入って休止するものがあることはすでに述べたが、この際ダニが入口に群がっているような筒に入ると虫体にヒボプスが附着する。ヒボプスの移動はこのようにして行なわれるほかに、ダニの附着しているハチが訪花時に花にダニを残して来て、これが後に訪花したハチに附着するという花を介した移動、あるいはダニが附着したおすと交尾することによるめすへの伝播があるかどうかは確認できなかった。マメコバチのめすに附着したヒボプスはハチの営巣活動中に新しい巣に持ち込まれ、まもなく脱皮して第2若虫をへて成虫となるが、これはめすだけであり、1～3日で産卵を開始した。この際最初はおすがみられなかったが、2週間以内におすが現われ、最初のめすと交尾

が行なわれるのが観察された。

一方、シスト型若虫で越冬したものは移動しないので、ハチの脱出期以降もそのまま筒の中に残り、その筒の新しい世代のハチが利用して虫室を作るようになると、脱皮して第2若虫となり、そのままその虫室に附着するものと思われた。ヒポプスまたはシスト型若虫がハチの虫室に入り、最初のめす成虫が現われて産卵を開始するのは多くの場合ハチがまだふ化する以前に行なわれた。ダニの成虫は虫室内を盛んに移動して筒壁と花粉塊の間にもぐり込んで産卵を行なうが、この期間にハチの卵、若令幼虫などの体上を盛んに歩行するのでもなくハチは傷つき、体液を放出して次第に萎縮していくのが観察された。この場合ダニがハチの体液を吸うかどうかは確認されなかった。ダニの卵は25°Cで4日、20°Cで5日、15°Cで5~10日位、常温でも5日でふ化して幼虫となり、さらに第1若虫、第2若虫を経て成虫となったが、卵のふ化から成虫に至るまで常温で約10日かかり、成虫となったものは直ちに交尾を行ない、1~3日目

から産卵を行なった。このようにして世代をくり返し、餌としての花粉塊が虫室内になくなるまで増殖し、秋期10月には全体がヒポプスまたはシスト型若虫となってそのまま越冬に入った。この時期になるとダニは虫室一ぱいになり、筒を割るとあふれ出て(図版7-D)、越冬前でも筒から出すと歩いて移動した。なお同形のヒポプスは越冬期以外の増殖期には認められなかった。しかし、25°Cの定温器内で飼ったものは餌がなくなったとき第2若虫で発育が停止したが、形態的にはヒポプスでもシスト型若虫でもなく、平常の第2若虫であった。なお花粉塊に蜜が多く含まれ、粘性が強いとダニは花粉塊にくい込むことが困難となり、歩行も不自由になる傾向が認められるのでダニの生活には適しないようであり、このような花粉塊ではダニを接種してやっても増殖しない例がみられた。

(iii) *Monodontomerus osmiae* KAMIJO の生活史

M. osmiae (以下トゲアシコバチと略記)はマメコバチのまゆ内で老熟幼虫で越冬しているが、第31表に示し

Table 31. Dates of pupation and duration of pupal stage of *Monodontomerus osmiae* KAMIJO, parasite of pre-pupa of *Osmia*.

Cocoon of <i>Osmia</i>	Sex of <i>M. osmiae</i>	No. of <i>M. osmiae</i>	Date of pupation		Duration of pupal stage		
			Range	Mean	Range	Mean	S.D.
1	♀	13	May 23-27	May 26	26-29	27.8	±0.97
	♂	1	-	May 25	-	26	-
2	♀	17	May 22-June 6	May 30	19-30	24.0	±1.80
	♂	1	-	May 27	-	25	-
3	♀	10	May 20-23	May 22	28-31	29.4	±0.84
	♂	1	-	May 23	-	28	-
4	♀	14	May 21-26	May 23	27-30	28.9	±1.07
	♂	1	-	May 23	-	28	-
5	♀	14	May 29-June 3	June 1	22-24	22.7	±0.74
	♂	1	-	May 29	-	23	-
6	♀	9	May 29-31	May 30	24-26	24.7	±0.50
	♂	8	May 25-27	May 26	28-29	28.4	±0.50

Table 32. Longevity of adult life of *Monodontomerus osmiae* KAMIJO.

Date of emergence	Sex	No. days		No. observed
		Range	Mean	
June 21	♀	11-12	11.1	28
	♂	-	7	1
June 24	♀	4-9	7.6	17
	♂	-	4	1

たように早いものは5月20日頃から蛹化し、24~30日の蛹期間をへて6月下旬に成虫が羽化した。成虫は寄主の

まゆを喰い破って脱出するが、新しい虫室がその先にあると脱出できないで死亡する例があった。また、マメコバチのまゆ内から脱出できずに死亡している例も多数認められている。羽化脱出に成功した成虫はマメコバチの巣群に飛来してきて巣筒上を盛んに歩行し、閉鎖壁のないものは巣筒内に侵入してゆく。産卵についてはまだ観察する機会を得ていないが、第33表に示したようにトゲアシコバチの寄生を受けた虫室の位置が予備壁および閉鎖壁のない不完全な巣筒の最も外側の虫室に圧倒的に多いことからみて、寄生は虫室内に侵入して行なわれるとみなされる。この際筒の中央部にある虫室で寄生を受け

Table 33. Position of cells attacked by *Monodontomerus osmiae* KAMIJO

Year	No. cell observed	Position of cell attacked			
		Innermost	Autermost	Other	Nest with a single cell
1967	24	2	6	13	3
1968	12	0	2	9	1
1969	140	11 (7.9%)	121 (86.4%)	8 (5.7%)	-

Table 34. Number of *Monodontomerus osmiae* KAMIJO adults emerged from a host

Cocoon	No. of adult emerged	
	♀	♂
1	13	1
2	17	1
3	10	1
4	14	1
5	14	1
6	9	0
7	8	0
8	18	1
9	12	1
10	19	1
11	14	0
12	16	3
13	17	1
14	14	2
15	16	1
16	14	1
17	23	2
18	5	1
19	19	1
20	10	1
21	14	4
22	8	1
23	3	6
24	18	4
25	14	2
26	10	1
27	10	1
28	9	1
Mean	13.1	1.5

た例も若干認められたが、このような場合の寄生は筒の割れ目、または虫室壁の小孔から産卵が行なわれたものとか考えられない。このことは、トゲアシコバチ成虫にマメコバチの完全な巣筒を与えてもまったく産卵が行なわれなかったが、筒から取り出して与えたまゆおよび筒にひび割れをつかって与えた筒には中央部の虫室にも

寄生したことからもうかがわれる。寄主のまゆ内におけるトゲアシコバチの卵～幼虫期の発育経過は不明であるが、成虫の発生時期は野外で6月末頃からであり、寄主の巣群に多数群がるのがよく観察された。この時期に寄生を受けた虫室からは多くの場合年内に寄生蜂の羽化をみないが、中には10月頃の調査で当年つくられたマメコバチの巣内に羽化した成虫がみられた例もある。野外で成虫が多く活動する7月上～下旬は寄主の前蛹期にあたり、マメコバチは前蛹でも休眠するため寄主の形態発育上はよく揃った時期である。第34表でわかるとおり、トゲアシコバチは寄主1匹から平均13.1匹羽化でき、その性比は圧倒的にめすが多く、おすは寄主1匹あたり1匹の場合が多い。また、寄主へ到達するにはマメコバチの出すある種のおいさをたよりにしているらしく、このことは生虫の入ったまゆを使ったY字管による実験で確かめられた（山田ら未発表）。

(3) 考 察

マメコバチの天敵は哺乳動物から菌類まで多岐にわたっており、天敵としての作用面から大きく三つに別けられる。すなわち、第1に成虫を捕食するもので、これは鳥類が最も重要であり、その他ハエトリグモ、ネズミ、ヒョウホンムシなどは特殊な場合に限られる。第2に卵～蛹期に虫体または虫室に寄生するもので、この中ではコナダニが最も問題となり、ついで寄生菌の発生も無視できないが、これの発生に関する要因は明らかでなく、今後検討を要する。第3は巣を中心に行なわれる他の筒営巣性ハチ類との競争であり、この影響は一般にそれほど大きくない。これらの天敵の重要性については次節で詳しく述べるが、マメコバチ飼育者の実態調査によると、コナダニと鳥類の被害が最も重要である。前田・北村(1965)は、長野県で認められたマメコバチの天敵としてトゲアシコバチ、シリアゲコバチ、ヒメマルカツオブシムシ、ナガヒョウホンムシ、ダニの1種、不明の種類または病気の7種をあげているほか、筒営巣性ハチ類との関係についても言及している。また、平嶋(1957)がシロオビツツハナバチの天敵としてあげた5種はほとんどマメコバチと共通する種類で、このうち寄生菌の1種として白きょう菌 *Botrytis* sp. をあげている。さらに、MAEDA and KITAMURA は *Osmia lignaria* SAY の天敵として米国で知られている種類10種を紹介してい

るが、その内容はマメコバチで認められていない種類がかなり含まれている。なお、前田・北村(1965)によると長野県でマメコバチの天敵として認められているヒメマルカツオブシムシはナガヒョウホムシとほとんど同じ加害様式であり、古い巣のまゆ、糞、花粉塊の食べ残しなどを本来の食物としているもので、マメコバチへの加害は2次的に行なうものだと報告している。以上あげたほかに、平嶋(1959b)はツチハンミョウの第1齢幼虫がシロスジツツハナバチを加害することを報告しているが、著者らの調査では確認できなかった。

ツツハナバチの巣に寄生するダニは BAKER (1962) によると *Chaetodactylus ludwigi* (TROUESART), *Chaetodactylus osmiae* (DUFOUR), *Chaetodactylus krombeini* BAKER などが知られている。生島(1936)はシロオビツツハナバチの天敵としてダニが最も重要であると報告し、平嶋(1957)もやはりシロオビツツハナバチの天敵としてダニの1種 *Saproglyphus* sp. が重要であると報告している。なお、KROMBEIN (1962) によると平嶋のあげた *Saproglyphus* sp. は *Chaetodactylus* sp. の誤りであろうと指摘しているから、現在マメコバチに寄生するダニは *Chaetodactylus* 属に含まれる種類だけである。KROMBEIN (1962) は *Osmia lignaria* SAY に寄生する *Chaetodactylus krombeini* BAKER の生活史を報告しているが、著者らの観察したマメコバチに寄生する *Chaetodactylus* sp. の生活史もそれとほとんど一致するものであった。すなわち、越冬期には移動性のヒポボスと定着性のシスト型若虫の両者が認められ、その後の経過も前者はハチの体に附着して新しい虫室にもちこまれるものであり、後者はそのまま筒に残り、その筒を利用したハチの虫室に寄生するようになる。彼はこのような2型の存在に対する生態的な意義づけとして、ヒポボスはその習性からみて同1種にしか寄生できないが場所的な移動ができ、シスト型若虫は移動できないが、その附着している筒を他の種のハチが利用する可能性もあるから寄主の転換ができるという点をあげている。さらにこの2型はどちらも食物の欠乏により生ずるものであり、特にシスト型若虫は乾燥とも関連して生ずるといわれ、耐乾性が特に優れているという。反対に湿度を与えることにより発育が再開され、これは新しい虫室に花粉塊が貯えられて湿度が高まることに対する1種の適応とみなされている。以上のように *Chaetodactylus* sp. の生活史はツツハナバチ類の生活史に対応した適応を示しており、ツツハナバチ類固有の天敵として極めて重要な種類である。すでに多くの研究者およびマメコバチ飼育家によって指摘されているように、マメコバチからダニの被害を防止するにはアソ筒を更新することが有効であるが、これは単にアソ筒に残って切口に集まったヒポボスが新鮮なハチに附着するのを防ぐというだけでなく、筒

内に附着しているシスト型若虫を除去するという効果も高いものと考えられる。竹島(1966)はダニの駆除のために硫酸ニコチンなどの殺虫剤で筒を消毒することを試みているが、殺虫剤による処理にはヒポボスに対しては有効であっても、管内に残っているシスト型若虫に対する効果は疑問である。*M. osmiae* は上条(1963)によって初めて記載されたが、本邦産 *Monodontomerus* 4種のうち、ツツハナバチ類に寄生するのは *osmiae* だけであり、他の種類はいろいろな昆虫に寄生する。*osmiae* は上条(1963)によるとツツハナバチとシロオビツツハナバチに寄生することが確認されていたが、その後、青森県黒石産のマメコバチ寄生の *osmiae* がやはり上条(1965)によって報告された。このように *osmiae* はツツハナバチ類に広く寄生するものであり、その生活史もツツハナバチ類の生活史に対応した適応がみられる。上条(1963)の報告にも見られるように *osmiae* の性比は雄の比率が特に低く、これは1寄主あたりの性比構成からみて特殊な生殖方式をとっているためと考えられるが、実験的な確証はなされていない。この寄生バチによる寄生はすでに述べたようにアソ筒に営巣された完全な虫室には困難であり、予備壁、閉鎖壁のない途中で放棄された巣の先端の虫室ならびに筒の割れた巣、キクイムシの被害をうけた竹筒、メイガ類の被害をうけたアソ筒などに作られた虫室に寄生できるだけであり、寄生率はあまり高くないとみなされ、このことは後述する生命表分析の結果においても明らかである。

寄生菌による死亡は平嶋(1957)が *Botrytis* sp. をあげているほかは種類の同定が行なわれておらず、虫体に直接寄生する菌のほかは花粉あるいは蜜に寄生して餌としての価値を低下させてしまうといった菌類の存在も考えられるため、今後検討が必要な事項の一つである。

マメコバチの成虫期における天敵の影響はなかなか評価が困難であり、巣群における活動蜂の減少から推定するとしてもハチの分散と鳥類による捕食を区別できないなど問題点が多い。しかし、この時期の死亡は増殖率に大きく影響するから早急に解明を要する課題と思われる。

ほかの管孔物営巣性蜂類との巣の奪い合いはミカドドロバチをはじめとしてドロバチ類との間で認められるものの、その密度が低い間はほとんど無視してもよい。しかし、ドロバチの密度が高くなればやはり問題となるから他の目的がない限りドロバチの増殖は抑えるべきである。最近ドロバチを利用してハマキを防除するという試みをしている栽培者がいるが(1969年11月28日付東奥日報27934号)、そのような目的のある場合でもマメコバチとドロバチは営巣期が完全にずれているから、少なくともドロバチの活動期に当る7月にはマメコバチの巣群を何らかの方法で隔離した方がよい。マメコバチとミカドドロバチの関係については前田・北村(1965)が詳述

している。

4. 筒内死亡要因と死亡率

(1) 調査方法

各地において飼育されている個体群について、その全体または巣群の中から任意にとった巣を実験室内で分解

し、筒内での死亡要因と死亡率を調査した。調査は1965年から1969年までの間に、それぞれ前年の春期に営巣したものを分解して行なった。

(2) 結果

各個体群の死亡要因とその死亡率は第35表のとおりである。りんご試験場の個体群は1962年藤崎町竹嶋園から

Table 35. Factors affecting mortality of *Osmia* in nest and rate of mortalities. (see Fig. 4)

Year	Locality	No. observed		Predators			Parasite		Fungus or unknown				Total	
		Nest	Cell	Ch.	P.j.	A.v.	Br.	M.o.	Egg	Larva	Pre-pupa	Pupa		Adult
1964	Kuroishi city, Fukutami	69	602	9.8	0	0	0	0	0	1.7	0.8	0.2	0.8	13.3
	Goshogawara city	25	182	0.5	0	0	0	0.5	0	2.7	0	1.1	1.6	6.6
	Iwaki-machi, Godai	-	616	1.0	0	0	0	0.2	5.8	2.1	2.9	1.3	0.6	14.0
1965	Kuroishi city, Fukutami	39	259	12.0	0	0	0	0	0.8	0.8	0	0	0.8	14.3
1966	Kuroishi city, Fukutami	34	297	12.1	0	0	0	0	0	0	0	0.3	1.0	13.4
	Aseishi	21	141	0.1	0	0	0	0	-	-	-	-	0	8.6
	Hirosaki city, Jumoku	22	108	37.0	0	0	4.6	9.3	-	-	-	-	0	62.0
	Ikarigaseki-mura, Kogake	31	134	13.4	0	0	0	0	-	-	-	-	0	19.4
	Goshogawara city, Harako	15	71	23.9	0	0	0	1.4	-	-	-	-	0	26.7
	Morita-mura	16	85	21.2	0	0	0	3.5	-	-	-	-	0	30.6
	Onoe-machi, Niiyama A	98	595	0.7	1.0	0	0	0.3	0.2	16.0	2.2	0	1.5	21.9
1967	Niiyama B	85	612	0.3	3.3	0	0	0.2	2.6	3.9	0.5	0.2	1.3	12.3
	Saruka	57	445	0.4	1.6	0	0	0.4	0	2.0	0	0	0	4.4
	Yawatazaki	61	405	0.2	2.4	0	0	0.2	0	8.1	1.5	0	0.5	12.9
	Kuroishi city, Fukutami	143	1186	16.2	0	0.2	0	0.1	2.2	0.7	1.0	0.3	0.1	20.8
1968	Fujisaki-machi (Murakami)	45	326	5.8	0	1.2	0	0	3.1	0	0	0	0	10.1
	(Ogasawara)	16	149	53.7	0	0	0	0	4.1	0	2.7	0	1.3	61.8
	(Hyodo)	60	563	3.2	0	0	0	0	17.9	0	1.8	0	0.2	23.1
	(Osanai)	16	199	60.8	1.0	0.5	0	0	5.5	0	1.0	0	0.5	68.8
	(Kosugi)	19	201	1.0	0	0	0	0	31.8	0	0	0	0.5	33.3
	Kashiwa-mura	12	56	48.2	0	0	0	0	5.4	0	1.8	0	1.8	57.2
	Onoe-machi, Niiyama	53	440	0.3	1.9	0	0	0.5	3.6	4.8	6.7	0.5	0	18.3
	Saruka	49	391	0.3	0.5	0	0	0	1.0	5.6	1.0	1.3	0	9.7
	Yawatazaki	12	81	1.2	0	0	0	1.2	7.4	12.3	0	0	0	22.1
	Inakadate-mura, Tareyanagi	35	227	0	0	0.4	0	0.9	1.8	2.2	0.4	0.4	0	6.5
Hatakenaka	18	139	0.7	0	0	0	0	5.8	0.7	0	0	0	7.2	
1969	Kuroishi-city, Izushita	70	742	0.4	0	0	0	0.3	4.4	1.8	0.3	0.1	0	7.3
	Aseishi	66	1020	1.4	0.8	0	0	0.3	2.7	1.6	2.9	0.2	0	9.9
	Kuroishi city, Fukutami	63	422	2.1	1.4	0.9	0	2.4	16.8	11.1	0.9	0.2	0.2	36.0
1969	Itayanagi-machi, Gokigata	150	1037	12.8	1.7	1.7	0	2.1	0.7	0	0.2	0	1.5	20.7
	Fujisaki-machi													
	(Ogasawara A)	20	100	1.0	0	0.1	0	0.1	0.1	0	0.1	0	0.1	1.5
(Ogasawara B)	18	102	11.7	0	0	0	0	1.0	1.0	0	0	1.0	14.7	

Note : Ch. : *Chaetodactylus* sp.

P. j. : *Ptinus japonicus* REITTER

A. v. : *Anthrrenus verbasci* LINNEAUS

Br. : *Brachymeria* sp.

M. o. : *Monodontomerus osmiae* KAMIJO

導入し、場内の同一場所で飼育してきたもので、1964年まで筒の更新は行なわれなかったが、その後毎年少しずつ古い筒から順に更新している。筒内での死亡要因の主体はコナダニによるものであり、1966年までは毎年10%内外あったが、年々少しずつ増加する傾向が認められ、1968年は16%まで増加した。その他の死亡要因はいずれも5%以下で、全体の死亡率は1968年を除けば13~15%であったが、1968年はコナダニの増加によって20.8%に増大した。

1964年五所川原産のものは同年4月上旬に現地アン筒を設置しておき、これに入ったものについて調査したもので、コナダニの寄生率は非常に少なく、トゲアシコバチの寄生が初めて確認されたほかは特徴的な要因はみられず、全体としての死亡率が6.6%という低い値であった。1964年産岩木町の個体群は、五所川原と同様にして土着のハチを回収したもので、卵および前蛹期の死亡率がやや高かったほかは五所川原のものと大差なく、全死亡率も14.0%であり、ここでもトゲアシコバチの分布が確認された。1966年のりんご試験場以外の5か所の個体群は1965年の4月上旬にアン筒を配置して、1966年夏~秋期に回収した現地に土着の個体群である。このうち弘前市のものは巣材として竹筒を与え、ほかはすべてアン筒を与えた。

弘前産のものはコナダニの寄生率が高く、37%を占め、アシトコバチ、トゲアシコバチの寄生率も他地域に比較して高く、それぞれ4.6、9.3%で、アシトコバチの寄生はほかの地域で寄生がみられなかったほか、トゲアシコバチの寄生率も1%以下の例が多く、高いものでも3.6%に止まっていた。このように弘前産のものは各種の要因による死亡率が高いため全体の死亡率は62%にのぼった。

碓ヶ関産のものはコナダニの寄生率が13.4%でりんご試験場のものと同程度であったが、寄生蜂はまったく認められず、寄生菌または死因不明の死亡率もそれほど高くなかったため全体の死亡率は19.4%であった。

黒石市浅瀬石産のものはコナダニの寄生率が0.1%という非常に低い値であった上、その他の死亡率も8.5%に止まり、全体として10%以下の低い死亡率であった。

五所川原産と森田産はコナダニの寄生率が20%台で、他の地域のものに比較してやや高かったほか、トゲアシコバチの寄生もみられたが、コナダニ以外の要因による死亡率は低く、全体としてそれぞれ26.7、30.6%の死亡率であった。

1967年のものはすべてりんご試験場の個体群から現地に持ち込み、新しいアン筒に営業させたものである。この際ハチはまゆ内で休眠中のものを竹筒に入れて新しいアン筒と一緒に配置したもので、天敵はほとんど除去されている。アンおよびハチの配置は4月中旬に、回収は

6月に行ない、その後りんご試験場個体群と近接した場所においたため、6月中旬以降に活動する天敵による死亡はりんご試験場において受けたものとみなされる。これら4か所のものは一般ほ場における増殖率を知るために行なった試験の一部であり、各ほ場における4月下旬から6月上旬の薬剤散布経過は第37表に示したとおりである。これらの園に共通した死亡要因の特徴はコナダニの寄生率が非常に低いこと、トゲアシコバチおよびヒョウホムシの被害が認められることであり、反対に4園地により異った傾向がみられたのは寄生菌および死因不明の要因による死亡で、とくに幼虫期の死亡が新山Aにおいて高くなっていたのが注目される。

1968年の藤崎町各園のものおよび柏村各園のものは現地で以前から飼育していた個体群の中から任意に巣筒をとってきて分解調査したもので、その他の地域のもは1967年同様りんご試験場個体群を現地で増殖させて回収したもので、配置法、回収時期、回収後の管理も同様である。なお、りんご試験場個体群はアン筒のものを1969年3月下旬までに全部を割って天敵を排除しておいた。藤崎町村上園のものは飼育管理が良好で、毎年少しずつアンの更新も行なっているためコナダニの発生は5.8%に止まっており、ヒョウホムシが1.2%ほどみられたほかは、死亡率が低く、全体で10.1%であった。一方、小笠原園では4~5年来新しいアン筒を与えておらず、管理もあまりよくないためコナダニの寄生率がきわめて高くなっている。ダニ以外の死亡は10%以内で、全体の死亡率61.8%の大部分はダニによるものであった。これとまったく同じような死亡経過がみられたのは長内園、小関園などで、全体の死亡率がそれぞれ68.8、57.2%あり、その大部分はコナダニによるものであった。兵藤園はアンの更新、管理は比較的良いが、巣群をリンゴ樹の切株上にのせておき、地表面と20~30cmしか離れていないほか、雨に対する保護も充分とはいえない状態であったため、ここでの死亡率の大部分は菌類および原因不明の卵期における死亡で17.9%を占め、同じ要因で10%以上の死亡率を示したのは柏村小関園(32.3%)だけであった。兵藤園と小杉園の全死亡率は23.1%と33.3%で、その大半が前記の要因によるものであった。八幡崎、出石田、猿賀、垂柳、畑中および浅瀬石のものは共通してコナダニの寄生率が低く、その他の昆虫類による被害も少なかった。これら6か所のうち、特に死亡原因に差が認められたのは卵および幼虫期における寄生菌および原因不明の要因による死亡で、中でも八幡崎における死亡率が高く注目された。

1969年の黒石市福民個体群はりんご試験場ほ場にリンゴ箱を利用した飼育箱にめす、おす各50匹とアン筒200本を与えて増殖をみたものであり、放飼前に筒からまゆをとり出して、コナダニの寄生を除去したものであるた

め、ダニによる寄生率は低い反面、卵と幼虫期における原因不明の死亡が高かった。このような傾向は1968年の藤崎町兵藤園、小杉園などと類似している。板柳町五幾形のもの以前から飼育されている個体群から任意に150本の巣筒を抜きとって分解調査したもので、筒は4年以上経過したものと新しいものが混在していた。ここではコナダニの寄生率が12.8%と高く、その他の要因による死亡は少なかった。藤崎町小笠原園は前年の調査で53.7%という高いダニの寄生を受けていたが、1968年の調査では古いアソ筒で11.7%の寄生があったものの、新しい筒では1.0%と低下しており注目された。

(3) 考察

死亡要因のうちコナダニによるものは1968年の垂柳を除けばどの個体群においても認められ、これによる死亡率は0から60.8%まであり、合計死亡率との関係は調査の不備があった1966年の5例を除いて計算すると第4図に示したように $r^2=0.750$ 、回帰式は

$$y = 0.894x + 11.542$$

となり、各種の死亡要因の中では最も高い r^2 の値を示した。前田・北村（1965）は藤崎町産の巣筒を分解調

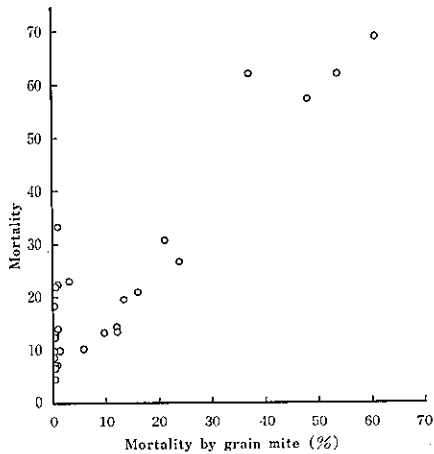


Fig. 4. Mortality of *O. cornifrons* caused by the grain mite, *Chaelodactylus* sp. in relation to the total mortality (derived from Table 35)

査したところ、ダニによる被害が1.8%、菌類によるもの0.3%、死因不明のもの5.6%であり、ダニによるこの程度の寄生は心配ないと述べている。このような例はダニの発生が非常に少ない場合であり、多くの飼育例ではダニの寄生率ももっと高い。

ついで卵および幼虫期における原因不明の死亡率は全体の死亡率との間に $r^2=0.076$ の関係があり、7%のものが説明されるに過ぎない。しかし、ダニによる死亡と

卵および幼虫期における原因不明の死亡率を合わせた場合の r^2 は1.000、その回帰式は

$$y = 1.005x + 2.934$$

となつて死亡率の変化のほとんどはこれで説明される。死因不明のものうち、前蛹、蛹、成虫の場合は主として病気あるいは生理的不調によるものと考えられるが、卵および幼虫（特に若齢幼虫）死のものは成虫によって巣に持ち込まれた農薬の残留毒性によると考えられるものが含まれている。すなわち、次節で詳述するように、1967年尾上町新山Aのものは幼虫の死亡率が異常に高いが、これはこの園における薬剤散布経過から砒酸鉛、BHCまたはパミドチオンの残留毒性と考えられ、1968年の藤崎町兵藤園、柏村小関園、尾上町八幡崎、1969年の黒石市福民なども同じ影響と考えられる。農薬がハチの増殖に与える影響はきわめて大きく、活動中の成虫が直接接触殺虫剤に触れて死亡するのは勿論であるが、このような残留的影響も見逃せないものがある。

これまで調査した個体群の死亡要因と死亡率から生命表を作成してみると大きく3つの型に分けられる。すなわち、第1に合計死亡率が小さく、20%以下に止まるもので、コナダニによる死亡率が15%を越えず、寄生菌または死因不明による死亡率が10%を越えないもので、これは特に異常な死亡がなく、よく管理されている場合に一般的に認められる状態である。第2にコナダニによる死亡率が極めて高いもので、一般にコナダニの寄生率が15%以上におよび、合計死亡率は20%を越えることが多い。これは筒の更新を行なわないなど管理の不十分な場合に多くみられる。第3に卵、幼虫期の寄生菌または不明の原因による死亡率が一般に10%を越える高率のもので、これは残留性の強い農薬を散布した園のものや特殊な飼育法をとっているところに多く、第2と第3の場合はお互いに重なることもありうる。以上三つの場合の代表的な6か所の個体群について、簡単な生命表を作成すると第36表のようになる。すなわち、浅瀬石と出石田は第1の場合、りんご試と藤崎（長内園）は第2の場合、八幡崎と藤崎（兵藤園）は第3の場合にあたり、上に述べたような特徴がさらに明確に示されている。生命表を作った6か所のうち、最も死亡率の高い藤崎町長内園においても最終的に産卵できるめすの個体数は非常に多く、1めすあたり平均10個の産卵数とみても個体群は急激に増加する。しかし、マメコバチは成虫の活動期間が比較的長く、産卵も約1か月という長期間にわたって行なわれるため、成虫期の生命表を明らかにすることが今後重要な課題である。なお、1966年の弘前市樹木産のものはコナダニのほかアシトコバチ、トゲアシコバチの寄生率が他の地域よりも高かったが、これは巣材として古い竹筒を与えたことと関連ありそうである。すなわち、竹筒は数年経過するとキクイムシの1種

Table 36. Life table of *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI)

X	Kuroishi city Fukutami		Kuroishi city Aseishi		Kuroishi city Izushita		Onoe-machi Yawatazaki		Fujisaki-machi (Osana)		Fujisaki-machi (Hyodo)		dxF				
	lx	dx	lx	dx	lx	dx	lx	dx	lx	dx	lx	dx					
Egg	1182	26	1019	27	742	33	4.4	595	1	0.1	199	11	5.5	563	101	17.9	Fungus or unknown
Larva	1156	192	964	14	709	3	0.4	594	4	0.6	188	121	64.3	462	18	3.9	Ch.
Pre-pupa	964	8	978	16	706	13	1.8	590	95	16.1	67	0	0	444	0	0	Fungus or unknown
	956	12	962	29	693	2	0.2	495	13	2.6	67	2	3.0	444	10	2.2	Fungus or unknown
Pupa	943	1	933	3	691	2	0.2	482	2	0.4	65	0	0	434	0	0	M.o.
	940	3	930	2	689	1	0.1	482	0	0	65	0	0	434	0	0	Fungus or unknown
Adult	937	1	928	0	688	0	0	480	9	1.9	65	1	1.5	434	1	0.2	Fungus or unknown
	936	9	928	8	688	0	0	471	6	1.3	64	3	4.6	433	0	0	A.v.
Emergence	927	544	920	482	688	415	60.3	465	234	23.0	61	19	31.1	433	290	66.9	Male
Oviposit	383		438		237			231			41			143			

X : Age interval lx : No. living at beginning of x dx : No. dying during x 100qx : dx as percentage of lx

dxF : Factor responsible for dx

による穿孔が著しくなり、これが寄生蜂類による筒内のマメコバチへの寄生を容易にしたものと考えられるほか、キクイムシにより出される竹くずが筒内の幼虫の発育を妨げることも充分考えられる。藤崎町兵藤園では地表に近く筒を設置しているため、降雨などのとき筒がぬれ易く、寄生菌の繁殖を容易にすると思われるほか、ツチハンミョウなどの幼虫侵入を容易にする恐れがある。伊藤(1959)が紹介しているように産卵数の少ない種類は一般に成虫になるまでの死亡率が低く、特に成虫の労働により卵が保護されるような昆虫では産卵数が少なく、生存率が高いといわれ、キマダラギングチバチ *Ectemnius rubicora* などの例をあげているが、マメコバチの場合もこれに近い生命表をもっているといえる。しかし、ここで取り扱った個体群はいずれも人為が加えられているものであり、自然状態にあるかやぶき屋根などに営巣するものの生命表は明らかでない。ただ、かやぶき屋根を長年更新しないアソ筒の巣群とみなせば、少なくとも生命表で示した1よりは2の型に近いものと推察され、さらにアソ筒が風雨にさらされ、腐蝕があることなどを考慮すれば、全体の死亡率は相当高いものと考えられ、それによってある程度の個体密度の平衡が維持されているものであろう。各地の個体群の生命表から考えて、成虫期の死亡を低く抑えることができれば、巣群の管理に多少配慮を加える程度で、個体群の増殖は相当期待できるはずである。

以上いろいろな観点からみて、マメコバチの増殖と関連して筒内の死亡を低く抑えるためには、コナダニの発生を少なくするように注意することが最も重要だといえる。ついで農薬の散布を調整すること、巣材としてのアソ筒を更新すること、巣の設置にあたって、過湿、降雨などから保護してやるなどの注意を払えば80%以上の羽化率を期待できるものとする。

この調査においてりんご試験場からハチを現地を持ち込んだものについて調査した場合は天敵をあらかじめ除去したが、筒からまゆを取り出す際にコナダニがまゆに附着して持ち込まれた疑いが濃いため、コナダニの場合は現地に棲息していたものだけによるものとは限らない。

5. ほ場における増殖試験

(1) 試験方法

1967年4月中旬に竹筒に入れたマメコバチ60~90匹を、新しいアソ筒100~150本と一緒に一般栽培者園内にある小屋の軒下につるしておき、竹筒からの脱出率と新しいアソ筒への営巣率を調査した。なお、設置にあたっては土着のマメコバチがいないような場所を選び、薬剤散布は普通に行なわれるような園(1園を除いて共同防除)を選んだ。新しく営巣されたアソ筒は1967年6月8

Table 37. Spray source in the orchards where multiplication of *Osmia* were studied in 1967.

Orchard	Time of spraying	Material of dilute spray
Onoe-machi, Saruka	Apr. 27-28	30% dichlone & 20% thiuram WP 67g.
	May 5	30% dichlone & 20% thiuram WP 67g, nicotine sulfate
	June 2-3	125g. 19.5% Karathane WP 100g, 40% vamidothion EC 67g, 46.6% parathion EC 50g.
Onoe-machi, Yawatazaki and Niiyama A	Apr. 30	30% dichlone & 20% thiuram WP 67g, 15% lindane 125g.
	May 6	wettable sulfur 250g, lead arsenate 310g.
	May 18	19.5% Karathane WP 100g, lead arsenate 310g, 40% vamidothion EC 67g.
	June 2	19.5% Karathane WP 100g, 25% Sumithion 125g.
Onoe-machi, Niiyama B		Unknown

日に回収し、翌年3月までりんご試験場野外飼育室に一括しておき、1968年3月下旬に全アシ筒を割って成虫の性別、死亡要因などを調査した。なお、ハチの活動期である4月下旬から6月上旬までの薬剤散布経過は第37表のとおりである。

1968年の場合も1967年と同様な方法で行なったが、ハチの放飼数は田舎館村垂柳と八幡崎でめす、おす各200匹以上と多く、その他はめす50匹、おす50匹とした。設置法は小屋の軒下につるす方法のほか、リンゴ樹の主幹部の地上1mのところりんご箱1個に簡単な屋根をつけた巣箱をとりつける方法を行なった。

1969年はすべての放飼園においてそれぞれの放飼方法ごとに、めす50匹、おす50匹を放飼した。放飼方法は小屋の軒下につるす方法(A)とリンゴ園内にりんご箱1個でつくった巣箱を地上約40cmの高さに設置する方法(B)を行なった。なお、ハチの放飼にあたっては筒から取り出したまゆを、めすとおす別別に竹筒に入れて、放飼めす数の約3倍量のアシ筒と一緒に束ねて配置した。

(2) 結果

1967年の場合、各ほ場における放飼数、新しく作られた虫数室などは第38表に示したとおりである。すなわ

Table 38. Multiplication of released *Osmia* studied at different localities in 1967.

Orchard	No. released		% of emergence from bamboo tube	No. of reed stem supplied for nest	No. of reed stem nest		No. of cell per reed		No. of cells constructed by a female
	Female	male			One side	Both side	Range	Mean	
A (Niiyama A)	40	40	98	138	45	20	1-15	9.2(7.0)	14.9
B (Niiyama B)	30	30	100	124	50	24	1-12	8.7(6.3)	20.4
C (Saruka)	40	50	100	189	45	6	1-15	8.7(7.8)	11.1
D (Yawatazaki)	40	40	100	208	45	8	1-11	7.6(6.6)	10.1

ち、放飼数はB園で30めすのほかは40めすとし、おすはC園でめすより10匹多くしたほかはめすと同数とした。しかし、A園でおすが2匹だけ竹筒内で死亡したため、ここではおす38匹が実際に活動したことになる。1めすあたり産卵数の最も高かったのはB園であり、これは個人防除であった。ついで、A園、C園、D園の順に低くなっており、最低のD園においては約10個の産卵数であった。しかし、この際、果して何匹のハチが定着し、営巣活動に入ったかは確認していないので、この値はあくまでも放飼数に対する平均である。なお、この試験における新しい個体の死亡率と死亡要因はすでに第32表に示

したが、最も高い死亡要因は幼虫期における原因不明の死亡であり、とくにA園とD園で高く、この両園は同じ共同防除内であるため薬剤散布経過が同じであった。両園ともめすの脱出期にリンデン乳剤が使用されているほか、ハチの営巣最盛期にあたる5月6日と5月18日に砒酸鉛が散布され、さらに5月18日には浸透移行性のある有機りん剤のバミドチオンが加用散布されていることが注目された。

一方、1968年の場合は第39表に示したように11か所で試験を行ない、No. 1~9の場所では42~50匹のめすを放したが、いずれの場所でも増加率は悪く、最高の出石

Table 39. Multiplication of released *Osmia* (1968).

Locality	Method of release	No. of adult released		No. of stem nested		No. of cells, completed by a female
		female	male	One side	Both side	
Inakadate-mura (Hatakenaka)	A	50	6	4	0	0.5
	B	48	30	7	1	1.2
Onoe-machi (Yawatazaki)	A	49	16	7	1	1.2
	B	42	50	4	0	0.6
(Saruka)	B	50	50	52	2	7.8
(Kanaya)	A	49	46	30	8	7.8
	B	49	36	25	3	4.3
Kuroishi-city (Izushita)	A	48	31	41	12	10.5
	B	50	50	17	1	2.7
Inakadate-mura (Tareyanagi)	A	229	177	31	2	0.9
Onoe-machi	B	227	247	55	2	1.9

Note, A : Bundles of nest were hung in a horrisontal position under the eaves of the huts in orchards.

B : Bundles of nest were placed at breast hight in orchard and were covered with a small board roof to keepout the rain.

田Aにおいても1めすあたりの産卵数が10個程度で、少ないものでは田舎館Aのように1めすあたり0.5個という状態のものもあり、1めすあたり1個内外のところは4か所、3~7個のところは4か所、10個以上のもの1か所であった。一方、田舎館村垂柳では229匹のめすと

177匹のおすを放したが、産卵数は227個だから1めすあたり0.9個であり、尾上町では227匹のめすを放して440個の産卵しか行なわれなかった。このように産卵数が少ないのは営巣された筒数が少ないことからもうかがわれるように、営巣活動したハチの個体数が少なかった

Table 40. Multiplication of released *Osmia* (1969).

Locality	Method of release	No. of stem nested		No. of cells, completed	No. of cells constructed by a female
		One side	Both side		
Inakadate-mura, Toyomaki	A	49	12	466	9.3
	A	38	2	220	4.4
	B	22	3	139	2.8
Namioka-machi, Gosanmai	A	28	0	91	1.8
	B	17	0	67	1.3
	A	14	1	42	0.8
Kitanakano	B	10	0	25	0.5
	A	13	0	83	1.7
	B	12	0	81	1.6
Kuroishi city	A	13	0	83	1.7
	B	12	0	81	1.6
Mishima	A	26	2	149	3.0
	B	33	3	351	7.0
Aseishi	A	16	1	67	1.3
	B	10	0	48	0.9
Izushita (A)	A	45	10	568	11.7
	B	26	3	298	6.0
Izushita (B)	B	38	2	220	4.4
	Fukutami	B	62	1	442
Onoe-machi, Yawatazaki	A	23	7	311	6.2
	B	40	6	354	7.1
Kanaya	A	36	7	449	9.0
	B	21	0	200	4.0
	A	20	1	114	2.3
Nanawa-mura	B	10	1	58	1.2
	A	12	0	61	1.2
Hiraka-machi, Hirofuno	A	12	0	61	1.2
	B	10	0	39	0.8

Note : Method of release is the same noted at Table 39.

めである。1968年の場合の各園における薬剤散布経過は省略するが、いずれの共防においても4月下旬から5月上旬に殺虫剤としてNAC, DDT, スミチオン, BHCのいずれかまたは2種以上の散布がなされているが、特に新山および畑中のように4月18日および4月27日にリンデン乳剤を、5月5日にスミチオン, 硫酸鉛およびカラセンを、5月11日に硫酸鉛とニッソールを散布しているというような例もあった。また、放飼方法別では園地により異なっており、Aの方法がBよりも増殖率がよい傾向が認められた。この試験内ではスピードスプレーヤーによる散布と手散布による場合の増殖率の差は明らかでなかった。

1969年の成績は第40表に示したとおりで、放飼しためす1匹あたりに換算した産卵数は北中野Bの0.5から出石田Aの11.7までの幅があり、放飼方法の差ではA, すなわち小屋の軒下に下げる方法が巣箱を利用した場合よりどの場所でも増殖率が高い傾向が見られた。1969年の場合、黒石市福民と八幡崎のもので農薬残留によると思われる卵、幼虫期の死亡が高い例が認められたほかは出石田と田舎館のものでヒョウホムシによる被害が10%をこえ、トゲアシコバチの寄生率が例年になく高かったことが注目された。しかし、6月以降はりんご試験場野外飼育室に保管されていたため、ヒョウホムシ、トゲアシコバチなどの被害は現地におけるものではない。

筒内の死亡率を考慮して羽化までに至った成虫の放飼数に対する比は1以下のものが25例中12例もあり、約半数の場所で増殖率が低下したことになる。増殖率の高かったものは5.4倍であり、放飼方法はAであった。同様にして放飼しためす数の羽化しためす数に対する比はめすの増殖率を表わすものだが、この値は0.08から6.2の範囲にあり、この最低と最高を示した各場所はめす、おす合わせた場合の増殖率でもかわらなかった。この値は性比によっても変わるものであるが、性比は田舎館村豊蔭で24.7%と特に低かったほかは全般にめすが多かった。

(3) 考察

一般散布を行なっているリンゴ園にマメコバチを配置してその増殖率を検討することは現在行なっている散布体系下で、そのままハチの利用が可能かどうかを推定するために重要である。一般ほ場へ持ち込まれたハチの増殖に与える影響は、

- (i) 越冬まゆからの脱出率
- (ii) 脱出しためすの定着率
- (iii) めすの寿命と産卵数
- (iv) 巣筒内死亡率

などにより大きく左右される。

越冬まゆからの脱出率は巣筒から取り出したまゆを放飼するまでの技術によって若干異なるが、多くの場合脱出率は高く、特に本試験では結果の分析にあたって、

Rate of mortalities										Total	Rate of increase	Rate of Female	Ratio of female increase
Predators		Parasite		Fungus or unknown				Adult					
Ch.	P. j.	A. v.	M. o.	Egg	Larva	Pre-pupa	Pupa		Adult				
4.8	0	1.2	1.2	3.1	0.4	0.8	0.3	0.2	11.3	4.13	24.7	3.53	
2.3	1.4	2.7	2.7	0.5	0.9	0	0	0.9	21.9	1.28	70.3	1.80	
0.7	0.7	3.6	3.6	1.4	0	0	0	0.7	7.8	1.70	68.2	2.32	
0	0.1	0.5	0.5	0	0.5	0.1	0	0	1.3	0.78	64.1	1.00	
0.3	0	0.3	0.3	0.1	2.4	0.1	0	0	3.2	0.45	64.4	0.58	
0.2	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0.4	0.25	72.0	0.36	
0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0	0	0.6	0.10	40.0	0.08	
0	0	0.1	0.1	0.4	1.4	0	0.1	0	2.4	0.62	35.5	0.44	
0	0	0.1	0.1	0	0.9	0.1	0	0	1.1	0.72	61.1	0.88	
8.1	2.1	4.0	4.0	0	6.7	0	0	0	21.5	1.17	65.8	1.54	
0.9	2.3	0.3	0.3	0	4.0	0.6	0	0.3	9.5	3.18	66.4	4.22	
0	0.1	0.6	0.6	1.0	1.0	0	0	0	2.8	0.47	55.3	0.52	
0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0.2	0.37	54.1	0.40	
1.2	0.5	2.0	2.0	0	2.6	0.7	0	0.2	7.2	5.44	56.8	6.18	
1.7	0.7	2.3	2.3	0	3.0	0.3	0	0	9.3	2.70	61.1	3.30	
2.3	1.4	2.7	2.7	0.5	0.9	0	0	0.9	21.9	3.25	50.8	3.30	
2.1	0.9	2.4	2.4	16.8	11.1	0.9	0.2	0.2	36.0	2.69	61.0	3.28	
0.3	0.3	1.3	1.3	2.6	5.4	1.0	0	1.3	14.5	2.67	43.1	2.30	
1.4	0	1.7	1.7	1.1	10.5	0.6	0.3	0.3	19.3	2.89	49.0	2.80	
0.7	0	1.6	1.6	1.6	2.4	0.7	0.2	0.2	9.2	4.08	59.6	4.89	
1.5	1.0	2.5	2.5	0.5	5.0	1.0	0	0	12.5	1.75	77.1	2.70	
0.9	1.8	1.8	1.8	4.4	6.1	0.9	0	0	18.5	0.93	49.5	0.92	
0.3	0	0.2	0.2	0.8	1.1	0.2	0	0	3.5	0.40	57.5	0.46	
0.5	0	0.2	0.2	0.8	1.1	0.2	0	0	3.5	0.40	57.5	0.46	
0.1	0	0	0	0.1	0.1	0.1	0	0	0.4	0.22	54.5	0.24	

脱出したハチ数だけを考慮したので問題はない。次に定着率は巣の配置法、薬剤散布、巣筒数とハチ数との関係などにより変化するものと考えられるが、本試験では巣筒を充分与えてあるので、放飼方法と薬剤散布が影響しているものと考えられる。1968年および1969年に行なったA、B両放飼法では全般にリンゴ園内に小型の巣箱を配置したものより園内の小屋の軒下に配置したアソ筒において増殖率が高いが、これはハチの定着率の良否が最も大きく影響しているものとみなされる。すなわち、A、Bで特に差の大きいのは筒内の死亡率でなく、営巣された巣筒数であることから推定される。また、定着率に与える薬剤散布の影響としてはアソ筒そのものに薬剤が附着し、ハチがそれを避ける場合と脱出後から営巣開始期までの間に散布薬剤に接触して死亡する場合が考えられる。しかし、薬剤によるものか分散によるものかの区別は困難であり、また、本試験では定着率そのものの調査を行っていないので定着率の良否は営巣された筒数の多少から推察した。ついで営巣に入ったハチの寿命は正常の状態であれば20日位はあり、この間に産卵を継続する。農薬散布により直接虫体に薬剤が触れたり、葉などに残留している薬剤に後で接触して死亡する例は殺虫剤が散布された場合特に多い。この際リンゴの葉に散布された薬剤に散布後約40分からめす成虫を継続的に接触した場合すべての個体が死亡する薬剤としてはパラチオン、スミチオン、ダイアジノンなどがあり、γ-BHCも非常に多くの個体が死亡し、NAC、DDT、PMP、バミドチオン、クロルフェナジソンなども若干死亡するが、多くの実用されている殺菌剤、他の殺ダニ剤、硫酸鉛などはあまり影響ない(山田ら 未発表)。定着率に関連して述べたように営巣筒数が極端に少ないものは脱出後まもなく薬剤の影響を受けたとみなされる

もので、営巣活動中に影響をうけたものは営巣数に比較して産卵数が少ないといった傾向が表われるはずである。なお、営巣期に鳥類などの捕食をうけた場合も同じ傾向が出るはずであるが、本試験でハチを配置したリンゴ園が平地の集団栽培地の中にあり、一般に鳥の少ないところであるため、その影響はそれほど重要でないものとする。最後に筒内の死亡は多くの要因により左右されることは前述したが、本試験においては放飼時にあらかじめ天敵を除去したと現地でのマメコバチの棲息がほとんどなく、マメコバチ固有の天敵は少ないとみなされるから、前期以前での死亡は主として放飼された園の環境に支配されたものとみなすことができる。特に卵および幼虫期の死亡は農薬の残留によって相当影響をうけているものと考えられ、これは1968年の現地における散布経過との照合からも推定される。この際残留性の高いものとしては成虫に対してそれほど接触毒性の高くなかった硫酸鉛、DDT、NAC、バミドチオンなどがあげられるが、実際にどのような経過で虫室内に持ち込まれ、卵、幼虫などに対してどの程度の影響を与えているかは検討を要する課題である。

一般に場におけるマメコバチの増殖は以上にあげたような要因により抑制されているが、個々の園により大きな差があることは放飼方法の差を考慮しなければ、主として散布薬剤の種類と散布時期によって大きく影響されているものと考えられる。全般的にみて、一般散布園における増殖率は非常に悪く、現行の散布体系下でマメコバチを導入することは壊滅的な打撃をうける危険性がある。したがって、マメコバチの普及を推進するためには放飼を前提とした場合の散布体系を確立しておく必要がある。

Ⅶ リンゴ授粉への利用

マメコバチをリンゴの授粉に利用する場合の具体的な方法に関しては青森県りんご課(1968)、竹嶋(1958、1960、1965、1969)、前田・北村(1966)、北村(1968、1969)、山田(1969)、津川(1969)などの実用記事がみられるが、これらは必ずしも根拠となる詳しい成績が明らかにされておらず、それぞれの著者による矛盾した部分に対する論議が充分にできないきらいがある。そこで、本報では以上述べた生態に関する調査結果とあわせて、利用法に関して著者らが取り上げている方法とその根拠について報告する。

1. 利用園の実態調査

(1) 調査方法

マメコバチをリンゴの授粉のために利用している園地

を探索し、個々の園についてマメコバチの飼育数、放飼方法、リンゴ園の地形、品種構成、栽植状態などについて調査し、1部の園については結実調査を行ない、また、そのうちの数か所については巣群から調査樹までの距離も測定した。結実調査は国光とデリシャス系品種を中心とし、1部紅玉についても行ない、1樹から南北別に頂芽の花そうを任意に50個とり、花そうあたり開花数と着果数(結実果実数)を6月上旬頃調査した。調査は1967年から1969年の間に次の場所で行なった。

- | | | |
|---|-----|--------|
| A | 藤崎町 | 竹嶋儀助園 |
| B | " | 村上美樹衛園 |
| C | " | 小笠原勉園 |
| D | " | 長内清一園 |
| E | " | 兵藤清園 |

Table 41. Rate of fruit setting studied at private orchard Takeshima's in Fujisaki in 1966.

Position of cluster		Jonathan				Ralls			
		Within 30m from a domicile		Beyond 50m from a domicile		Within 30m from a domicile		Beyond 50m from a domicile	
		Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean
Terminal	Rate of setting to cluster	68-100	88.4	84-98	86.4	34-94	57.2	24-36	32.4
	No. of individual flower	176-238	192	187-232	211	243-277	264	255-271	261
	Rate of setting to flower	27.1-55.1	35.6	25.8-43.0	31.6	8.7-54.0	23.5	5.7-13.9	9.6
Lateral	Rate of setting to cluster	80-90	85.2	76-94	91.6	40-82	58.8	18-48	30.8
	No. of individual flower	160-232	200	162-246	211	250-270	261	255-269	266
	Rate of setting to flower	27.3-42.2	36.3	24.0-40.5	32.2	10.2-32.3	18.6	5.2-16.1	9.0
Total	Rate of setting to cluster	74-95	86.8	84-96	88.8	42-88	58.0	21-41	31.6
	No. of individual flower	380-415	371	395-463	435	493-547	525	511-536	527
	Rate of setting to flower	30.8-42.4	35.9	31.9-39.6	35.0	11.5-47.1	21.0	5.5-12.9	9.3

- F 藤崎町 一戸伝四郎園
- G 板柳町 花田惣右衛門園
- H " 佐々木栄吉郎園
- I " 佐藤園
- J 藤崎町 小杉兼四郎園
- K 鶴田町 松山栄一園
- L 柏村 福井昭逸園
- M " 小関清次園

(2) 結果

(i) 竹嶋園の場合

本園はすでに前田・北村（1964）によって紹介されているように約0.9 haの南北に長いおよそ長方形のリンゴ園で沖積地帯リンゴ集団地の中にあり、約500m離れて岩木川が流れているほかは少なくとも周囲1kmではリンゴ

園が続いていた。ここでは1967年まで人工授粉をほとんど行っていなかったが、1968年にはマメコバチの巣群から離れた樹に軽く実施し、1969年には印度、デリシヤス系品種など高級品種についてのみ行なわれた。調査地の栽植状況は第5図に示したようになりによく混植されており、授粉には良好と思われた。一方、本園におけるマメコバチは前記前田・北村（1964）によると1956年頃から飼育しており、園の北端にある小屋の軒下に底を抜いたリンゴ箱を利用して約6箱分のアシ筒を与えていた（図版1-G,H）。開花前の薬剤散布は以前NAC剤によるハチへの被害を経験したことがあるので、硫酸鉛以外の毒剤を使用しないようにしていた。

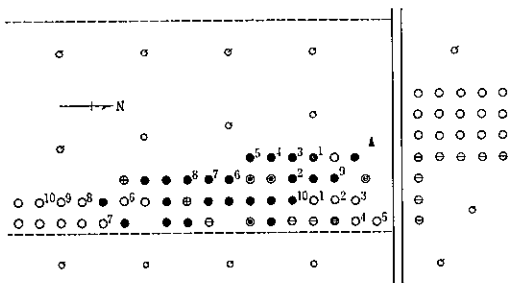


Fig. 5. Diagrammatic view of an orchard Takeshima's.

- ▲, Nesting site of *O. cornifrons*; ○, Ralls;
- , Delicio'us; ⊖, Jonathan; ⊕, Indo;
- ⊙, McIntosh; ⊗, Golden Delicious;
- ⊛, American summer Pearmain;
- , Young tree.

Figures indicate the studied trees.

The explanatory note in this figure is well applicable in the following figures.

Table 42. Rate of fruit setting on the individual tree at varying distances from a domicile, studied on a private orchard adjacent to Takeshima's where domicile is present.

Distance from nest (m)	Position of Cluster	Cluster		Individual flower	
		No.	Rate of setting	No.	Rate of setting
5	Terminal	50	86	257	59.5
	Lateral	50	98	251	45.0
	Total	100	92	508	52.4
10	Terminal	50	86	257	40.1
	Lateral	50	70	268	30.6
	Total	100	78	575	32.2
16	Terminal	50	84	256	54.2
	Lateral	50	76	254	31.1
	Total	100	80	510	52.5
22	Terminal	50	78	245	41.6
	Lateral	50	72	235	31.5
	Total	100	75	480	36.7
28	Terminal	50	54	227	20.7
	Lateral	50	58	238	23.1
	Total	100	56	460	22.0

結実調査は1966年～1968年に行ない、1966年の場合は第41表に示したように巣群から30 m以内にあるものと50 m以上離れた場所にある国光、紅玉各5樹について頂芽と腋芽の結実率を調査した。この年は全県的に紅玉の結実が良好であったが、国光の結実が反対に悪く、調査の結果も紅玉では50 m以上離れた場所のものと30 m以内のもので頂芽の結実率が後者で約4%高かったに過ぎず、50 m以上離れた場所でも31.6%の結実率を示して良好であった。しかし、第38表に示したように国光の場合は30 m以内で頂芽の結実率23.5%に対して50 m以上離れた場所のもので9.6%と著しい差がみられた。また、巣群の北側に隣接した園について巣からの距離別に国光の結実率をみた結果は第42表のとおりで、28 mの距離で20.7%

に低下した以外は40%以上の結実率を示し、特に巣群から5 mの樹では約60%の高い値を示した。

1967年の結実調査はデリシャス系品種と国光について行ない、その結果は第43表のとおりであった。すなわち、デリシャス系品種、国光ともに結実率が全般に高く、特に国光では1966年の平均が30 m以内で23.5%、50 m以上で9.6%であったのに比較して、1967年の場合はどの樹でも45%以上の結実率であった。デリシャス系品種では巣群からの距離と結実率の間に明瞭な関係がみられないが、国光では巣群に近いNo.1～5の樹と巣群から50 m以上離れたNo.6～10の結実率の平均値を比較すると前者で57.9%、後者で50.9%を示し、約7%の差が認められた。

Table 43. Rate of fruit setting studied at private orchard Takeshima's in Fujisaki in 1967.

Tree	Ralls				Delicious					
	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	
1	5.9	3.9	96	64.9	9.5	4.5	2.5	98	55.1	
2	5.9	3.3	100	55.3	20.0	4.5	2.6	95	57.7	
3	5.8	3.6	100	61.1	16.0	4.7	2.6	96	56.2	
4	5.8	3.5	97	51.5	23.0	4.4	2.0	97	44.3	
5	6.0	3.4	99	56.5	30.0	4.7	2.5	97	53.5	
6	6.0	3.4	100	56.2	39.5	4.7	2.0	92	43.0	
7	5.8	3.2	97	53.3	46.5	4.7	2.0	97	42.6	
8	6.1	3.3	97	53.5	53.0	4.6	2.3	95	47.0	
9	5.9	2.7	96	46.3	12.0	4.7	2.4	97	50.4	
10	6.0	2.7	98	45.3	23.5	4.7	2.1	97	45.9	
Mean	5.9	3.0	98.0	54.4		4.6	2.3	96.1	49.6	

(ii) 村上園の場合

この園は弘前市三世寺にある約1 haのリンゴ園で、国光4割、ゴールデンデリシャス3割、スターキングデリシャス2割、その他1割の品種構成で、第6図のようによく混植されているが、樹の配列は不整一で複雑であった。樹齢は紅玉、国光で50～60年生、その他の品種は10～20年生のものが多く、全体的に樹齢も不揃いであった。

マメコバチは1957年頃から飼育し始め、最初柏村故福井正夫園の巣群にアシ筒を1年だけあずけ、それに営巣したものをたねバチとして増殖した。1968年の調査時は園地の中央に約40 m離して2か所に分けて巣群を配置し、東側のものは小屋の軒下に底を抜いたリンゴ箱5個分のアシ筒を設置しており、西側のものはブドウ棚を利用して屋根をかけ、その下にリンゴ箱4個分のアシ筒を設置していた(図版2—C)。西側の巣には1968年の秋期に調査したところ完全巣で約6000本あり、1巣群の規模

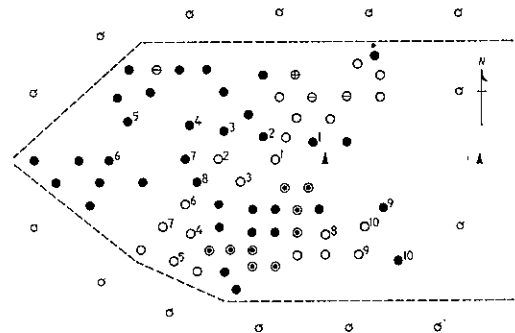


Fig. 6. Diagrammatic view an orchard Murakami's.

としては十分なものとみられた。人工授粉は巣から離れた部分だけ行ない、巣の近くはハチだけで授粉をまかっていた。園主の語るところによると増殖状況は良好

で、条件の良い年は約3倍に増えるという。また、新しいアン筒を毎年全体の3分の1～4分の1位ずつ与え、古いものと更新していた。この園では増殖上最も障害になっているのはコナダニで、ついで小鳥類による捕食だという。しかし、1968年11月に第2年目のアン筒45本を

とって分解調査した結果では第33表に示したように、コナダニの被害はそれほど顕著でなかった。薬剤散布は開花前にDDT、パラチオン、バミドチオン、NACなどは使用しないが、砒酸鉛は開花直前にも散布することがあった。

Table 44. Rate of fruit set at private orchard Murakami's in Fujisaki in 1968 (cf. Fig. 7).

Tree	Ralls					Delicious				
	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	11.0	5.6	3.0	94	53.0	4.5	3.8	1.7	84	44.7
2	23.8	5.5	2.6	84	45.9	14.5	4.2	1.5	88	36.3
3	20.0	5.6	2.8	93	50.1	23.5	4.0	0.9	64	22.4
4	34.5	5.4	2.1	87	38.9	31.8	4.1	1.7	88	39.8
5	41.0	5.5	2.5	90	44.5	45.0	4.1	1.3	98	31.8
6	33.0	5.5	2.7	90	48.5	48.5	4.1	1.1	75	26.0
7	40.0	5.5	2.2	84	39.3	32.0	4.3	1.6	83	36.9
8	17.5	5.7	2.5	91	43.2	30.0	4.2	1.8	84	43.3
9	22.5	5.7	2.4	96	41.9	17.0	4.3	2.3	89	53.8
10	17.5	5.6	2.5	91	43.9	28.0	4.1	1.6	89	37.8
Mean		5.6	2.5	90.0	45.0		4.1	1.6	84.2	37.3

Table 45. Rate of fruit set at private orchard Murakami's in Fujisaki in 1969. (cf. Fig. 8)

Tree	Ralls					Delicious				
	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	11.0	5.6	3.8	95	68.3	—	—	—	—	—
2	23.8	5.2	3.6	98	70.1	14.5	4.7	3.4	100	72.6
3	20.0	5.3	2.5	90	47.3	23.5	4.7	2.5	97	52.1
4	34.5	5.5	2.3	89	41.8	31.8	4.7	2.5	97	52.5
5	41.0	5.1	1.0	65	19.3	45.0	4.9	2.5	94	52.1
6	33.0	5.5	2.2	98	40.5	48.5	4.8	2.4	97	50.3
7	40.0	5.2	1.0	50	19.6	32.0	4.8	2.9	100	58.4
8	17.5	5.6	3.5	97	62.1	30.0	4.8	2.9	100	54.3
9	22.5	5.7	3.2	90	55.9	17.0	4.8	3.1	97	65.4
10	17.5	5.4	2.8	82	52.6	28.0	4.7	2.5	100	52.5
11	5.0	5.2	3.7	98	70.4	4.5	4.6	2.8	100	61.4
12	6.0	5.3	2.6	88	48.8	6.7	4.8	3.4	100	71.2
13	7.6	4.6	2.3	85	54.2					
14	12.5	4.3	2.6	86	66.4					
15	19.6	5.2	3.0	95	56.7					
16	24.5	5.4	3.0	92	55.7					
17	13.0	5.4	3.3	93	59.9					
Mean		5.3	2.7	87.1	52.3		4.8	2.8	98.4	60.3

本園における結実調査は1968年および1969年に行ない、その結果は第44および45表のとおりであった。すなわち、1968年の場合第7図でも明らかなように巣群からの距離と結実率の間には国光で $r = -0.506$ 、デリシヤ

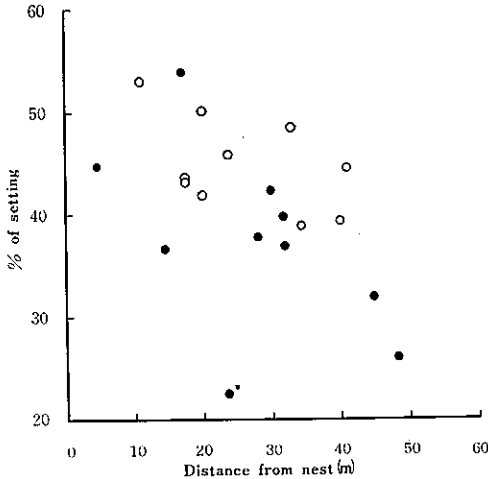


Fig. 7. Relation between the fruit setting and distance from nest studied in Murakami's in 1968 (derived from Table 44).
○; Ralls ($r = -0.506$)
●; Delicious ($r = -0.513$, if a plot with an asterisk is omitted, $r = -0.719^*$)

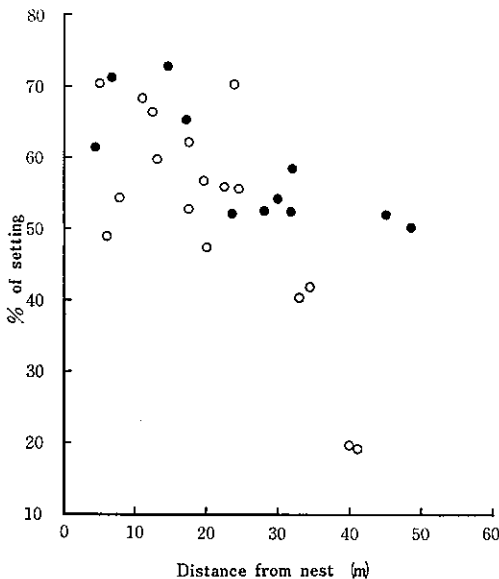


Fig. 8. Relation between the fruit setting and distance from nest studied in Murakami's in 1969 (derived from Table 45).
○; Ralls ($r = -0.775^{**}$)
●; Delicious ($r = -0.405$)

ス系品種で $r = -0.513$ の相関係数がみられたが、これらは有意な値でなかった。しかし、デリシヤス系品種のNo.3は樹齢がやや少なくて、他のものに比較して樹勢がやや異なる傾向がみられたので、これを除外して相関係数を算出すると $r = -0.719^*$ となった。1969年の場合は国光17本、デリシヤス系品種11本について調査したが、1968年に比較して全体的に結実率は高くなっており、とくにデリシヤス系品種は50%以上の結実率であった。巣群からの距離と結実率の関係は第8図に示したように全般的に巣群に近いものほど結実率が高い傾向が認められ、国光で $r = -0.775^{**}$ 、デリシヤス系品種で $r = -0.405$ であった。本園では一般に樹齢が不揃いで樹勢の変異が大きいため、樹による結実率の差が大きいようであった。

(iii) 小笠原園の場合

藤崎町と国鉄川部駅の間にある県道に接した約80aのリンゴ園で、第9図のように国光とデリシヤス系品種を主体にして紅玉、印度、ゴールデンデリシヤスなどが混

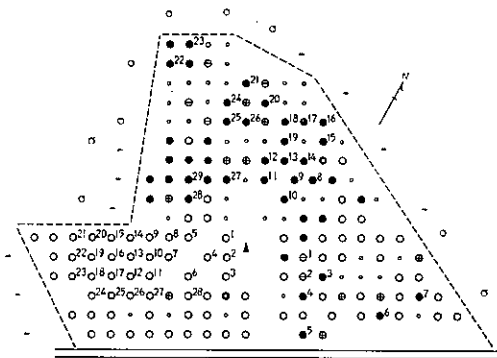


Fig. 9. Diagrammatic view of an orchard Ogasawara's.

植されていた。樹齢は国光で50~60年生、デリシヤス系品種も高接更新したものは同程度、改植更新したものは5~10年生のものが多く、ほかに未結実の苗木が多数植えられていた。マメコバチは1961年頃から飼い始め、最初のはちは藤崎町長内誠一氏から分譲を受けたものである。

園の中央にある小屋の軒下にアツ筒を400~500本位ずつ束ねたもの約10個、同じくリンゴ箱入りのもの4個、計8000本位をつるし、さらにこの巣群から北西に約20m離れたデリシヤス系品種 (No.12) の樹幹にリンゴ箱1.5個分のアツ筒が配置されており、後者は古い筒を配置してあるのと風雨に対する防御が不完全なためハチ数は充分でなかった。また、小屋に置いたものも1968年と1970

年の場合は十分な数が活動していたが、1969年はハマキ防除のために5月上旬PAP剤を散布したところ、ハチの個体数は激減し、授粉に十分な数とはいえなかった。

この園ではマメコバチによる授粉効果は人工授粉の補助的なもの程度に考えており、人工授粉はほとんどの品種に実施していた。ここでも増殖にあたってはコナダニが最も大きな問題であり、特に1968年のものへの寄生率は第35表に示したようにきわめて高いものであった。このため毎年3分の1位ずつアジ筒の更新を行なっているものの年々ダニの増加する傾向がみられるという。また、本園はスピードスプレーヤーによる共同防除組合に加入しているため、薬剤散布の調整には非常に苦慮しているが、幸い本園と同じ防除班にはマメコバチの飼育者

が多いので、班全体として開花前のNAC剤、有機りん剤などは除いて、殺菌剤と殺ダニ剤だけの散布を行なうように話し合いがなされていた。1969年のPAP剤の散布はハマキの発生が特に多かったのも、ハチに害が少ないという見通しから散布したといわれる。ここでも硫酸鉛はマメコバチにあまり影響ないと考えているが、現在はほかの理由でこの時期には使用していない。開花前のハマキの被害は極端なものでない限り摘果時に充分補えるため開花前の殺虫剤はまったく使用しなくてもやってゆけるといふ。

1968年の結実調査の結果は第46表のとおりで全般的に結実は良好であったが、巣群に近いものほど高い値を示していた。特に樹齡の比較的揃っている国光ではその傾

Table 46. Rate of fruit set at private orchard Ogasawara's in Fujisaki in 1968. (cf. Fig. 10)

Tree	Distance from nest (m)	Ralls				Delicious				
		No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	
1	4.7	5.8	3.6	100	64.3	4.7	2.4	100	47.9	
2	5.0	5.8	3.6	100	61.3	5.3	4.5	100	76.5	
3	6.9	5.9	4.0	100	66.5	4.5	3.4	99	75.1	
4	11.5	6.0	4.2	100	69.6	4.5	3.6	100	66.1	
5	17.8	6.0	3.4	100	56.6	4.1	3.5	100	72.1	
6	18.5	5.8	3.1	98	53.8	4.4	3.0	99	69.3	
7	24.5	5.9	2.2	98	54.1	4.5	3.2	100	68.9	
8	24.3	5.8	3.5	100	61.4	4.5	2.0	85	45.4	
9	30.8	6.0	3.4	100	56.5	4.3	1.7	90	68.3	
10	31.0	6.0	2.9	100	48.2	4.5	2.5	70	45.0	
11	31.2	6.0	3.2	100	43.0	4.6	2.6	91	55.3	
12	37.6	5.9	2.4	92	39.5	4.2	2.9	95	68.5	
13	37.5	5.9	2.7	97	44.5	4.3	1.1	67	24.5	
14	37.3	6.0	2.8	96	46.9	4.5	1.2	78	27.2	
15	43.8	5.9	2.6	100	42.9	4.5	1.1	67	24.4	
16	44.0	5.9	2.6	86	42.9	4.5	0.7	48	14.1	
17	44.1	6.0	2.3	95	37.9	4.4	0.9	61	20.8	
18	50.5	5.9	2.5	90	41.3	4.5	1.6	71	34.4	
19	50.5	6.0	2.8	94	46.8	4.6	2.0	82	42.0	
20	50.3	5.9	2.4	93	40.3	4.5	2.0	89	43.3	
21	56.8	5.9	2.1	90	35.5	4.6	1.6	71	34.6	
22	57.0	6.0	2.4	87	39.7	4.3	1.8	83	41.6	
23	57.0	6.0	2.8	96	46.1	4.4	2.2	93	50.6	
24	51.5	6.0	2.9	99	48.2	4.5	2.5	94	56.2	
25	45.2	6.0	2.4	95	40.5	4.3	2.1	96	48.3	
26	39.0	5.9	2.3	90	38.5	4.6	2.2	91	48.3	
27	31.9	6.0	3.1	94	43.1	4.5	2.7	99	59.4	
28	21.9	5.9	3.1	97	51.9	4.7	2.9	100	69.0	
29						4.7	2.2	86	46.9	
30	11.3	6.0	3.7	100	62.1					
Mean		5.9	2.8	96.3	49.1	4.5	2.5	85.4	48.9	

向が明らかに認められており、巣群から30m離れた第6本めまで50%以上の高い結実率を示し、それ以上離れたものでは45%以下のものが多かった。この関係は第10図に示したように40mあたりまでは巣からの距離によって直線的に結実率が低下し、40m以上のところで横ばい状態となる。そこで45m以下のものについての相関係数を算出すると -0.909^{**} となり、同じ条件の回帰直線は

$y = -0.740x + 71.35$ で表わされる。ただし、 x はマメコバチ巣群からの距離、 y は結実率である。一方、40m以上離れた樹の平均結実率は $y = 42.1$ となるから、これと $y = -0.740x + 71.35$ の交点を計算すると $x = 39.5m$ となる。したがって、この園では1968年の場合は約40mまでマメコバチによる授粉効果が及んだとみなされる。本園における1969年の結実率はすでに述べたように、ハ

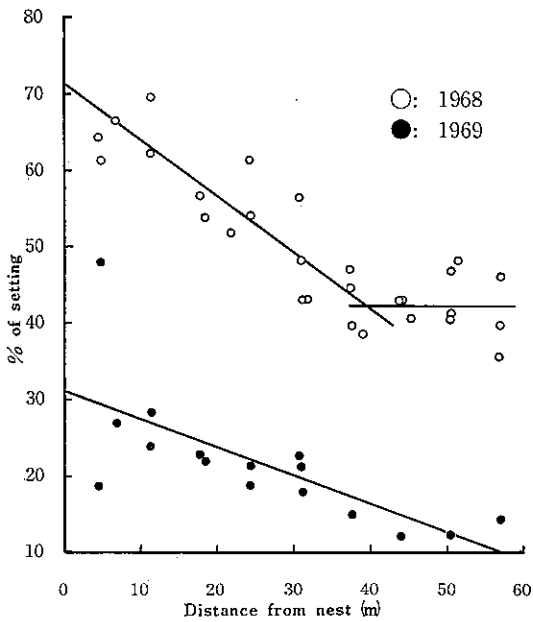


Fig. 10. Relation between the fruit setting and distance from nest studied in Ogasawara's in Ralls (derived from Table 46, 47).

Table 47. Rate of fruit set at private orchard Ogasawara's in Fujisaki in 1969. (Variety: Ralls) (cf. Fig. 10).

Tree	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	4.7	5.3	1.0	67	18.6
2	5.0	5.5	1.5	80	47.9
3	6.9	4.9	1.3	71	26.9
4	11.5	5.0	1.3	72	28.3
5	17.8	4.8	1.1	70	22.9
6	18.5	4.5	1.0	62	21.9
7	24.5	5.0	1.1	65	21.3
8	24.3	4.7	0.9	62	18.7
9	30.8	4.9	1.1	72	22.7
10	31.0	4.9	1.0	68	21.2
11	31.2	4.7	0.9	67	18.0
12	37.6	4.7	0.7	56	15.1
17	44.1	4.4	0.5	43	12.1
18	50.5	5.1	0.6	50	12.3
23	57.0	5.0	0.7	42	14.4
30	11.3	5.1	1.2	66	23.8
Mean		4.9	1.0	63.3	21.6

Table 48. Rate of fruit set at private orchard Ogasawara's in Fujisaki in 1969. (Variety: Delicious)

Tree	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
3	3.8	2.4	97	61.2
4	4.4	2.2	88	48.6
5	4.1	1.5	78	36.2
6	4.4	1.8	83	41.7
7	4.4	1.8	85	40.1
8	4.6	1.5	83	33.0
9	4.4	1.4	87	31.5
10	4.6	1.4	82	30.2
11	4.4	1.4	76	30.9
12	5.4	1.4	87	29.8
13	4.6	0.6	71	13.1
14	4.5	1.3	77	29.3
15	4.5	0.9	64	19.1
16	4.4	0.8	68	14.1
17	4.7	0.9	67	19.6
18	4.8	1.3	85	26.5
19	4.6	0.9	68	19.4
20	4.8	1.4	86	30.1
21	4.8	1.3	85	28.0
22	4.7	1.2	78	24.5
23	4.7	1.4	67	28.7
24	4.4	1.2	80	26.2
25	4.5	1.7	91	38.5
27	4.4	1.8	89	41.4
Mean	4.5	1.4	79.8	30.9

チの個体数が減少したため国光の開花期頃は100~200匹位しか活動がみられなかった。したがって、授粉の効果はあまり大きく期待できない状態だったが、調査の結果は第47および48表に示したように国光では全体的に結実率は低かったものの巣群に近いものは高く、離れたものほど低くなる傾向が前年同様明らかに認められた。ただ巣に最も近いNo.1の樹で低い結実率しか認められなかったが、この樹は一見して着花数が少なく、葉の伸長が早かったことから、樹勢が他の樹とかなり異なっていたため、花の生理的条件も異質なものであった恐れがある。第10図で明らかのように巣群からの距離と結実率の間には高い相関関係が認められ、 $r = -0.703^{**}$ であった。この場合の回帰方程式は $Y = -0.369X + 31.01$ のようになって、勾配が1968年のものに比較して低かった。しかし、巣から40m位までは結実率の傾斜がみられるので前年と同様マメコバチによる授粉の効果がこの位の距離まであったものとみなされる。

1969年のデリシャス系品種の場合も No.12 の樹幹に取りつけた巣群はほとんど活動しなかったため、小屋に近い No. 3, 4 で特に高い結実率が認められたほかは、全般に20~30%台のものが一般的ようであった。なお、北側にある No.15~17 の結実率が20%以下というくに低い値であり、東側の No. 6 および7 が高い結実率を示したのは1種の周縁効果と考えられる。

1970年は国光についてだけ調査したが、1968年と似た結実率で、巣の附近では60~70%と高く、巣から遠くなるほど低下し、その傾向が50mあたりまで認められた。この際距離と結実率の間には、 $y = -1.017x + 78.348$ なる関係が認められ、 $r^2 = 0.766$ ($n = 30$) であった。なお、1970年の場合営巣しているハチの個体数は5月13日で717匹、5月19日で379匹と推定され、1巣群あたりのハチ数としては適正なものであった。

(iv) 長内園の場合

園地は田舎館村字亀岡の五能線沿線にあり、北側と北西部3分の1位が次に述べる兵藤園と接していた。前記小笠原園と同じ共同防除組合の同じ防除班に属する約60aのリンゴ園で、品種の構成、栽植状況は第11図のとおり

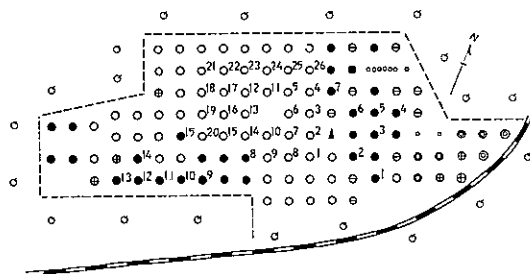


Fig. 11. Diagrammatic view of an orchard Osanai's.

りであった。すなわち、国光が主体で約6割を占め、ついでデリシャス系品種と紅玉が3割、旭、印度などが1割となっていたが、高接による品種更新が進行中であった。このため北西側の国光集団を除けば混植状況は良好であり、また樹齢はほとんどが40年以上の成木である。マメコバチは1960~1961年頃から飼育しているが、最初のたねバチは柏村故福井正夫氏から親せきを通じて入手した。現在園内にある約9m²の小屋の中央部にリンゴ箱5個分の巣群をハチの活動期だけ設置するほか、小屋の軒下に500本位束ねたもの4個をつるし(図版2一D)、ハチの活動が終了と別な場所に保管していた。本園のハチ群は筒数の多い割に営巣率が悪く、特に筒の更新を4~5年行っていないため、第35表にもみられるようにコナダニの発生が著しかった。1968年の活動終了後における完成巣は約2000本認められ、この年に活動したハチ数はおよそ1000匹とみなされる。人工授粉は自家労力

Table 49. Rate of fruit set at private orchard Osanai's in Fujisaki in 1968. (Variety: Ralls)

Tree	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	2.9	100	48.3
2	3.7	100	61.0
3	3.9	100	64.5
4	4.0	100	66.1
5	3.2	100	54.0
6	3.8	100	63.7
7	3.5	99	58.8
8	3.3	100	55.5
9	2.9	100	48.4
10	3.2	99	53.1
11	3.2	100	52.7
12	2.9	99	48.2
13	3.1	98	50.9
14	3.4	100	56.6
15	3.6	100	59.9
16	3.3	99	53.8
17	2.8	98	46.3
18	3.0	99	45.0
19	3.2	100	53.3
20	3.0	98	50.6
21	3.0	100	49.4
22	3.6	99	59.6
23	3.9	100	64.1
24	3.5	100	57.0
25	3.2	100	53.3
26	3.9	100	64.1
Mean	3.3	99.5	55.3

(男女各1人)のできる範囲で簡単に行ない、あとはハチによる授粉効果を期待していた。ハチの増殖上最も重要な問題はやはりコナダニの発生であり、ムクドリなどの小鳥による害もあるが、全体的にはアシ筒を更新すれば確実に個体群は増加するという。薬剤散布との関係は小笠原園の場合とまったく同様であり、以前にNAC剤による被害を経験したことがある。

1968年の結実率は第49および50表に示したように非常に高く、特に巣群に近いNo.2~8の樹で高くなっているがNo.1ではあまり高くなかった。また、No.23, 26などで高い結実をみた樹があったが、この園は隣接する園でもマメコバチを飼育しているため、それらの影響も考えられて、距離別の結実率低減は明瞭に認められなかった。特にデリシャス系品種では高接されたものが多く、樹勢が均一でないため樹間による結実率の変異が大

Table 50. Rate of fruit set at private orchard
Osanai's in Fujisaki in 1968.
(Variety : Delicious)

Tree	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	5.1	2.4	95	57.8
2	4.0	2.7	98	66.4
3	3.8	2.2	94	57.7
4	4.3	3.0	99	69.1
5	4.2	2.0	91	45.5
6	4.2	3.1	98	73.2
7	4.1	2.3	94	57.5
8	4.3	1.9	100	56.5
9	4.2	2.4	96	57.7
10	4.1	2.1	95	51.5
11	4.2	2.1	98	49.5
12	3.4	2.2	95	50.8
13	4.1	2.5	99	59.1
14	4.2	2.6	99	63.5
15	4.2	2.7	99	65.7
Mean	4.1	2.4	96.7	58.8

きい傾向が認められた。

(v) 兵藤園の場合

本園は田舎館村字亀岡にある沖積土平坦地の約70aのリンゴ園である。長内園とは南側と南西部で、同じくマメコバチを飼育している小笠原(勉)園とは北側および北西部で接しており、共同防除も同じ防除班に含まれる。品種構成は国光とデリシャス系品種が約半分ずつあり、その他の品種は印度がごく少数栽培されており、その栽培状況は第12図のとおりである。樹齢は約40~50年

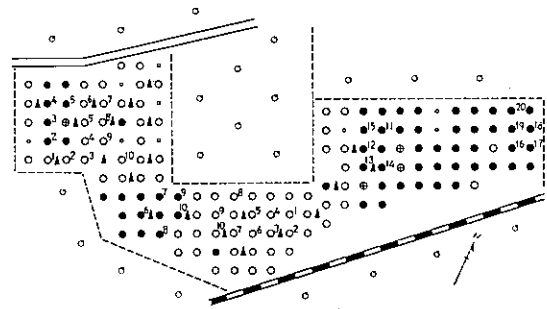


Fig. 12. Diagrammatic view of an orchard
Hyodo's.

生、樹間距離が6m位で樹冠が混み合っている。

マメコバチは隣の長内園から1961~1962年頃導入し、現在は園の立地条件も関連して21か所に分けて配置し(図版2-F)、1968年秋季の調査では1巣群にアシ筒500~600本が与えられ、そのうち完成された巣筒が7~8割含まれていた。したがって、1968年の春期に活動していたハチ数は1巣群あたり100匹以上はあったものとみなされる。人工授粉は実施しているが、ハチの効果を期待して自家労力だけで簡単に行なっている。ハチの増殖は順調だが、コナダニの増加はやはり問題で、小鳥による被害は軽微である。これらの害を見込んで毎年3分の1位ずつアシ筒を更新してやると充分増殖できる。第35表に示したように、この園での筒内死亡要因はダニが比較的少なかった反面、卵~若齢幼虫の死亡率が高く、これは巣群の設置方法に問題があるようで、この園における巣群配置の特異性が関連しているとみられる。薬剤散布は前記長内・小笠原園と同様である。

1968年の結実率調査結果は第51表および第52表に示したとおりである。すなわち、国光ではほとんどがマメコ

Table 51. Rate of fruit set at private orchard Hyodo's in Fujisaki in 1968. (Variety : Ralls)

Tree	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower	Tree	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	3.9	100	63.7	11	3.4	100	56.8
2	3.4	98	55.9	12	3.4	100	56.5
3	3.3	98	54.4	13	3.4	99	56.8
4	3.8	100	63.5	14	3.3	100	54.7
5	3.4	99	56.0	15	2.8	97	46.9
6	3.3	99	55.3	16	3.5	98	58.7
7	3.0	99	50.7	17	3.1	96	50.9
8	3.2	100	53.4	18	3.1	100	51.3
9	3.6	100	59.1	19	3.4	100	56.7
10	3.5	100	57.7	20	3.4	100	55.7
Mean	3.4	99.3	57.0	Mean	3.3	99.0	54.5

Table 52. Rate of fruit set at private orchard Hyodo's in Fujisaki in 1968. (Variety : Delicious)

Block	Tree		Rate of setting to cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to flower	No. of fruit set per cluster
A	1-5	Range	91-95	4.5-5.0	24.8-47.5	1.2-2.4
		Mean	93.2	4.7	40.7	1.9
B	6-10	Range	81-100	4.2-4.8	28.2-55.5	1.3-2.6
		Mean	92.6	4.6	44.3	2.1
C	11-15	Range	84-99	4.5-4.8	33.6-62.5	1.5-3.0
		Mean	94.6	4.6	50.5	2.3
D	16-20	Range	45-92	4.5-4.8	24.9-45.0	1.1-2.2
		Mean	73.8	4.7	32.8	1.6

バチの行動範囲に入ってしまうため、全体的に50~60%の均一な結実率であり、50%以下のものはNo.15が1本、60%以上のものはNo.1と4でみられただけである。一方、デリシャス系品種では40~50%の結実率を示した樹が多かったが、特異的に20%台のものもハチの配置されている場所で見られた。これは樹勢の差異によるものとみなされるが、実際にはNo.12~15で結実が特に高く、No.17~20の樹で低い値であり、前者ではハチ群が比較的密集していたのに対し、後者は巣群が配置されておらず、巣群から離れていたことに起因するものとみられる。

一方、1969年の場合はこの園でもPAP剤によるハチの被害を受けており、ハチ群は著しく減少し、十分な授粉効果は望めない状態であったため結実調査を行なわなかった。

(vi) 一戸園の場合

藤崎町三家の県道に沿った平坦地のリンゴ園で約50aあり、第13図のように各種の品種が混植されており、樹齢は50~60年生のものが主体で部分的に15年生位の若木

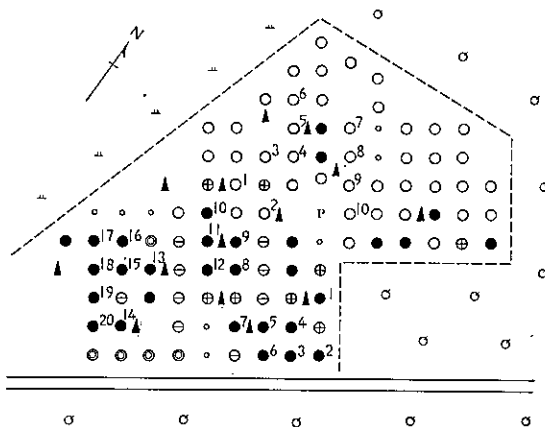


Fig. 13. Diagrammatic view of an orchard Ichinohe's.

Table 53. Rate of fruit set at private orchard Ichinohe's in Fujisaki in 1968. (Variety : Ralls)

Tree	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	6.0	2.8	98	45.8
2	5.9	2.6	95	43.1
3	5.9	2.8	97	47.7
4	5.9	2.2	95	37.1
5	5.9	2.3	93	37.6
6	6.0	2.5	97	42.5
7	5.9	1.8	93	30.2
8	5.9	2.3	95	39.4
9	6.0	2.7	95	44.8
10	6.0	2.5	98	41.2
Mean	5.9	2.5	95.6	40.5

が含まれていた。本園の南側は水田で、南東の隅に住宅が、東側に隣家の住宅があるほかはリンゴ園で囲まれていた。マメコバチは1960年頃から飼育し始めたものであり、最初のたねバチは自宅付近にいるものをトラップでとらえた。現在の放飼方法は兵藤園と同様に小群に分けて園内の14か所に配置しており、図版2-Gのような巣箱に1群あたり約500本の筒が入れられ、その約8~9割が営巣されていた。この巣は秋期に回収され、翌春巣筒と新しい筒を与えて再び園内に配置された。アシ筒は毎年3分の1ずつ更新しているが、寄生ダニとムクドリが増殖上の問題になる。これまでマメコバチによる授粉効果は充分あると考えており、ほとんど人工授粉はやっていなかったが、1968年は労力的に余裕があったのでデリシャス系品種に少しだけ行なわれた。なお、本園も長内、兵藤、小笠原園など同じ共同防除班に含まれ、1969年はPAP剤散布による被害があったため結実調査は1968年だけ実施した。その結果は第53および54表に示

Table 54. Rate of fruit set at private orchard Ichinobe's in Fujisaki in 1968. (Variety : Delicious)

Tree	No. of fruit set per cluster	No. of flower per cluster	Rate of setting to	
			cluster	flower
1	4.5	1.8	87	39.2
2	4.7	1.5	75	21.9
3	4.8	2.2	93	44.7
4	4.5	2.4	98	52.0
5	4.6	2.3	98	43.1
6	4.7	1.6	96	34.3
7	4.6	1.9	92	40.6
8	4.6	2.2	96	47.9
9	4.6	1.7	87	36.0
10	4.5	2.1	94	44.7
11	4.7	1.1	67	23.1
12	4.5	1.3	72	28.4
13	4.7	1.2	74	25.5
14	4.7	2.2	73	24.7
15	4.5	2.2	68	26.4
16	4.4	0.9	57	19.5
17	4.4	0.7	55	15.7
18	4.6	0.6	56	13.8
19	4.6	1.1	68	23.4
20	4.7	0.4	79	29.5
Mean	4.6	1.5	77.8	31.7

したように国光では平均40.5%で、30~45%の範囲にあり、比較的平均した結実率であった。デリシャス系品種では13.8~52.0%の間で変異が大きく、これは樹冠が混んで密植状態にあったため樹勢の変異が大きいことに起因しているとみられる。

(vii) 花田園の場合

本園は鶴田町胡桃館にあり、北西と東南に長い帯状のリンゴ園集団の間にある約40aのところ、南西と北東で水田に接していた。品種の構成と栽植状態は第14図のとおりであり、国光が大半を占め、その間にデリシャス系品種が間植され、ほかの品種は印度と旭が各1本ある

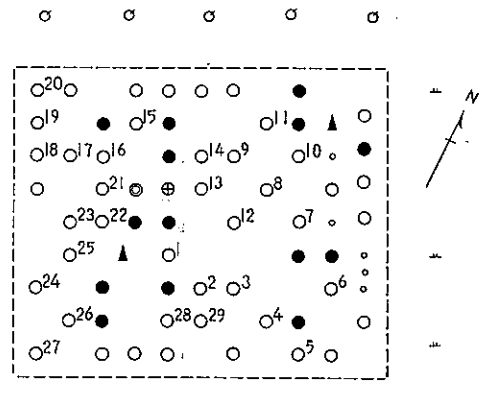


Fig. 14. Diagrammatic view of an orchard Hanada's.

だけであった。マメコバチの飼育は1962年頃からは行なわれており、増殖率が非常によいので数年前から附近の栽培者に分け与えたほどである。現在園の南西寄りにある約5㎡の小屋に約500本に束ねたアン筒を図版1-Cに示したようにつらし、南~東側の壁面を取り除いていた。1968年の場合だけ園の北端寄りに小群を設けたが、ここには小屋の10分の1程度しかハチ数がなかった。小屋の中にある巣群は充分な個体群を維持しており、筒数は約4000本で、毎年5~6割の筒が巣として利用されていた。したがって、1967年までは少なくとも1500匹のめずバチが活動していたものとみなされるが、1967年にNAC剤の散布で被害をうけて激減した。1969年5月15日にマーキング法により活動ハチ数を推定したところ、約800匹しか活動しているものがなく、1968年の場合も当時の飛しょう状況からみて約200匹の活動数であったと推定される。本園ではこれまで人工授粉をまったく行なっておらず、1967~1969年の調査期間においても行なわれなかった。

結実調査は1967年から3年間実施したが、1967年は0~10、10~20、20~30、30~40mの距離別に結実率をみ、1968年と1969年は樹ごとに巣群からの距離を測定して行なった。1967年の結果は第55表のとおりで、この年は全体的に国光の結実が悪い年であったため、マメコバ

Table 55. Rate of fruit set at private orchard Hanada's in Itayanagi in 1967. (Variety : Ralls)

Distance from nest (m)	No. of Tree	Rate of setting to cluster		Rate of setting to flower	
		Range	Mean	Range	Mean
0-10	5	41-70	50.2	9.5-18.5	13.5
11-20	5	28-47	36.0	6.5-14.3	9.6
21-30	5	29-48	38.8	7.5-13.5	10.9
31-40	5	5-26	16.2	0.9- 6.8	3.7

チの放飼園でも花そう結実率で30~50%，花数結実率では10%前後という低い値であった。この場合でもマメコバチの巣群に近い No. 1 および 2 の樹では、花そう結実率がそれぞれ 70 および 55 % という高い値であった。また、30~40 m では花そう結実率で16.2%，花数結実率で3.7 % となり、20~30 m のものに比較して半減していた。1968年の場合は第56表に示したように No. 8~11 の樹の結実率が主巣群からは離れているにもかかわらず、

Table 56. Rate of fruit set at private orchard Hanada's in Itayanagi in 1968. (Variety : Ralls) (cf. Fig. 15)

Tree	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	8.0	6.0	3.1	97	52.3
2	16.0	5.8	2.5	97	42.7
3	21.4	5.8	2.3	91	39.4
4	28.7	5.8	2.1	97	36.3
5	37.3	5.5	2.1	90	37.1
6	37.2	5.6	2.0	91	35.6
7	31.2	5.7	2.4	95	41.3
8	36.8	5.8	2.0	88	34.6
9	25.3	5.7	2.0	92	34.7
10	34.1	5.8	2.7	94	42.9
11	32.9	5.9	2.2	94	37.6
12	20.1	5.8	2.3	94	34.4
13	17.0	5.7	2.4	94	40.8
14	20.5	5.8	1.9	85	32.5
15	21.7	5.8	1.9	87	33.2
16	16.3	6.0	2.4	89	39.8
17	18.2	5.9	1.8	76	30.4
18	21.4	5.5	0.6	39	10.6
19	26.2	5.5	0.6	48	10.8
20	30.2	5.7	0.6	45	9.9
21	10.5	5.9	2.4	99	40.6
22	4.9	5.9	2.4	96	39.6
23	9.0	6.0	2.2	94	36.7
24	17.7	5.9	1.7	66	28.9
25	7.5	5.9	2.7	88	44.5
Mean		5.8	2.1	87.3	34.7

北側の巣群に近いため結実率がそれほど低下していなかった。また、この地方で開花期に多い偏西風の影響とみなされる No. 18~20 および 24 の著しい結実低下と、反対に風下にあたる No. 5 および 6 の結実率が高くなっているのは1種の周縁効果とみられるので、これらを除外して考えると巣からの距離と結実率の間には第15図のよう

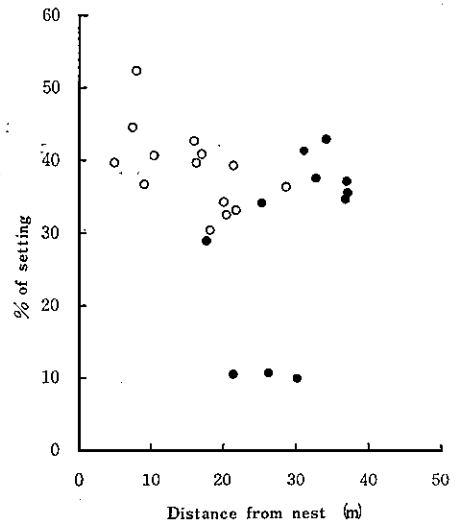


Fig. 15 Relation between the fruit setting and distance from nest studied in Hanada's in 1968. (derived from Table 56). ●; Trees at the border of the orchard.

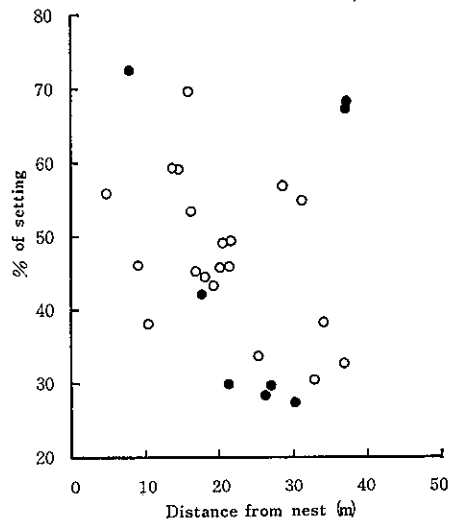


Fig. 16. Relation between the fruit setting and distance from nest studied in Hanada's in 1969. (derived from Table 57). ●; Trees at the border of the orchard.

な関係がみられ、 $r = -0.569^*$ の有意な相関関係が認められた。一方、1969年の場合は第57表に示したように、1968年よりも全般にやや高い結実率を示したが、第16図に表わしたようにやはり西側と東側に周縁効果がみられたので、これらを除外した資料から相関係数を算出すると、 $r = -0.219$ となり、 r の値はそれほど高くなかつ

Table 57. Rate of fruit set at private orchard
Hanada's in Itayanagi in 1969.
(Variety: Ralls) (cf. Fig. 16)

Tree	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	8.0	5.1	3.7	99	72.4
2	16.0	5.2	3.6	98	69.5
3	21.4	4.9	2.2	89	45.9
4	28.7	5.2	2.9	96	56.8
5	37.3	5.2	3.3	97	68.2
6	37.2	4.9	2.8	99	67.2
7	31.2	5.1	2.8	94	54.7
8	36.8	5.7	1.9	82	32.6
9	25.3	5.6	1.9	90	33.6
10	34.1	5.1	2.0	82	38.2
11	32.9	5.3	1.6	78	30.3
12	20.1	5.1	2.3	94	45.6
13	17.0	5.3	2.4	97	45.2
14	20.5	5.0	2.5	89	49.0
15	21.7	5.0	2.5	92	49.3
16	16.3	5.1	2.7	99	53.4
17	18.2	5.0	2.2	88	44.5
18	21.4	4.9	1.5	63	29.9
19	26.2	5.2	1.5	66	28.3
20	30.2	5.0	1.4	79	27.4
21	10.5	4.9	1.9	88	38.0
22	4.9	5.1	2.8	96	55.8
23	9.0	5.2	2.1	90	46.0
24	17.7	5.2	2.2	92	42.0
26	13.8	5.5	3.2	96	59.2
27	27.0	5.0	1.5	78	29.6
28	14.6	5.2	3.1	100	59.1
29	19.1	5.1	1.9	87	43.3
Mean		5.2	2.4	87.2	50.1

たが、着花数が特に少なかった No.21 を除けばこの値はさらに高くなる。しかし、この園も一般に樹勢が不揃いであり、剪定上問題のある樹が多数含まれているため樹間による結実率の変異が特に大きかった。

(viii) 佐々木園の場合

本園は板柳町小阿弥にある沖積土地帯の約1haの平坦なリンゴ園であり、その周囲はすべてリンゴ園で、東西に長く、南北に短いひし形をしており、品種とその栽植状況は第17図のように国光とデリシャス系品種が主体であり、両品種で9割以上を占めていた。ハチは1963年頃知人からもらって飼育し始め、1969年5月20日の調査時にはまだ多数のめすが活動しており、やや過密状態と思

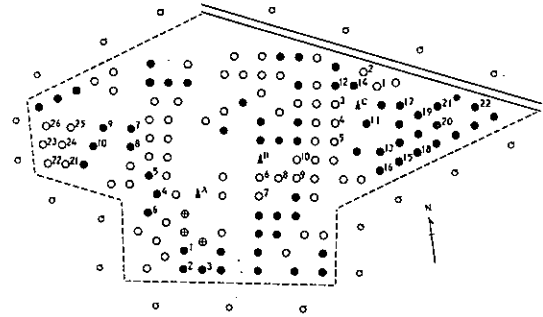


Fig. 17. Diagrammatic view of an orchard Sasaki's.

われた。すなわち、第17図のように巣群は大きく3か所に配置されているが、1巣群には約15000本のアン筒を与えており、営巣率も30%以上であり、1969年5月19日にマーキング法により活動数を調査したところ、1巣群で1200匹位が認められた。なお、この調査日は晴れたり曇ったりの天気で、5~15m/secの強い風があり、寒冷的な日であったために活動していないハチも相当あったものと予想された。ハチの増殖上の問題としてコナダニと小鳥類が重要だが、ここではむしろ後者が問題となり、鳥害の防止のため防鳥網を利用して効果をあげていた。人工授粉は自家労力でまかなう程度に簡単に行っていた。なお、1969年5月20日に行なったリンゴ花への飛来状況は第58表のとおりであった。すなわち、巣群から10mのところでは2時間半の間に開花数の半数を越すハチ数がみられたが、20mでは30匹に減少し、40mでは3匹という少ない数であった。

Table 58. Number of bees visiting on flower at various distances from nest studies in Sasaki's orchard at Itayanagi in 1969.

Distance from nest (m)	No. of blooming flower on studied branches	No. of bees visited during 10:30-13:00
10	416	221
20	298	30
40	308	3

このように巣の附近で集中的に活動する傾向は低温の日によくみられる現象である。1969年6月11日に行なった結実調査の結果は第59および60表のとおりで、国光、デリシャス系品種ともに極めて高い結実率で、半数以上のもので花そう結実率100%を示し、花数結実率も巣の近くでは国光で80~90%という高い値であり、巣から離れた場所のものでも2、3の樹勢が異常なものを除けば大部分60%以上であった。デリシャス系品種でも60%以

Table 59. Rate of fruit set at private orchard Sasaki's in Itayanagi in 1969. (Variety : Ralls) (cf. Fig. 18)

Tree	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	9.4*	5.3	4.2	88	84.4
2	12.0*	5.3	4.4	100	83.4
3	30.0*	5.1	4.1	100	80.8
4	21.0*	5.1	4.1	97	80.6
5	26.0*	5.3	4.4	96	83.4
6	12.6*	5.3	2.8	99	50.3
8	15.3*	5.1	3.2	96	63.1
9	19.0*	5.2	4.2	100	82.1
10	13.6*	5.3	4.3	100	81.9
11	4 **	5.8	5.1	100	88.0
12	7 **	6.0	5.4	100	90.0
13	13 **	6.0	5.1	100	85.8
14	21 **	6.0	4.9	100	82.0
15	16 **	5.8	5.3	100	91.0
16	23 **	5.8	5.5	100	93.6
17	34 **	5.9	5.0	100	86.6
18	22 **	5.7	3.8	98	80.5
19	21 **	5.6	3.7	95	66.8
20	26 **	5.7	3.9	88	67.1
21	42 **	5.6	3.0	75	52.4
22	50 **	5.6	3.7	94	66.2
23	54 **	5.7	4.1	90	70.8
24	47 **	5.7	3.8	87	76.8
25	54 **	5.4	3.7	100	68.2
26	58 **	5.8	3.2	83	55.3
Mean		5.6	3.8	85.2	68.3

* distance from the nest C, ** from the nest A.

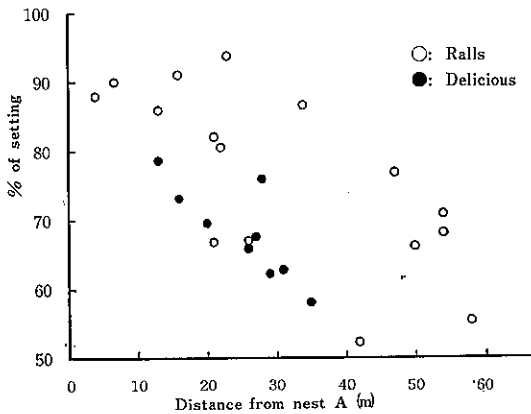


Fig. 18. Relation between the fruit setting and distance from nest studied in Sasaki's (derived from Table 59 and 60).

Table 60. Rate of fruit set at private orchard Sasaki's in 1969. (Variety : Delicious) (cf. Fig. 18)

Tree	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	26 **	5.0	3.4	99	65.9
2	29 **	4.9	2.7	95	62.3
3	35 **	5.1	3.0	93	58.2
4	13 **	5.1	4.0	100	78.6
5	16 **	5.2	3.8	100	73.1
6	20 **	5.3	3.7	98	69.7
7	28 **	5.4	4.1	99	76.0
8	27 **	5.1	3.5	100	67.7
9	31 **	5.0	3.2	100	62.8
11	10.3*	5.0	2.8	100	55.9
14	4.0*	5.2	3.4	100	68.6
17	21.4*	5.0	3.7	100	73.6
18	23.5*	5.1	3.7	100	72.9
19	21.0*	5.1	3.0	100	59.2
20	24.5*	5.2	3.7	100	73.5
21	26.9*	5.0	3.2	100	63.6
22	39.0*	5.2	3.7	100	73.1
Mean		5.1	3.5	99.1	67.9

* distance from the nest C, ** from the nest A.

下のものは2樹だけしかなく、巣に近いものでは70%以上の結実率を示したものが多かった。A巣群から北西側のものについて巣群からの距離と結実率の関係をみると、第18図のようになり、国光、デリシャス系品種とも高い相関関係が認められた。すなわち、国光の場合は $r = -0.707^{**}$ 、デリシャス系品種の場合は $r = -0.838^{**}$ となり、いずれも有意な値である。1970年に行なった国光の調査でも10樹のうち8本まで果そう結実率100%で、全体の結実率も66%の樹が1本あったほかはいずれも75%以上の結実率を示し、この際開花期に活動していたハチ数は5月13日で8300匹、5月19日で約3200匹と推定され、非常な高密度で飼養されていた。

(ix) 佐藤園の場合

板柳町高増にある約1.3haのリンゴ園で、国光とデリシャス系品種が主体に栽植されている。東西に長いリンゴ園で、樹齢は国光は50年前後のものが多く、デリシャス系品種は20年位のものが多かった。マメコバチは1949年頃から飼育し始め、たねバチは自宅の軒下にアシ筒を設置して得た。マメコバチ飼育は園内の6か所に約30~50m間隔に飼育箱を利用して配置していた。1969年5月15日の調査時には各巣群に50~100匹のハチが活動しており、5月上旬頃はこの2倍位のハチが活動していたという。薬剤散布はSS共防に加入しているが、強力な殺

虫剤は散布しないようにしてもらっており、1969年は殺虫剤として硫酸鉛を開花前に散布しただけである。ここでの増殖上の問題点はやはりコナダニと鳥類の被害であり、コナダニの対策としてはアシ筒の更新を行ない、鳥害に対しては巣箱の両面に30mm目位の金網を張って防止していた。

本園の結実調査は1969年6月9日に行ない、その結果は第61表のとおりで、全体的に結実率は中位であり、40～60%の間でふれていた。これは1巣群あたりのハチ数が少なかったことと附近でミツバチを飼育していたことに関係あるものとみられる。

Table 61. Rate of fruit set at private orchard Sato's in Itayanagi in 1969. (Variety : Delicious)

Tree	Distance from nest (m)	No. of flower per cluster	No. of fruit set per cluster	Rate of setting to cluster	Rate of setting to flower
1	24.4	5.3	2.8	100	53.2
2	19.6	5.2	2.2	100	42.9
3	22.9	5.4	3.2	100	59.9
4	18.1	5.1	2.3	98	44.8
5	19.8	4.9	2.1	98	43.9
6	29.5	4.8	2.2	93	45.5
7	25.6	5.2	2.0	75	38.9
8	42.7	5.3	2.8	88	52.7
9	29.7	5.4	2.8	90	52.6
10	26.9	5.2	2.9	98	56.0
11	13.5	5.3	2.9	95	52.4
12	11.8	5.2	2.4	93	45.1
13	13.8	5.4	3.4	100	62.3
14	13.5	5.3	2.9	95	53.4
15	10.7	5.1	2.7	98	51.8
16	12.0	5.1	2.4	97	47.5
Mean		5.2	2.6	94.9	50.2

(x) 小杉園の場合

藤崎町新城にある約150aのリンゴ園で国光7割、印度1.5割、デリシャス系品種1.5割で、国光は単植の傾向が強く、各品種とも樹齢20～50年生の成木で、国光の間には苗木が間植されていたが、これはまだ結実のないものであった。マメコバチは1962年頃から飼育し始め、たねバチは同町三家の小杉良一氏から分譲を受けたが、この小杉良一氏は柏村福井正夫氏から導入したものである。1968年の状況は園内の6か所に小群に分けて配置していたが、それぞれの巣群には約800本のアシ筒が置かれており、その中の約100本が完成巣であった。ここではハチの授粉が充分有効だと考えていたが、現在は個体

群密度が低いことと単植状態のところが多いため人工授粉を主体に行ない、ハチは補助的効果をねらっていた。本園の場合増殖に最も影響しているのは4月下旬～5月上旬に散布されるNAC剤であり、天敵としてはやはりコナダニの被害が大きいといわれる。また、鳥類ではムクドリ等の害のほかカラスが秋期または春期ハチの羽化前にアシ筒を割って中のハチを食うのを観察したという。ここでは2年おきに3分の1位ずつアシ筒を更新しているが、更新した年はよく増殖するものの、最近数年はNAC剤またはパラチオン剤の散布により増殖率はあまりよくないようであった。1966年に与えたアシ筒に1968年に営業したもの分解調査した結果は第35表のとおりで、卵または若齢幼虫期の死因不明の死亡率が31.8%に達しているのが注目され、これは恐らく農薬の影響とみられる。

(xi) 松山園の場合

本園は前述したように鶴田町中野の沖積土地帯の平坦リンゴ園で、約1haの中央と西側の2か所に小屋があるほか西側には「かやぶき」屋根を含む家屋が立ち並ぶ。品種構成は国光が主体で、デリシャス系品種、紅玉などが含まれているが、混植状況はあまりよくなかった。本園のマメコバチは園内の2つの小屋にアシ筒の巣群があると同時に小屋の柱にはボルトであけた穴が多数あり、これらの穴は現在でも少しずつマメコバチの巣として利用されている(図版1A, Bおよび3E)。

このほかに園内の2か所にマメコバチの巣群を開花期だけ臨時に設置していた(図版1D)。

これらの巣群は増殖率があまりよくないようで、やはり開花前後の殺虫剤散布が最も強く影響していたようである。天敵ではコナダニとムクドリが問題となり、特にここでは以前小鳥を積極的に増殖した時期があったので、現在でも鳥の密度が高く、これらによる被害も軽視できない状態であった。この園ではクマバチも飼育しているが個体数が少なく、最近人工授粉を実施してハチは補助的に考えているという。

(xii) 福井園の場合

柏村上古川の岩木川沿岸にある約1haのリンゴ園で主として国光、印度、デリシャス系品種が混植されていた。本園のマメコバチ飼育はすでに述べたように1950年頃松山園から導入したもので、最初はアシ筒のほかには小屋の柱に穴をあける方法も行なっており、松山園と同様にこの穴は今なお1部利用されている(図版3D)。最近では故福井正夫氏の長男である昭逸氏が管理し、県内のあちこちに付け与えていた最盛期に比較すると飼育数は少なくなったといわれ、それはスピードスプレーヤーによる共同防除化が進んだため、この園だけ特殊散布をするわけにゆかず、農薬の影響で年々減少していったものである。このため人工授粉を余儀なくされており、農薬

散布とハチの増殖との関連が極めて重要な問題であることを示唆していた。

(xiii) 小関園の場合

福井園から約 500 m 離れた岩木川沿岸にある約 1 ha のリンゴ園である。品種は国光 7 割、デリシャス系品種とゴールデンデリシャスが各 1.5 割、その他の品種数本となっており、国光の単植状態が目立っていた。本園のマメコバチは 1956 年頃生前の福井正夫氏から分けてもらったもので、現在はリンゴ園のやや南西寄りにある小屋に図版 1 F のように集中的に管理されており、アジ筒は 25,000 本を越すものとみられた。しかし、これらの大部分は 3 年以上も更新しないもので、1968 年における営巣率は 1 割弱とみなされ、これは最近農薬の影響がひどく、増殖をあきらめ、放任しておいたため、この間に第 35 表に示した巣筒の分解調査の結果にみられるように 48.2% という高いコナダニの増殖を許したものと思われる、本園のような場合農薬とコナダニの両者の影響により急激に個体群密度が低下するのではなからうか。

(3) 考 察

本調査の対象になったリンゴ園は飼育者の分布と関連して、沖積土地帯の平地リンゴ園に限られた。これらの地方は一般に山林のような訪花昆虫の発生源がほとんどなく、リンゴ園の周囲は水田かまたは村落の場合が多く、特にリンゴ園が大集団として栽培されているため、その中央部ではポリネーターの不足が明らかに認められている（津川ら 1967）。また、このような事情があったため、これらの地域では従来から特にポリネーターの利用に対して関心をもってきたものと考えられる。まず、たねバチの入手経路についてみると大部分の人はハチを飼育している他の人から分譲を受けているが、中には自宅近くにトラップをかけて得た人や飼育者の巣群にアジ筒を 1 年間あずかしてもらい、翌年それをもってきてたねバチとした例もみられた。このような方法はたねバチの需要者が少ない間は有効であるが、多数の人がたねバチを求めるとなると別な方法を考慮しなければならないだろう。その方法の一つとして高密度地域にトラップをかけるやり方が考えられ、そのような高密度地域を探索することは今後の重要な課題である。飼育の目的とハチの評価について飼育者たちは一般に人工授粉の補助的手段として考えている人が多く、人工授粉は自家労力のできる範囲で高級品種を中心に行ない、大衆品種の国光、紅玉はハチに任せるか、1 回位おおよざに行なう程度で止めている。しかし、板柳町花田園のように人工授粉をまったく行なわないで結実を維持しているところもあり、藤崎町竹島園でも 1967 年頃まではハチだけによって行なってきた。しかし、ハチの活動は 16°C 以上の日が開花期間中にないような特殊な気象条件では効果を望めないし、また、結実率はその年の開花期間中の気

象や花の生理的条件によっても大きく変わり、これはハチの活動に優占する要因である。したがって、多くの実態調査の結果からも認められるようにハチの効果はそれらの条件下でハチを放さない場合より高い結実率を得ることができるということはいえるが、一定数のハチを飼育していればいつでもそれに見合った一定数の結実率を得ることができるというものではない。これは結実に関与する要因が授粉だけでなく、受精、貯蔵養分の多少といった樹の生理的条件に強く影響されるからである。

リンゴの受精率は異品種との交配により高くなり、果実の肥大、品質もよくなることは周知のとおりであるが、この点に関連して栽植状態がよく、ことに異品種と混植が行なわれていることが、ハチを利用する場合には前提条件となる。最近、品種更新が盛んに行なわれているため、国光単植園のようなところでも高接などにより、いろいろな品種が混在するようになってきたことは、ポリネーターの利用という点からは有利である。今後品種更新にあたっては授粉に対する考慮を充分払って行なうべきものと考えられる。

マメコバチを授粉に利用する場合の園内への配置法は大別して 2 つの方法があり、1 つは園内の小屋で集中的に多数の個体数を飼育する場合であり、今 1 つは園内のあちこちに小群として分割配置しておく方法である。前者の例としては小笠原園、竹島園などにみられ、後者は兵藤園、一戸園などにみられた。前者では巣群の近くで非常に高い結実率を示すが、巣から離れた場所の結実率は低く、両者の間に大きな差がみられる。この方法はハチの管理上便利であるが、園全体からみると樹間で不均一な結実をみることになる。これに対して後者の場合は均一に高い結実率を期待できるが、ハチの管理が若干面倒になるといった一長一短がある。しかし、栽培面積が大きい場合はいずれにしてもハチ群は分割する必要がある、そのための基準としては後述するように約 30 a に 1 巣群とし、それに見合った規模の巣群をつくらばよい。これに近い方法をとっているのが、小杉園、佐藤園などであるが、残念ながら小杉園では巣群の規模が小さい上、単植状態のところが多いため十分な効果をあげていないのが実情である。

ハチによる授粉効果が巣群から何 m までに及ぶかは利用上最も重要な事項の一つであり、北村 (1969) は半径 70 m といい、細貝 (1961) は 100 m とし、竹嶋 (1965) はハチの交配範囲は 100 m まで認められるが、効果的な授粉の行なわれる範囲は約 50 m としている。また北村・前田 (1969) はマメコバチの帰巣能力について試験したところ、巣から 700 m 離れたところからでも帰巣するものがあつたが、それには 1 時間以上かかり、150 m の地点からでも平均 9 分かかることを実験的に証明している。この帰巣能力は別として、ハチによる結実が有効に

行なわれる範囲は、巣群の規模と結実率から実証的に説明する方が実用的と考えられ、単にハチが巣から100あるいは200 m離れた場所にも見られたからということだけから決めるべきでないことは当然である。われわれはこの問題を解決するために好適な条件の園地を調査する機会を得た。すなわち、小笠原園の園光がそれで、巣群の規模は充分である上、樹齡、樹勢、栽植状況も比較的标准的で揃っている。この園の結実調査の結果は第10図でも明らかなように、40 mあたりから結実率は横ばいになっており、マメコバチの結実が及ぶ範囲は1970年の成績も考慮すると40~50 mとしてもよいのではなからうか。40~50 mの授粉有効半径という値は樹齡、樹勢の変異が大きい、密植状態の2、3の例外を除けば、ほかの園地においても共通するところであり、この辺が限度であろう。ここでハチによる結実は40~50 mまで及ぶとはいふものの園内の結実率における樹間差を少なくするという観点に立てば、さらに小さい範囲を考えるべきであろう。したがって、われわれは均一な結実を期待できる範囲を半径30 m弱と考え、30 mに1巣群を設置することを提案する。しかし、これは佐々木園のような大群を容れている巣群がある場合はこの値がさらに大きくなることは予想される。反面このような大群では佐々木園でも認められたように巣群に近いところではむしろ結実過多となり、後の摘果作業で苦勞するという事態が起る懸念もあるため、巣群の規模との関連を切り離すことはできない。結実効果に対する飼育者の評価は一致してその有効性を認めており、また認めているからこそ飼育しているともいえる。この点に関する結実調査の結果もこの評価を裏づけるものであり、各園の放飼効果は巣群からの距離別結実率からみて判然としている。

最後にハチの増殖と利用上の障害になっている点をあげると、第1に農薬散布との調整に苦慮していることである。これは主として開花前のハマキムシ防除が関連し、この時期のハマキムシ防除法の再検討と発生が少ないときは、散布しなくてもよいのではないかという観点からの被害解析が早急に解決されなければならない。薬剤散布との調整がうまくゆかないことがマメコバチの普

及を妨げている大きな要因であることは重大である。第2の増殖上の問題点としてはコナダニの繁殖があり、この発生は多くの園地で最も重要な問題点としてあげている。第3には鳥類による捕食であり、これも多数の園で相当被害がありそうであるが、その実体は対象が活動の活発な成虫期であるため、なかなかつかみがない。今後マーキングなどにより成虫期の生命表を作成することが重要な課題となろう。増殖上の問題として飼育者があげた主要な点は以上の3つであるが、各園の調査を行なって感じられた点は小群として園内の各所に配置している場合に巣群の作り方により増殖のよいものと悪いものが認められたことである。これは主としてハチの定着率の良否にかかわるものようであり、定着率のよい巣箱の開発も今後マメコバチの利用をやりやすくするための重要な課題と考える。

2. 授粉効果に関する試験

(1) 試験方法

りんご試験場C-2号ほに定植されている紅玉8年生樹を開花直前から落花直後まで防虫網(3 mm目)で囲い、その中に活動中のめす10匹を放し、同時に営巣用としてアシ筒50本と授粉樹としてスターキングデリシャスの6年枝1本を水挿しとして与えた。同様にして防虫網で囲い、授粉樹を与えないでハチを放した区、授粉樹を与えないでハチも放さない区、網をかけない放任区を設けた。調査は網を除去した6月上旬にハチによる営巣数ならびに全花そうについて、着花数と結実数を調査した。なお、試験は1967~1969年の3年間行なったが、各年の区制は第62表のとおりであった。ただし、ハチの営巣がうまく行なわれず、初期の目標と異なった結果になったものもあるので、表のらんにその旨を記入しておいた。

(2) 結果

(i) 1967年の場合

マメコバチ放飼区の中で営巣されたアシ筒数が5本、完全な虫室数が18個(10, 5, 1, 1, 1)、虫室の3分の2程度の花粉が搬入されて中止されたもの3個となつて

Table 62. Experimental design to study the effectiveness of *Osmia* bee for pollination

Design	Tree caged	Release of bee	Supply of pollinizes	Year		
				1967	1968	1969
1	+	+	+	○	○*	○
2	+	+	-	-	○	○
3	+	-	-	○	○	○
4	-	-	-	○	○	○

* As bees did not construct nest, experiment is failed.

Table 63. Efficiency of *Osmia* bee for the apple flower pollination studied on variety Jonathan in 1967.

Design (cf. Table 62)	Position of cluster	Cluster		Individual flower		No. of fruit rotted by <i>Sclerotinia</i>
		No.	Rate of setting	No.	Rate of setting	
1	Terminal	69	100	346	80.6	22
	Lateral	117	100	541	65.4	8
	Total	186	100	887	71.4	30
3	Terminal	136	76.4	750	18.6	5
	Lateral	178	43.3	867	12.0	5
	Total	314	53.2	1617	14.2	10
4	Terminal	45	71.1	230	30.9	7
	Lateral	102	80.4	501	36.9	6
	Total	147	84.4	731	35.0	13

おり、完全な巣として閉鎖壁までつくられたものはなかった。網は5月1日にかけて6月1日に除去し、除去した日に結実調査を行ない、その結果は第63表に示したとおりであった。すなわち、花そう結実率は第1区で頂芽、腋芽を含めても実に100%を示し、区による順位は第1区>第4区>第3区の順で高かった。一方、花数結実率でも順位は花そうの場合と同じで、それぞれ71.4%、35.0%、14.2%であり、順位は頂芽、腋芽と区別した場合でも変わらず、第1区で極めて高い値であった。一般は場における訪花昆虫の種類数はそれほど多くなかったが、附近でミツバチが放飼されていたため、放任区ではこれによる訪花が多かった。なお、同時に調査したモニリア病による被害果数はマメコバチ放飼区でかなりみられたが、これは結実数と密接な関連があるので結実数との比をとって相対的な値をみたところ、必ずしも多いものでないことがわかった。

(ii) 1968年の場合

第1区ではハチを放飼したが、営巣したものがまったくなかったため、初期の目的とは異なった区となった。

すなわち、この区は開花初期にマメコバチが吸蜜に訪花した程度の授粉効果しかない区と考えなければならない。網は5月6日にかけ、5月31日に除去し、6月10日に結実調査を行ない、ハチの放飼は5月9日に1区と2区に交尾終了後のマメコバチめす3匹ずつを放し、同時に授粉用として第1区に開花中のゴールドンデリシャス5年枝2本を水挿しとして与えた。その後第1区、第2区のハチが逃亡したので5月16日に交尾中のめす、おす各6匹ずつを放した

第2区では6本の筒が利用され、それぞれ9、7、5、2、1、1個の虫室を作った。結実調査の結果は第64表のとおりで、頂芽の花そう結実率は第4区で65.2%を示して、特に高かったほかは、第1~3区とも40%前後の低い結実率であった。腋芽の花そう結実率、花数結実率も同様の傾向を示し、第4区で比較的高い結実率を示し、第3区でやや悪い傾向が認められた以外はほとんど同じ程度の結実率であった。なお、中心花の結実率は第4区で高かったほかは変異が大きく、区による明らかな差異は認められなかった。

Table 64. Efficiency of *Osmia* bee for the apple flower pollination studied on variety Jonathan in 1968.

Design	Position of cluster	Cluster		Individual flower		Rate of setting of central flower
		No.	Rate of setting	No.	Rate of setting	
1*	Terminal	102	44.1	409	12.5	14.7
	Lateral	150	36.0	544	12.9	4.0
2	Terminal	152	38.8	587	12.3	8.6
	Lateral	150	39.3	543	13.1	11.3
3	Terminal	77	39.0	311	10.6	11.7
	Lateral	150	27.3	506	8.7	4.0
4	Terminal	92	65.2	374	23.8	13.0
	Lateral	150	78.7	552	41.1	15.3

* As bees did not construct nest, experiment is failed.

(iii) 1969年の場合

防虫網の設置は5月6日に行ない、第1区と2区に活動中のマメコバチめす3匹ずつを放し、同時に巣材としてアシ筒を与えた。さらに、5月7日に1区と2区にめす5匹おす5匹をそれぞれ放し、第1区には開花初期のスターキングデリシャスの5~6年枝を水挿として与え、餌用としてヒメリンゴの開花中の枝を入れておいた。このとき供試樹は第2区で頂芽の中心花が5%位開花した程度で、最も早いもので開約が認められ、第1区では中心花が咲き始めたばかりで開約したものはなかった。続いて5月10日には頂芽の中心花が第2区で10%位開花し、1区ではやや遅れていた。また、腋芽の満開期頃に網が強風のため倒れ、ハチが逃亡したためその後マメコバチによる授粉はなかったものとみられる。5月23日に網を除去したときは第1区で筒1本に6虫室をつくり、第2区では1本の太い竹筒に4室をつくらせていたが、後者は1虫室あたりの花粉量が多く、花粉塊の重量は合計で979mg (223, 260, 252, 244)あり、1区が6虫室分で1052mg (172, 173, 183, 177, 175, 172)であったのと大差ないから、両区とも1匹のハチが同じ位の期間活動したものとみなされる。なお、放任区では約50m離れてミツバチの放飼が行なわれ、これの飛来が多くみられた。

Table 65. Efficiency of *Osmia* bee for the apple flower pollination studied on variety Jonathan in 1969.

Design	Position of cluster	Cluster		Individual flower	
		No.	Rate of setting	No.	Rate of setting
1	Terminal	210	85.2	1045	31.6
	Lateral	210	46.7	981	13.5
2	Terminal	200	61.5	1068	26.7
	Lateral	200	57.5	994	18.6
3	Terminal	353	62.9	1730	19.3
	Lateral	294	53.1	1379	17.7
4	Terminal	59	94.9	312	51.0
	Lateral	90	86.7	462	37.2

6月5日に行なった結実調査の結果は第65表のとおりで、頂芽の花数結実率では4区>1区>2区>3区の順に高く、花そう結実率では4区>1区>2区=3区の順位であった。このようにハチの活動数が少なく、授粉樹として与えた花の開約がやや遅れた傾向もあって、1967年のような顕著な効果をみることはできなかったが、第1区で結実率が高い傾向は同様であった。また、第2区は第3区とあまり差がないが、幾らか高い傾向がみられたのは1968年の場合と同様であった。なお、放任区の結実

率は、1967、1968年に比較して高かった。

(3) 考 察

3年間の授粉効果に関する試験成績から

(i) 授粉樹を与えてマメコバチの営巣が網内で行なわれるような条件下では結実率が明らかに高くなること、(ii) 授粉樹を与えない場合はマメコバチの営巣が行なわれた場合でも無放飼のものよりもわずかに結実率が高くなる程度であること、(iii) 授粉樹を与えてもマメコバチの営巣が行なわれない場合は必ずしも結実率が高まらないことが明らかになった。第1の場合はリンゴが他家受精(異品種間受精)によって結実率が高まるということが明らかにされているのだから、ハチの活動が授粉樹と供試樹の間を往復したものとみなせば、当然高い結実率は期待できる。しかし、この場合でも授粉樹として与えた品種が何であったか、授粉樹の開花状況が試験樹の開花の進行と合ったかなどによって結実率は変わる可能性があるため、これが年次変化として現われているものと考えられる。第2区の場合は第1区と対照的にハチの活動が行なわれても他家受精が行なわれない場合、ポリネーターの活動があまり有効に働かないことを示すもので、従来からの知見と一致する。第3の場合はハチの活動が充分行なわれなかったことに起因するもので、これにはハチ以外の風媒、その他微小昆虫(防虫網の目を通るようなもの)による授粉および自家受精による結実も含まれよう。この際、マメコバチが関与した受精は単に吸蜜に訪れたものが開花初期に少数あっただけであろう。いずれにしてもこれらの試験成績からみて、マメコバチの営巣活動が行なわれた場合の授粉効果は非常に高いことが明らかで、これは一般ほ場における実態調査の結果と一致する。

3. 利用の実際的方法に関する総合考察

(1) リンゴのポリネーターとしての特性

第1にマメコバチは全国的に広く分布し、アシ、ササ、タケ、イタドリなどの人工的に与えた筒にも営巣するので比較的増殖しやすく、巣群として大集団で飼うことができることで、このことは野生花蜂をポリネーターとして利用する場合に必要な条件の一つである。第2にハチの活動時期が年に1回しかなく、営巣期がリンゴの開花期とほとんど一致することで、落花以後の薬剤散布による被害をうけないうえ、管理にあまり労力がかからないという有利性も持っている。第3にこの蜂は営巣の際幼虫の餌として多量の花粉を採集しなければならないので、花粉量の比較的多いバラ科の果樹には非常によく集まり、同時に訪花数も多いためポリネーターとして有利なことである。また、訪花の目的が主として花粉採集であるため、ミツバチの採蜜蜂のように花柱の側面から

口吻を差し込んで盗蜜し、授粉効果がないといった例がほとんどないばかりでなく、純粋な花粉を腹面に貯えるので柱頭との接触率が高いこともリンゴのポリネーターとしての性能を高めている。第4にハチの行動範囲が比較的狭いため巣群近くの授粉は確実で、巣群の配置によって希望する樹の授粉を特に高めるといった操作もでき、さらに花さえ充分あれば隣接園で薬剤散布をしてもその影響をうけることがあまりない。しかし、この点は逆に面積の大きな園では巣群を分割する必要にせまられ、管理上不便になるという難点にもなる。

(2) たねバチの入手

最初のハチを入手するためにはしばしば困難なことがある。近くに飼養家がいる場合はそこから分譲してもらるか、巣群の一角に少数のアシ筒を設置してもらい、それを後で分譲してもらう方法が確実であるが、これは知人にそういう飼養者がいるときに限られる。特にハチを大量に分譲するという体制がはっきりと確立されていない現在では、自己の園地または住居附近に棲息するものを誘導して、それから増殖するというやり方がかえって早道である。このためには50～100本を束ねたアシ筒をハチの集まりそうなかやぶき屋根や果樹園内にある小屋の軒下など、できるだけ多くの場所にしばりつけておくとよい。こうして20～30本の巣が得られると、これから3年間位で利用できる数まで増殖することができる。今後このハチの普及を促進するためには増殖センターのようなものを設置して、たねバチを供給する体制を整える必要がある。

(3) ハチの増殖法

マメコバチの増殖上最も大きな障害となるのは開花前期間（4月中旬～5月上旬）の殺虫剤の散布と天敵が増加することであり、このほかに巣材と巣群のつくり方なども増殖に影響する。第1に天敵の問題をとりあげると、増殖に最も大きく影響するのはコナダニの発生で、これはその生活史からも明らかなように古いアシ筒を毎年使用していると増加してくるので、アシ筒を毎年（少なくとも3年に1度）更新してやればある程度防除できる。筒の更新法はめすの脱出が終り、新たに営巣が開始されるまでの期間に古い筒を巣群から離れた地面におきこれにむしろのようなものをかけ、3～4日おけば中に残ったハチはその間に脱出し、新たに脱出したハチはむしろをかけてあるため中の筒には営巣しない。基本的にはこれと同じ考え方に立つものであるが、むしろをかける代りに蓋のあるリンゴ箱に古い巣を入れ、蓋に小孔をあけておくやり方でもよい。また、ダニを完全に除去するには3月頃古い巣筒を全部割ってハチのまゆだけを取り出し、まゆをよく乾燥した太目のタケ筒に内容積の半分位まで入れて、出口を和紙でふさぎ、羽化後のハチが脱出できる程度の小さな穴をあけておき、これを新しい

アシ筒群の中に差しこんでおけばよい。コナダニのほかの天敵は実質的にあまり被害が大きくないが、場所によって鳥類（特にムクドリとスズメ）による成虫の被害が多いことがあるので、そのようなところでは巣群の上に防鳥網を張っておけばよい。

第2に開花前期間の薬剤散布の問題があり、マメコバチ飼養者の実態を調査した結論からいうと、この期間の殺虫剤の利用は硫酸鉛程度に止めておいた方がよい。特に問題になるハマキムシの被害については特別多く発生していない限り、ある程度の被害はあっても結実を多くすることによって摘果時に調整できる。ハチに対して有害な薬剤は有機リン剤、DDT、BHC、NAC、PMP、バミドチオンなどで、硫酸鉛は比較的害が少ないからミツバチの導入がないときは硫酸鉛を散布してもよい（山田ら 未発表）。また、ハマキムシの発生が特に多いときは殺虫剤の散布を欠かせないが、この場合はなるべく残効性の短い薬剤を低温でハチが飛ばないような日か、夕方ハチの活動がなくなってから散布すれば被害はある程度少数に止めることができる。さらに芽出し2週間後頃の殺虫剤散布の被害からハチを保護するため、4月上旬からハチを低温（2～5℃）において活動を抑え、5月上旬の開花5日位前には場に放す方法も検討され、好成績を得た例もある（山田ら 未発表）。

第3には巣群のつくり方であり、ハチの増殖と関連して問題になるのはアシ筒の切り方と筒の置き方である。アシ筒の切り方は筒が割れないように鋭利な刃物で切れば、切り口の形はどうでもあまり関係ない。勿論ハチは筒の内部を利用するのだから節と節にはさまれた部分は利用されないで、無駄のないよう1個の節を中心に両側が15cm位利用できる筒となっているのが理想的である。このような筒を多数まとめて巣群とするが、その置き方によって増殖率は異なり、増殖率が最も高いのは園内の小屋の中または軒下に風雨をさけておく方法であり、この際、風向、日射などを考慮して温暖なところを選ぶべきで、津軽地方では壁面の東側または南側に設置する方がよい。孤立した巣箱を設置する場合は風と雨からの保護の程度に応じて増殖率が左右される。だから、増殖途上のもはなるべく小屋の軒下を利用した方がよく、十分な数まで増殖している場合は巣箱のようなものを利用して、園内の数か所に分けて配置し、授粉を主体に考えればよい。

(4) 巣群の規模と配置法

マメコバチをリンゴの授粉に利用する場合、どの程度の面積にハチをどれだけ置けばいいかを定めることは、実用上最も基本的な問題である。この問題を解明するにはリンゴの花数とハチの授粉能力を別別に評価し、両者を組み合わせることにより可能であろう。

(i) 10aあたりリンゴ花数の推定

リンゴは一般に頂芽の果実を残して腋芽の果実は頂芽の着果数が不十分なき以外摘果してしまふ。したがって、頂芽の結実数が充分であれば、腋芽の花は不用であり、結実させる必要はない。しかし、ポリネーターは頂芽と腋芽を区別して訪花することはないから頂芽の必要結実率を維持するためには腋芽をこみにした花数で計算しなければならない。一般にリンゴの開花は頂芽の中心花、頂芽の側花および腋芽の中心花、腋芽の側花の順に開花するから同一開花期をもつ品種構成の場合は、頂芽の開花期だけハチを活動させることも可能である。しかし、現実にはふじ、国光のように開花の遅い品種や印度、祝のような開花の早い品種を同時に栽培している例が多い。このような場合、開花の遅い品種の頂芽の開花期には、開花の早い品種の腋芽の開花が続いているため、腋芽への訪花をある程度見込んでハチ数を多くしておかなければならない。だから頂芽だけの必要結実率から単純にそれに見合うハチ数を算出することは適当でないので、ここでは腋芽の花を含めた10aあたりの全花数を推定し、この花を全部授粉させるために必要な延ハチ数を算出して、これを現実的な場面にあてはめるようにしたい。

10aあたり頂芽の花数(X)は頂芽数(A)、頂芽の開花率

(B)、1花そうの開花数(C)から

$$X = A \times B \times C \dots\dots\dots \text{①}$$

で計算できる。福島(1961)によると剪定後の国光成木園における10aあたり頂芽数は、19.1本植の場合、55256個であり、10aあたり栽植本数の違いによって52781から60508個までの幅がみられ、紅玉は国光の20%増であるという。青森県における10aあたり栽植本数は15~24本植の場合が多いから、ここでは19.1本植の場合について計算しておきたい。なお、紅玉の場合、国光の20%増とみなせば10aあたり19.1本植で66307個の頂芽があることになる。一方、頂芽の開花率は青森県りんご試験場(1969)によると、平年で国光が78.6%、紅玉が75.7%である。さらに、1花そうあたりの着花数はこれまでの結実調査の結果から各調査園の平均値を求めると、国光5.5個、紅玉5.0個となるから、10aあたり頂芽の開花数は①式により、国光で55256×0.786×5.5=238706個、紅玉で66307×0.757×5.0=250971個となる。

一方、腋芽の開花数は品種により大きな差がみられ、1968年5月に調査したりんご試験場標準栽培園における結果では第66表のとおりで、国光成木の場合に全花そう

Table 66. Structure of bearing branches.

Age of tree (year)	Variety	N o. branches studied	No. flower cluster per branch			Per cent of lateral bud cluster to no. clusters		
			Range	Mean	95% C. L.	Range	Mean	95% C. L.
30-40	Ralls	35	47-245	108.8±	15.2	3-44	19.6±	4.3
	Delicious	35	48-139	79.1±	7.3	0-32	10.3±	3.4
	Jonathan	35	80-208	125.6±	11.3	24-84	58.8±	6.3
13	Ralls	24	63-147	99.5±	11.1	3-38	15.9±	4.8
	Jonathan	24	69-170	116.5±	10.0	12-65	34.5±	4.6
	Delicious	22	75-152	110.4±	9.2	3-35	11.8±	3.6
	Golden Delicious	20	97-191	125.6±	11.9	25-70	44.2±	5.4
	Indo	20	57-114	90.4±	8.2	0-17	4.4±	2.0

の19.6%が腋芽であり、デリシャス系品種で10.3%、紅玉で58.8%であった。若木の場合はデリシャス系品種を除いて成木よりも低下しており、品種間ではゴールデンデリシャス・紅玉>国光・デリシャス系品種>印度の順に腋芽の花そうが多い。全花そうのうち腋芽に由来する数は成木の場合の平均値をとれば国光で20%、紅玉で59%となり、10aあたり腋芽の花そう数(C)は国光の場合

$$CR = (55256 \times 0.786 + CR) \times 0.2$$

式より10858個となり、紅玉では

$$CJ = (66307 \times 0.757 + CJ) \times 0.59$$

式より72231となる。したがって、10aあたり腋芽の

Table 67. Theoretical number of flowers per 10a. on Ralls and Jonathan.

Variety	No. of terminal flower	No. of lateral flower	Total
Ralls	238706	59719	298425
Jonathan	250971	361155	612126

花数ならびに全花数は第67表のように計算され、国光で約29万個、紅玉で61万個となる。

(ii) マメコバチの授粉能力

マメコバチの授粉能力の指標としての1めす1日授粉

可能花数(f)は次のように表わされる。

$$f = a \cdot b \cdot c \cdot d (1 - e) \dots\dots\dots ②$$

- ただし、 a : 1日あたり虫室完成数
- b : 1虫室完成に要する花粉採集回数
- c : 1回の花粉採集旅行における訪花数
- d : 訪花数のうちの授粉率
- e : 同じ花を重複して訪れる比率

②式はこれまでのマメコバチ生態調査の結果から、 a = 2, b = 18.8, c = 27.1, d = 0.97であり、 e は不明である。 e の値は一応考慮しないことにし、すなわち、ハチは同じ花を2回以上訪れないとみなして以後の計算を行ないたい。そこで②式は

$$f = 2 \times 18.8 \times 27.1 \times 0.97 \dots\dots\dots ③$$

となるから f は 985 個である。

(iii) 10 a あたり必要ハチ数

10 a あたりの全花数(E)とマメコバチの1日あたり授粉数(f)から、10 a あたりの必要めすバチ数(N)は、次の式によって簡単に計算できる。

$$N = \frac{E}{f} \dots\dots\dots ④$$

すなわち、 N は 10 a あたりの全花が一斉に咲いたとして、これを1日で授粉させるに必要なめすバチ数である。ここで N は 10 a あたり 19.1 本植の場合、国光で 303 匹、紅玉で 622 匹と計算される。しかし、現実にはリンゴの花が1日で開花することはあり得ないし、早生品種と晩生品種が混植されている場合開花期間は少なくとも2週間以上にわたる。青森県りんご試験場(1969)によると1956年から1965年の10年間における主要品種の開花

Table 68. Flowering period of several varieties in the vicinity of Kuroishi city.

Variety	Blooming stage			Interval from initiatory to	
	Initiatory	Full	Petal fall	Full	Petal fall
Indo	May 6	May 11	May 16	5	10
American Summer Peamain	May 5	May 10	May 16	5	11
Jonathan	May 7	May 13	May 19	6	12
Delicious	May 8	May 13	May 18	5	10
Ralls	May 11	May 17	May 23	6	12

All the data are shown by an average of 1956-1966.

(Source from Annual Report for 1967. Aomori Apple Experiment Station.)

期と開花期間は第68表のとおりである。

すなわち、大部分の品種は開花始から満開に至るまで5~6日かかり、7~8割のものが落花するまでさらに5~6日かかるから開花期間は1品種で10~12日あることになる。また、開花期は紅玉とデリシャス系品種はほとんど一致しているが、紅玉またはデリシャス系品種と国光が混植されている場合、前者の開花始から後者の落花期までは約20日間ある。これらの開花期間中にハチが何日活動できるかはその間の気象条件によって左右され、必ずしも一定していない。ここ数年間の気象では開花期が同じ品種の場合は開花期間約10日のうち少なくとも3~4日はハチの活動できる日が含まれており、国光と早生品種が混植されている場合の開花期間20日のうち、7日はハチの活動可能な日が含まれている。ただし、良質の果実を得るには中心花の開花始から満開期までの授粉が重要であるから、ハチの活動日数は半減することになる。実際にはハチの活動できないような低温が続く場合はそれだけ開花期も長びく傾向があり、開花初期にハチの活動できる日がまったくないような気象条件の年はあまりないものと考えられる。したがって、開花初期に2日位

はハチの活動ができるような日があるとみなして巣群の規模を決めた。なお、ハチの活動日数と10 a あたり必要ハチ数は第69表のとおりになるが、ここで表わしたハチ数はめすバチだけである。しかし、一般にはめす、おすの混合した巣筒を配置するのであるから、10 a あたり必要数も巣筒数で算出しておく方が実用的である。そこで1筒内の平均虫室数を ℓ 、性比(おす/めす)を m、筒内死亡率を P、10 a あたり必要めすバチ数を q とすれば、10 a あたり必要巣筒数(T)は次式で表わされる。

$$T = \frac{q \cdot (1 + m) (1 + P + P^2 + \dots)}{\ell}$$

これまでのマメコバチ生態調査の結果からみて、 $\ell = 8.15$, $m = 1.14$, $P = 0.20$ であるから

$$T = \frac{(1 + 1.14) (1 + 0.2 + 0.2^2 + \dots)}{8.15} \cdot q \dots\dots ④$$

$$= 0.328 \cdot q$$

となり、10 a あたり必要めすバチ数 q を求めれば T は決定する。④式から q に対応した T を計算すると第69表のようになる

また、増殖用として与える新しいアシ筒は1匹のめす

Table 69. Theoretical number of bees required for the pollination of apple in a area of 10a.

Variety	Expectancy of longitivity of flight in days.										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
No. of necessity of female bee	Ralls	303	151	101	76	61	51	43	37	34	30
	Jonathan	622	311	208	156	125	104	89	78	69	62
No. of necessity of nest	Ralls	99	50	33	25	20	17	14	12	11	10
	Jonathan	204	102	68	51	41	34	29	26	23	20
No. of needing new nest	Ralls	909	456	303	228	183	153	129	111	102	90
	Jonathan	1866	933	624	468	375	312	267	234	207	186

バチが2本の筒を利用すると考えればよいが、利用できないような筒の混入を考慮して3本を与えれば充分である。

(iv) 巣群あたりの必要ハチ数

巣群の設置は圃の立地条件によって変化するが、すでに述べたように授粉のおよぶ範囲を40mとみなせば、巣群を中心にして50aの面積が授粉され、さらに結実率を均一にするためには半径30m位の範囲を考えれば、30aに1巣群を設置しなければならない。ここでは授粉期間を3日とみなして30aの場合について巣群の規模を算出してみると国光では1巣群あたり303匹、紅玉では624匹のめすがあればよいことになる。

すなわち、これは第69表の10aあたり必要数を3倍すれば直ちに算出でき、50aの場合ならびに巣筒数の場合も同様にして計算できる。増殖をあまり考慮しないでよいときは新筒をもっと減らすことができる。有効な授粉活動を行なう日数を何日とみなすべきかは重要な問題であるが、マメコバチの試験を開始した1966年からの傾向をみると、少なくとも開花期の同じ品種の混植圃では3日位、国光とデリシャス系品種のような混植圃では5日位あるから前者では30aあたり280～650匹、後者では170～380匹のめすが活動していれば充分である。また、良質の果実を確保するため開花初期の1～2日の短期間に結実を期待するためにはそれだけ巣群を強化しておかなければならない。

ここでは国光と紅玉の場合についてだけ巣群の規模を算出したが、他の品種、例えばデリシャス系品種や印度は花数が国光に近く、ゴールデンデリシャスは紅玉に近いと考えられる。したがって、混植の状況に応じて巣群の規模は国光の場合の必要ハチ数と紅玉の場合の必要ハチ数の間で適当に加減すればよい。

なお、必要巣筒数はハチの定着率と鳥類の捕食などによる死亡を見込んでいないので、定着率の悪いところあるいは鳥害の多いところではそれを見込んであらかじめ多くの巣筒を与えておかなければならないが、これに関する資料は不充分であり、どのような場所でどれだけ

増やすべきかについては今後検討を要する。

竹島(1966, 1969)は10aあたり必要ハチ数は交配期間5日として900匹であるといい(原文では交配期間6日として表現しているが、ここでは他の例と比較するため5日として計算し直した)、前田・北村(1966)は国光で266.4匹、紅玉で303.6匹のめすバチが必要であるといい、北村(1967, 1968)はその後10aあたり10匹で充分だが、危険率を見込んで30～50匹がよいと述べている。これらの値には著者らの計算値も含めて著しい差異が認められる。これは計算の根拠となったハチの活動性の評価と必要授粉花数の算出の両方において異なっているためである。これらの計算法の特徴をみれば、まずハチの活動性においては竹島が1虫室あたりの花粉粒数が149個分の花から得た花粉が入っているということが主な根拠となっている。しかし、1花あたりの花粉粒数は品種および年により変異が大きく、葯からの回収率も100%とはならないから現実の訪花数とはかなりかけ離れているものと考えられる。一方、前田・北村(1966)および北村(1967, 1969)は1回の花粉荷をつくるために必要な訪花数(前田・北村が国光で2.5個、紅玉で2.2個、北村が120個)と1日あたり花粉採集回数(前者で45回、後者で45～70回)とみなしていることが根拠となっているが、ここでわれわれの計算値と特に異なる点は1回の花粉荷をつくるために必要な訪花数においてであり、前田・北村(1966)では明らかに過小評価であり、北村(1967, 1968)では過大評価とみなされ、この点がハチの活動性の評価に対する主な相違点である。一方、授粉されるべき花数を10aあたり幾らとみるかにおける相違もまたかなり大きく、竹島(1965, 1969)は10aあたり約18本植として1本あたり6000花の中心花を目標としているから10aあたりでは108000個が対象となる。また、前田・北村(1966)は10aあたり12本植で、1樹あたり中心花2000個を確保するために側花を含めた10000～12000個の花を対象にしなければならぬから10aあたりでは120000～244000個の花を授粉することが目標となっている。竹島(1965, 1969)の場合はハチが中心花

だけ選んで訪花するものでない以上この計算法では適当でなく、前田・北村（1966）の場合は腋芽に対する考慮が払われていない点が不安を残す。反対にわれわれの計算では国光で約30万個、紅玉では約61万個という多数の花が対象にされており、一見多過ぎるきらいもあるが、これはすでに述べたように安全性を見込んで腋芽の花数を加算し、逆にハチの活動性は幾分過小評価したことに由来するものである。10aあたり必要ハチ数の算出法には、授粉された花の結実率、重複して訪花される比率など解明されなければならない問題が残されているので、これらの必要数に関する推定値はいずれも暫定的なものとみなすべきで、今後、以上に指摘した問題点を考慮に入れて検討されなければならない。

なお、今1つの問題としてハチの授粉効果が及ぶ範囲の評価があり、竹島（1965, 1969）は50m、北村（1967, 1968）は70m、われわれは40~50mとしている。しかし、前二者の根拠は必ずしも明確に示されておらず、前田・北村（1966）では単に52mまで経済的結実率を得ている実例があると記しているだけで、詳しい資料は示されていない。交配範囲は気温により多少左右されるので地域による開花時の気温の差が影響しているのかも知れない。青森県の場合は多くの実態調査の結果からみて40~50mが限度であり、実際の放飼にあたって均一な結実率を得るには60m間隔で巣群を配置するのが適当なようである。

（5）活動期以外の時期における管理

リンゴの落花期以降マメコバチの成虫は死亡し、次世代のものが筒内で変態し、8月中旬に成虫となってその

まま筒内で休眠越冬するので、この間、特別な管理は必要でない。ただ6~8月の間に同じアシ筒にドロバチ類およびジガバチ類が営巣するので、これらのハチが多いところではそれを防ぐためハチの入れないような金網で蓋をしたり、箱に入れ、小屋の北側につるしておくなどの処置が必要である。この際、大事をとり過ぎて部屋の中に入れるとネズミの被害をうけたり、冬期間の暖房が入るようなところではハチの出現期が早くなったりしてかえって好ましくない事態が起こることがある。また、巣筒の移動は成虫の活動期以外はいつでもよいが、ハチが筒内で成虫態でいる8月中旬から翌春4月上旬までが最も安全である。成虫が脱出してからの移動は行なうべきでなく、特にめすの脱出期から営巣が終了するまでは絶対に移動してはならない。したがって、授粉のための巣群設置は4月10日頃までに終了する必要がある。

（6）営巣期前における成虫の栄養管理

マメコバチは4月中旬におすが出現し、めすは1週間ないし10日遅れて出現するが、おすの栄養源とめすが羽化してから営巣を始めるまでの栄養源として4月中~下旬に開花する植物が必要である。この時期は単に蜜を吸うだけであるから、花粉量は少なくともよく、ほ場ではナタネ、タンポポ、アズ、モモ、サクラ、セイヨウミザクラなどによく集まるので、このような花があればよい。このような花がまったくないところでは200m位の範囲内にそのような植物を植えてやればハチの定着率がよくなるようである。

VIII 摘 要

本報では青森県におけるマメコバチの生態とそれをリンゴの授粉に利用するための方法ならびにその効果について報告したが、その概要は以下のとおりである。

(ア) 我が国におけるマメコバチの利用は1940年代から青森県北津軽郡鶴田町の松山栄久氏によって初めて行なわれ、主として報道機関により全国に紹介された。その後、県内のほかの地域ならびに長野県などで飼育が行なわれるようになった。

(イ) 青森県におけるツツハナバチ類の分布はマイマイツツハナバチ、ツツハナバチ、マメコバチの3種が確認され、マメコバチは津軽地方を主体に平地に広く分布し、アシ筒のトラップにより容易に採集できる。また前二者は主として山地に分布しており、リンゴの授粉に利用できるかどうかは検討を要する。

(ウ) マメコバチの野外における発育状況を調査して周年経過を明らかにしたが、その大要は竹島（1958）によって報告されたものとほとんど一致した。すなわち、めす成虫は4月下旬から出現し5月下旬まで、おすは4月

中旬から5月上旬まで活動する。5月中旬に産卵された卵は1週間の卵期間と約1か月の幼虫期間を経て、6月下旬には前蛹となって休眠する。その後7月下旬に蛹化して約2週間の蛹期間を経て羽化し、そのまま、まゆ内で翌春まで休眠している。

(エ) 卵および幼虫は15~30°Cの範囲で発育が促進されるが、30°Cでは幼虫期間の後半において逆に発育が抑制される傾向がみられる。

(オ) 成虫の活動に最も影響を与える気象条件は温度であり、次いで降雨が重要であると考えられた。越冬虫の脱出は4月下旬の温暖な日に行なわれ、営巣活動は気温が16°C以上の日に主に行なわれ、営巣の最盛期はリンゴの開花期と一致する。

(カ) 実験室内で行なった成虫の温度反応の観察によると低温から順次高温にしてゆくと寒冷麻痺（4~8°C）、微動（9~11°C）、歩行（12~16°C）活発な歩行（16°C以上）が認められ、同時に比較したミツバチの外働蜂よりもやや低温で活動が行なわれた。

(甲) マメコバチの巣は、アシ、タケ、イタドリ、ガラス管、ゴム管等の筒に作られ、完成直後の巣は虫室を区切る土壁、花粉塊、卵からなっており、仕切壁は虫室壁のほかに厚手に作られる予備壁、入口閉鎖壁などがある。

(乙) 営巣が行なわれる筒の内径は3.5～8.0 mmの範囲で認められ、5.0～6.5 mmのものが多く利用される。筒の内径と虫室長の間には負の相関関係が得られ、1本あたりの虫室数は節を中においた長さ30 cmのアシ筒で片側の営巣数が平均8個程度であった。

(丙) 筒内のめす、おすの配列は巣の奥にめすが、出口におすが配置されているものが最も多く、次いでおすだけの筒、めすだけの筒が多く、その他の配列を示したものは約30%にとどまった。

(丁) 巣の作成経過は筒の掃除、奥壁の作成、花粉と蜜の採集ならびに搬入、産卵、虫室壁の作成の順序で反覆を行ない、最後に予備壁ならびに入口閉鎖壁の作成が行なわれて完成する。

(戊) 巣の完成に要する労働時間は土の採取、土壁の作成、花粉および蜜の採集、花粉の排除と蜜の吐き出しの所要時間はそれぞれ、1分30秒～2分30秒、1分～2分、2分～10分、1分～2分であり、好天の日には1日2～3個の虫室を完成することができる。

(己) リンゴの花を訪問中のマメコバチめす成虫は1分間に10花位訪れ、この数は気象条件に左右される。また、ハチの体がリンゴ花の柱頭へ接触する比率は極めて高く、95%以上であり、ミツバチでは60%位であった。

(庚) 1回の花粉採集旅行におけるリンゴでの訪花数は体形の大小により異なり、小型のもので平均22個、中型で25個、大型で35個であった。

(辛) マメコバチの訪花植物はおすで36種、めすで23種確認されたが、おすは出現期に開花しているほとんどの開花植物を訪れるが、めすは主としてバラ科に属する花粉量の多い植物に多く集まる。

(壬) 性比は産地を異にした個体群で差が認められるが、一般におすが多く、全体の平均ではめす率が46.7%であった。

(癸) 産卵数は60倍顕微鏡で観察できる範囲の交互栄養室型の卵で45個位あり、6個の卵管に配分されている。このうち成熟卵に近い大型のものは1～2個で、越冬前からすでに認められた。

(甲) 天敵は成虫活動期の捕食虫として鳥類3種とクモ1種が確認され、筒内における天敵としてネズミ類、ダニ類1種、昆虫類5種、菌類などが認められた。このほか巣材をめぐる競争者としてスズメバチ科の3種をあげた。

(乙) コナダニの1種 *Chzetodactylus* sp. の生活史はアメリカで知られている *Chzetodactylus krombeini* BAKER とほとんど一致し、越冬期にはヒポプスとシスト型若虫の両者が確認された。

(丙) *Monodontomerus osmia* KAMIJO はマメコバチの前蛹期に寄生し、寄主1匹から多数のめすと少数(多くは1匹)のおすが、6月末～7月始めに羽化し、不完全な巣の虫室に寄生する。本寄生蜂は寄主のまゆ内で老熟幼虫で越冬し、5月下旬に蛹化して25～29日の蛹期間を経過する。

(丁) 筒内死亡要因と死亡率は生命表を作成して検討したところ、コナダニの寄生による死亡が最も大きく、全体の死亡率との間に高い相関関係が認められた。次いで卵～若齢幼虫期における原因不明の死亡率が高く、特に農業の散布が行なわれている園でその傾向が強かった。なお、ダニの寄生率はアシ筒の更新により軽減できる。

(戊) 薬剤散布が標準防除暦に準じて行なわれているところではマメコバチの増殖率が極めて悪く、特に有機リン剤、BHC、NACなどの散布されているところは著しかった。

(己) マメコバチを飼育してリンゴの授粉に利用しているリンゴ生産者13名の園について、その利用における実態を調査したところ、これらの園におけるハチの入手法、品種の栽植状況、マメコバチ飼育数と放飼方法、結実状況などはまちまちであるが、どの園においてもハチの有効性は認められており、われわれの放飼試験の結果もそれを裏づけるものであった。これらの園では増殖上困難な問題としてダニの発生と鳥類による被害があげられ、また害虫防除における薬剤散布との調整が深刻な問題として提起された。

(庚) これらの実態調査からマメコバチの授粉効果の及ぶ範囲は約40 mまでで、この範囲で巣群からの距離と結実率の間には高い負の相関関係が認められた。

(辛) ハチの園内における配置法は大きく2つに分けられ、1つは園の中央部に強群をおく方法で、今1つは小群に分割して数か所に配置する方法であり、後者の方が比較的均一な結実率を得ることができる。

(壬) 試験場内のは場に定植された紅玉若木に防虫網をかけ、その中にマメコバチを放して営巣させ、結実効果を見たところ、授粉樹として異品種の花を与えた区は明らかに結実が高まり、ハチの有効性が確認された。

(癸) マメコバチの利用法と関連したリンゴ園でのハチの配置は授粉範囲を40 mとした場合約50 aに1巣群となるが、結実率を均一にするためには30 aに1巣群とした方がよい。また、単位面積あたりリンゴの花数推定値とハチの活動性から1巣群あたりの必要ハチ数をハチの活動日数と品種構成を考慮して決めた。

(甲) 以上述べた生態調査と利用に関する調査ならびに試験結果からリンゴ園において実際利用する場合に必要な手順、増殖法、放飼方法、ハチの管理方法などについて総合的に考察した。

引用文献

1. 青森県りんご課（1965）りんご指導要項 75—76.
2. —————（1968）りんご指導要項 105—108.
3. 青森県りんご試験場（1962）業務年報 17—18.
4. —————（1963）業務年報 23—24.
5. —————（1964）業務年報 22—24.
6. —————（1965）業務年報 2, 25—28.
7. —————（1966）業務年報 2.
8. —————（1967）業務年報 2, 33—35.
9. —————（1968）業務年報 2, 44—46.
10. —————（1969）業務年報 2.
11. BAKER, E. W. (1962) Natural history of Plummers Island, Maryland. Description of the stages of *Chaetodactylus krombeini*, new species, a mite associated with the bee, *Osmia lignaria* SAY. *Proc. Bio. Sci. Washington* 75 : 227—236.
12. BOHART, G.E. (1953) Pollination by native insects. In 1952 *Yearbook of Agriculture. U. S. Dept. Agr.* 107—121.
13. ————— (1957) Pollination of alfalfa and red clover. *Ann. Rev. Ent.* 2 : 355—380.
14. 平嶋義宏（1957）シロオビツツハナバチの生活史及び習性に関する知見の補遺 九大農学芸誌 16 : 193—202.
15. —————（1958）シロオビツツハナバチとオオツツハナバチの営巣習性に関する研究 九大農学芸誌 16 : 481—497.
16. —————（1959 a）シロオビツツハナバチの巣の雌雄の産み分けについて 九大農学芸誌 17 : 45—54.
17. —————（1959 b）シロオビツツハナバチとコツノツツハナバチの処女生殖に関する生態学的研究 九大農学芸誌 17 : 55—68.
18. —————（1963 a）リンゴの花粉媒介昆虫としてのツツハナバチの利用 昆虫 31 : 280
19. —————（1963 b）再び花粉媒介昆虫としてのツツハナバチの利用について 昆虫 31 : 296.
20. 細貝節雄（1961）結実と摘果 リンゴ栽培全編（養賢堂 東京）419—474.
21. 福島住雄（1961）整枝剪定 リンゴ栽培全編 344—418.
22. 生島義夫（1936）タロツノハキリバチ (*Osmia excavata* ALFKEN) の観察 関西昆虫学会々報 7 : 43—63.
23. 伊藤嘉昭（1959）比較生態学 366 P.
24. KAMIJO, K. (1963) A revision of the species of the *Monodontominae* occurring in Japan (Hym. Chalidoidea). *Insecta Matsumurana* 26 : 89—98.
25. —————（1965）A new host-record of *Monodontomerus osmiae* KAMIJO. *Insecta Matsumurana* 28 : 78.
26. 北村泰三（1967）リンゴの訪花昆虫ツツハナバチの増殖準備 今月の農薬 11 (1) : 29—31.
27. —————（1968）ツツハナバチの飼育と利用 信州の果実 142 : 56—58.
28. —————（1969）リンゴ訪花昆虫の諸問題 今月の農薬 13 (4) : 39—41.
29. —————・前田泰生（1968）桃の品種とマメコバチの訪花性について 長野園試報告 7 : 13—18.
30. KITAMURA, T. and Y. MAETA (1969) Studies on the pollination of apple by *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) and *Osmia pedicornis* COCKERELL. *Kontyu* 37 : 83—90.
31. KROMBEIN, K. V. (1962) Natural history of Plummer's Island, Maryland. Biological notes on *Chaetodactylus krombeini* BAKER, a parasitic mite of the Megachilid bee, *Osmia* (*Osmia*) *lignaria* SAY (Acarina : Chaetodactylidae). *Proc. Bio. Soc. Washington*. 75 : 237—250.
32. KUGLER, H. (1955) Einführung in die Blütenökologie. (日本語訳) (広川書店 東京).
33. LÖKEN, A. (1956) Pollination studies in apple orchards of western Norway. *Proc. Xth Int. Congr. Ent.* 4 : 961—965.

34. 前田泰生・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 (1)本邦でりんごのポリネーション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—52.
35. ——— (1965 a) マメコバチ *Osmia cornifrons* (RADOSZKOWSKI) と *Andrena valeriana* HIRASHIMA をアメリカに送る. 東北昆虫 3: 8.
36. ——— (1965 b) アメリカから送られてきた *Osmia lignaria* SAY. 東北昆虫 3: 9.
37. ——— (1965 c) ツツハナバチ属4種の絶対産卵数と卵吸収について. 応動昆大会要旨40.
38. ———・北村泰三 (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: 17—34.
39. ———・——— (1966) 野生花蜂マメコバチを利用したりんごの授粉. 落葉果樹 19 (3): 13—16.
40. MAETA, Y. and T. KITAMURA (1968) Some biological notes on the introduced wild bee, *Osmia* (*Osmia*) *lignaria* SAY (Hym.: Megachilidae.). *Bull. Tohoku National Agric. Exp. Sta.* 36: 53—70.
41. MIYAMOTO, S. (1959) Biological studies on Japanese bees. XII. Flower relationships of five species of bees belonging to the genus *Osmia* (Hym.: Megachilidae). *Sci. Rep. Hyogo Univ. Agric.* 4: 35—40.
42. ———— (1962) Outline of flower relationship of Japanese bees. *Acta Hymenoptera* 1: 393—455.
43. 竹島儀助 (1958) マメコ蜂とりんごの交配 22P.
44. ——— (1960) リンゴ交配とマメコバチ. 青森農業 11 (2): 19—20.
45. ——— (1965) 新版マメコ蜂とりんごの交配 41P.
46. ——— (1969) ツツハナバチ利用の実際. 信州の果実 154: 24—25
47. TODD, F. E. and S. E. MC GREGOR (1960) The use of honey bees in the production of crops. *Ann. Rev. Ent.* 5: 265—278.
48. 津川力・山田雅輝・白崎将英・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. 青森りんご試報告 11: 1—15.
49. ——— (1969) リンゴ園における天敵の保護 農業および園芸 44: 809—812.
50. 山田雅輝 (1967) 青森県におけるマメコバチの生態. 東北昆虫 5: 3—4.
51. ——— (1969) リンゴ園のマメコバチの保護利用. 信州の果実. 154: 14—17.
52. YASUMATSU, K. and Y. HIRASHIMA (1950) Revision of the genus *Osmia* of Japan and Korea (Hym.: Megachilidae). *Mushi* 21: 1—18.

Preservation and utilization of natural enemies
and useful insects in apple orchards

III. The ecology of the megachilid bee, *Osmia
cornifrons* RADOSZKOWSKI (Hym. : Apidae)
and its utilization for apple pollination

Masateru YAMADA, Nobuyuki OYAMA, Norio SEKITA
Shōei SHIRASAKI and Chikara TSUGAWA

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

Summary

In a previous paper (TSUGAWA et al. 1967) we described several species of insects as pollinators in apple orchards. The present paper was dealt with the ecology of *Osmia cornifrons* RADOSZKOWSKI and its use as a pollinator of apple blossoms.

In Aomori Prefecture, the northern tip of Honshu, three species of *Osmia* have been found to date, i. e., *O. cornifrons* RADOSZKOWSKI, *O. orientalis* BENOIST and *O. taurus* SMITH.

Among them, *O. cornifrons* was supposed most effective as a pollinator of apple blossoms in the following points : 1) its wide distribution in the Tsugaru plain of this prefecture where some forty per cent of apples in Japan are produced, 2) its ready acceptance of an artificial nest, which makes artificial multiplication quite easy, 3) its high ability of pollen transfer and 4) the coincidence of its flying period with the time of apple blooming.

In our country, although the exact history of the use of *O. cornifrons* for pollination has been not well known, the late Mr. Eikyu MATSUYAMA in Tsurudamachi has been supposed to be the first who found this species to be a useful pollinator of apple blossom and used it consciously.

His first trial in 1940's and the following ones by others revealed the usefulness of this species. This method of pollination was introduced to the public mainly by the press. At present, *O. cornifrons* is widely recognized as effective as the honey bee in pollinating apple blossoms.

The flying period of *O. cornifrons* observed in this study was very similar to that reported by Takeshima in 1958. Namely, the males appeared from mid April to early May, and the females from late April to late May. This period was well synchronized to the apple blooming period, during which the female engaged in the nest-constructing activities.

An important factor affecting these activities was temperature. At a temperature below 16°C the bee could not fly and stayed still in its nest.

For the nesting site the bee chose a burrow above the ground : the stems of pithy plant such as reed, giant knotweed or bamboo were preferred. During the present study it was found that the females could also utilize glass and varnished tubes.

The hole diameters they accepted ranged from 3.5 to 8.0mm, but the majority preferred the hole of 5.0 to 6.5mm. A reverse correlation was found between the hole diameter and the cell length.

The structure of the nest and the process of its construction were very similar to those of *O. excavata* ALFKEN reported by IKUSHIMA (1936) and HIRASHIMA (1957) and of *O. lignaria* SAY by J. T. MEDLER (1967). The females collected clay to make the cells and to plug their nest and provided each cell with a mixture of pollen and nectar. Each nest was composed of about 8 cells on average. In each cell a single egg was laid by the foundress. In favourable circumstances, the foundress completed 2 to 3 cells a day.

The larvae hatched within a week after oviposition and grew rapidly. By the end of July all the larvae consumed their food. The larvae then varnished the inner walls with secretion from gut

and spun tough silken cocoons, in which they entered diapause as pre-pupae. After one month of diapause they pupated and about two weeks later emerged as adults. The adults remained still to spend the winter in the cocoon until April or May of the next spring.

At all stages development took place between 15 and 30°C, but above 30°C development after the feeding stage was greatly inhibited. The two sexes were not randomly distributed in the nest. There was a strong tendency that the cells made first contained females and those made last males, which seemed to be associated with the earlier emergence of the males in the spring. The sex ratio of adults that emerged from nests was 46.3♀ ÷ 53.7♂ on average.

On a favorable day the female visited about ten flowers per minute and 22 to 35 flowers in a single trip. The foraging activity seemed to be somewhat correlated with the body size. Among the flowers visited by *O. cornifrons*, about 95% was actually contacted on their stigma, while in the case of the honey bee it was only 60%.

Within the range of about 40 meters from the nesting site, there was a reverse correlation between the fruit setting and distance from the nest, but beyond this distance little effect was exerted by this species on the fruit setting. For this reason, a cluster of nest should be placed in each 30a of orchard. To have a good result in fruit setting, the number of bees in the nest cluster shown in Table 66 should be recommended.

The important factors that affect the survival of this species were natural enemies and pesticides. As natural enemies the present authors have recognized to date three species of birds and one species of spider preying on the adult, some species of mice, one species of grain mite (*Chaetodactylus* sp.), five species of insects and fungus consuming the contents of the cell, and three species of Vespidae competing for the nesting site.

The life history of grain mite, *Chaetodactylus* sp., was very similar to the one reported by L. V. KROMBEIN (1962) on *Chaetodactylus*, except that both hypopial forms, migratory and encysted, were found in overwintering nests.

Monodontomerus osmia KAMIJO attacks pre-pupae of *O. cornifrons* only when the nests were unplugged. In the cocoon of the host it grew and spent the winter as a mature larva. It pupated in late May and remained as a pupa in the cocoon for about a month. In late June or early July several adults emerged from a single host.

By the life table analysis, it was elucidated that the most important factor controlling the population of *O. cornifrons* was the predation by the grain mite, *Chaetodactylus* sp. and the death of eggs and larvae by unknown factors. The latter may have close connection with the insecticide application on apple trees, because the death by unknown cause was comparatively high in orchards where organic phosphate, BHC or NAC was sprayed at the periods of green cluster of apple in order to control the leaf roller.

For this reason, to maintain *O. cornifrons* at a high level of population density it should be necessary to give positive aids: the protection from natural enemies, renewal of the nest material every year, choice of selective pesticides, adjustment of spray program and so on.



Plate 1. Domicile of *Osmia cornifrons* in apple orchard. A, B and D. At Matsuyama's in Tsuruta. C. At Hanada's in Itayanagi. E. At Fukui's in Kashiwa. F. At Koseki's in Kashiwa G and H. At Takeshima's in Fujisaki.



Plate 2. Continued from plate 1. A. At H. Ogasawara's in Fujisaki. B and E. At T. Ogasawara's in Fujisaki. C. At Murakami's in Fujisaki. D. At Osanai's in Fujisaki. F. At Hyodo's in Fujisaki. G. At Ichinohe's in Fujisaki.

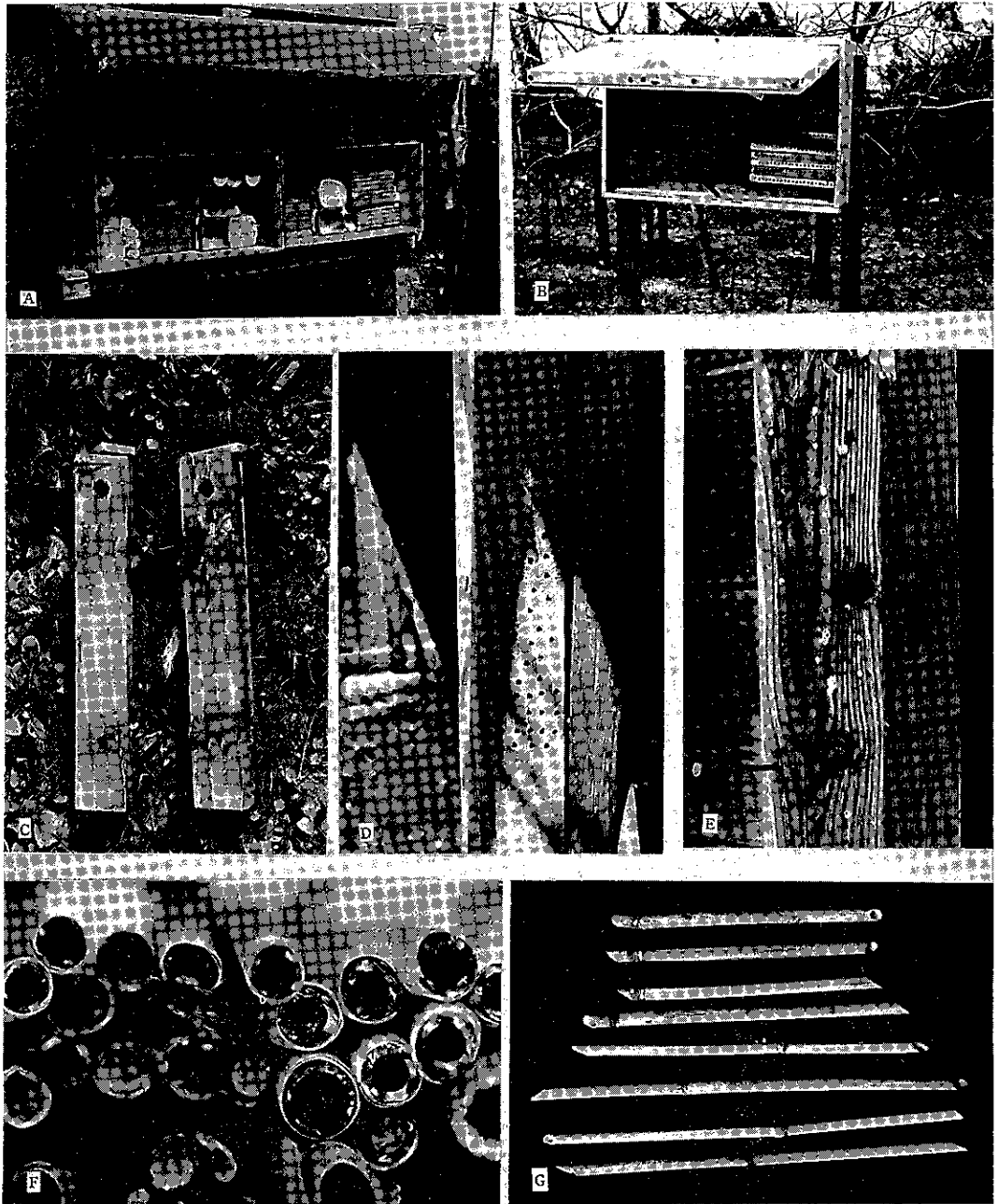


Plate 3. A and B. Exterior view of domicile in the field of the Experiment Station. C. Trap nest for *Xylocopa appendiculata circumvolans* SMITH devised by the late Mr. Eikyu Matsuyama. D and E. Burrowed board which was accepted by bees for nesting. F. Glass tube accepted by bees for nesting. G. Reed-stem commonly used by bee keepers.

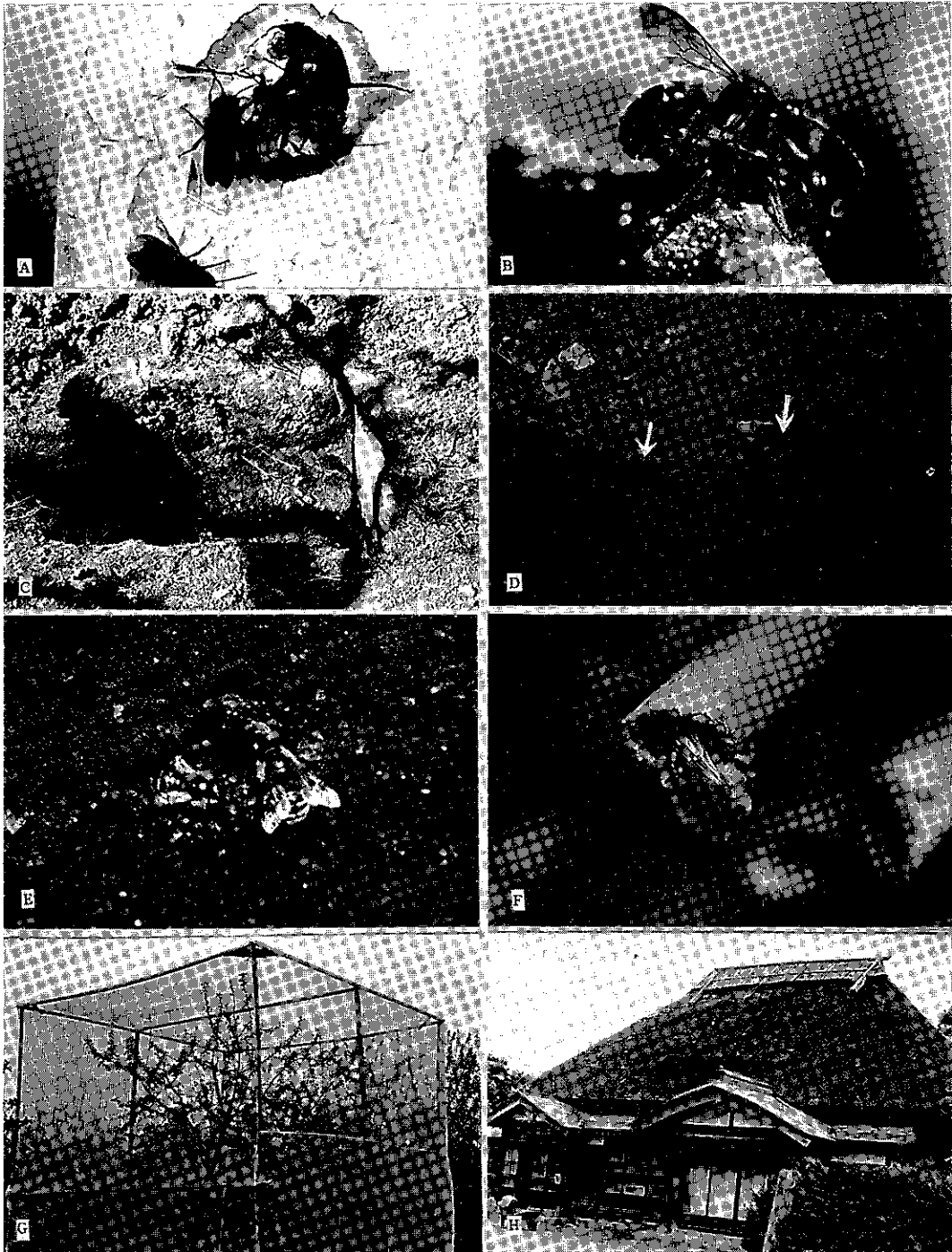


Plate 4. A. Male adults resting in the burrow of pole. B. Copulation of *O. cornifrons*. C. Man-made hole in earth from which the foundress collects clay for nest construction. D. Near sighted view of C, note the tunnel made by bees as a result of clay collection. E. Females collecting clay. F. A female entering backward into the nest for brushing off the collected pollen. G. A tree covered by net, in which adult of *O. cornifrons* is kept, for the study of fruit setting. H. A roof thatched with miscanthus which is widely used by *O. cornifrons* for nesting.

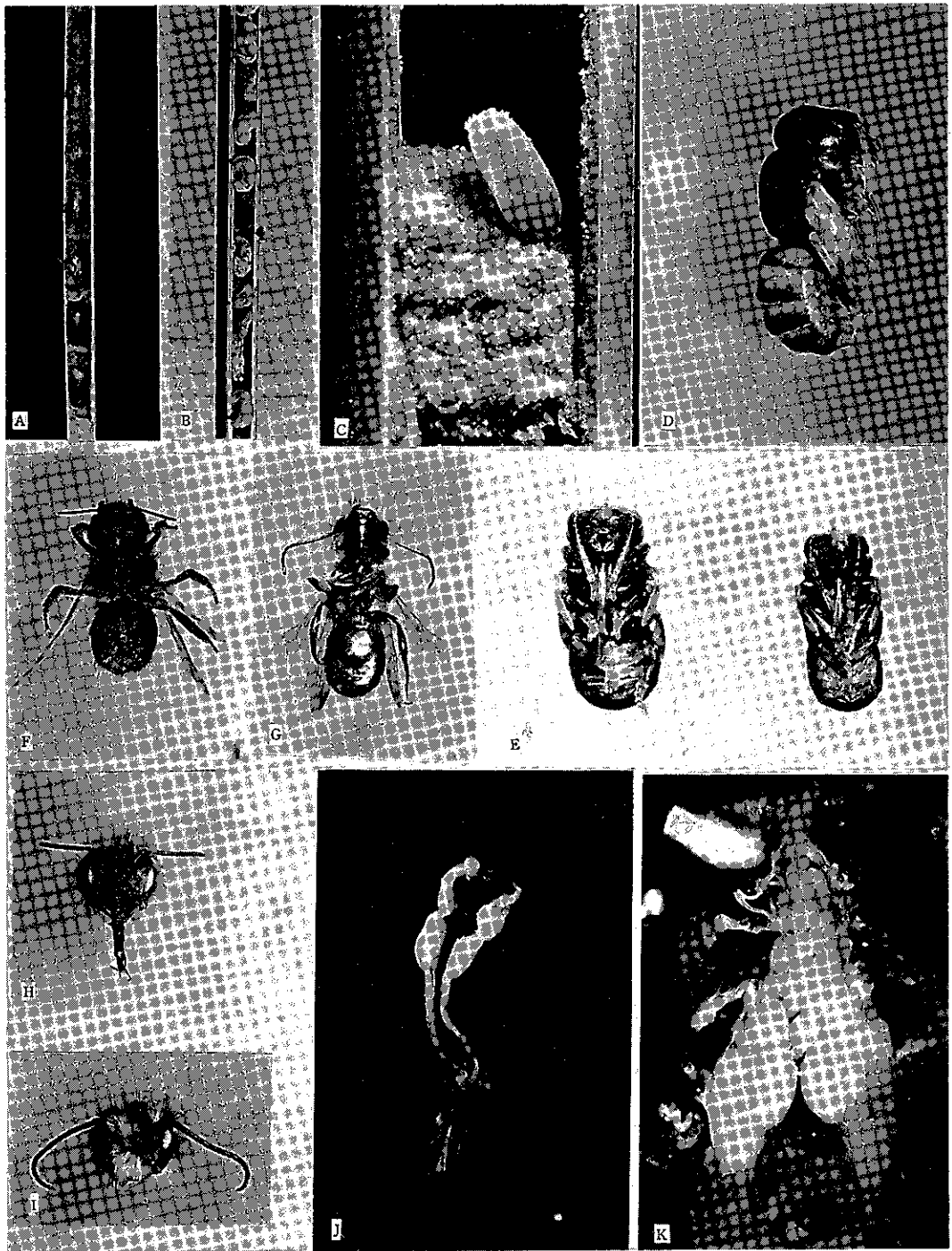


Plate 5. A, B and C. Interior view of nest, showing cocoons, larvae and egg, respectively. D. Side view of pupa. E. Dorsal view of pupa, left ♀ and right ♂. F and G. Dorsal view of adult, female and male, respectively. H and I. Front view of head and mouth parts of female and of male, respectively. J and K. Reproductive organ of male and female, respectively.

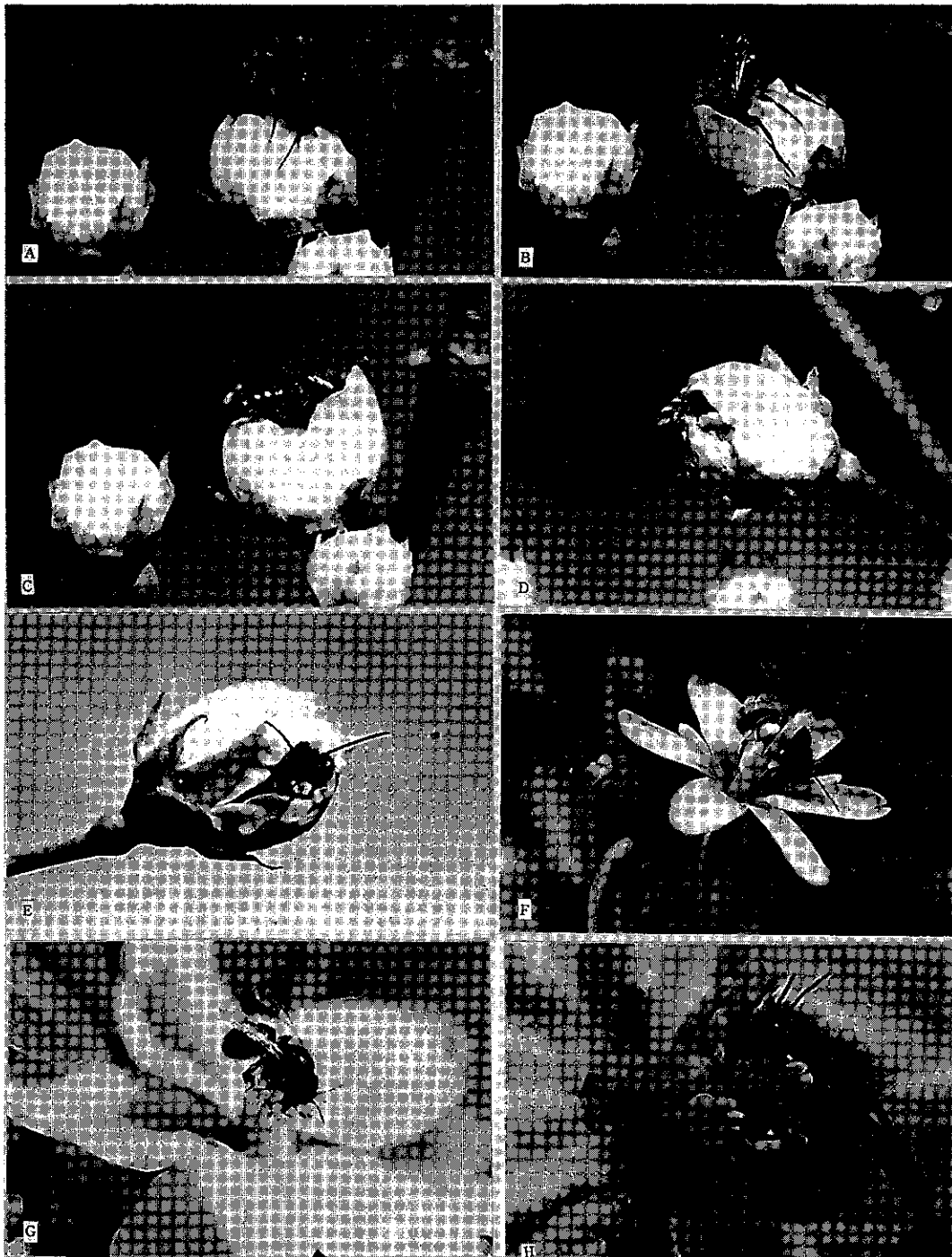


Plate 6. A to E. Male adult entering into the budding flower of pear. F. Male sucking honey from a flower of *Gagea* sp. G. Female visiting an apple flower. H. Female visiting an apple flower without petal.

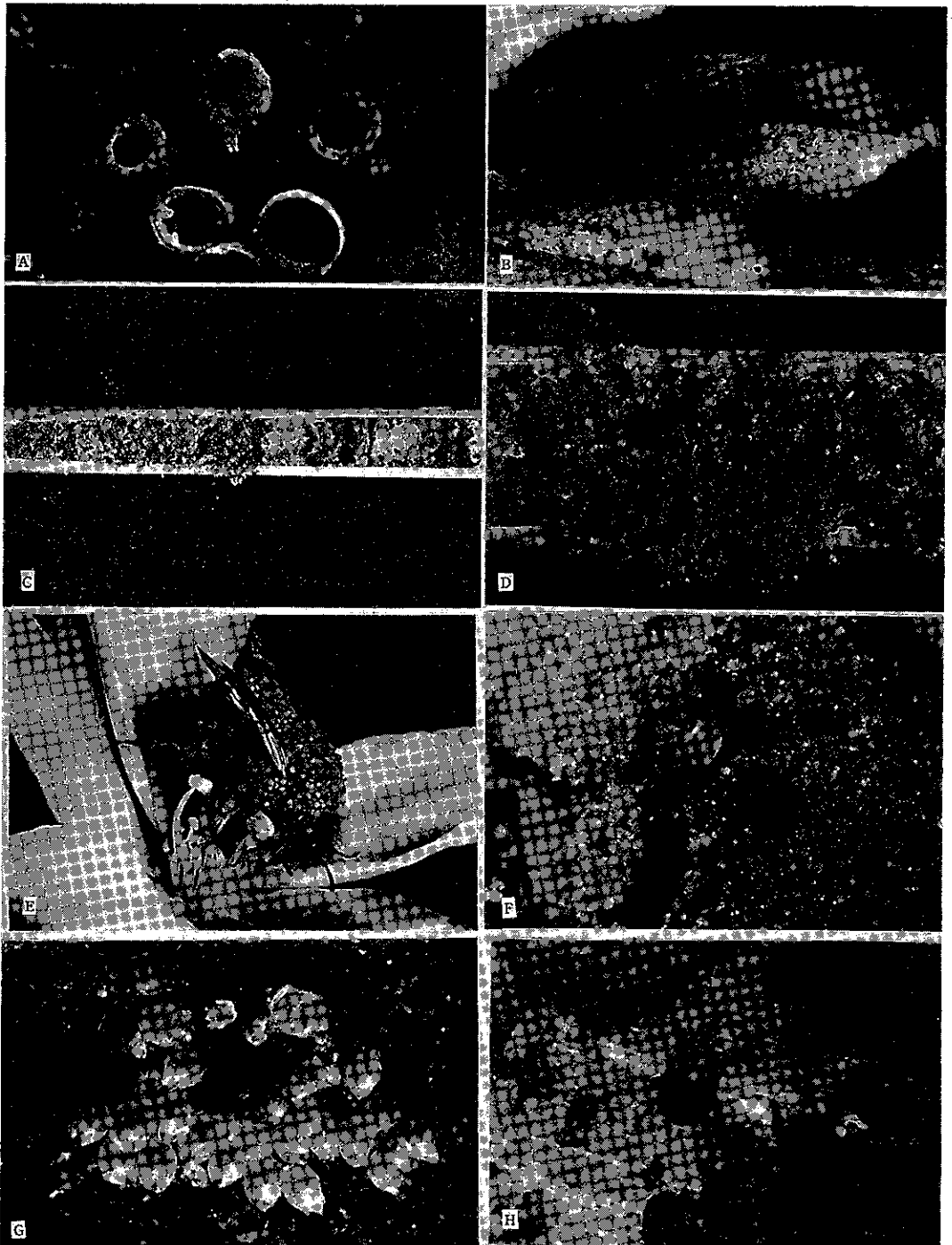


Plate 7. Grain mite, *Caetodactylus* sp. A. Swarming of the grain mites at the entrance of bee nest. B. The grain mite dispersing in swarm. C and D. Interior view of nest infested by the grain mite. E. The grain mite clinging on the body of host. F. Adult of the grain mite. G. Ensysted hypopi. H. Hypopi swarming on the cell wall.

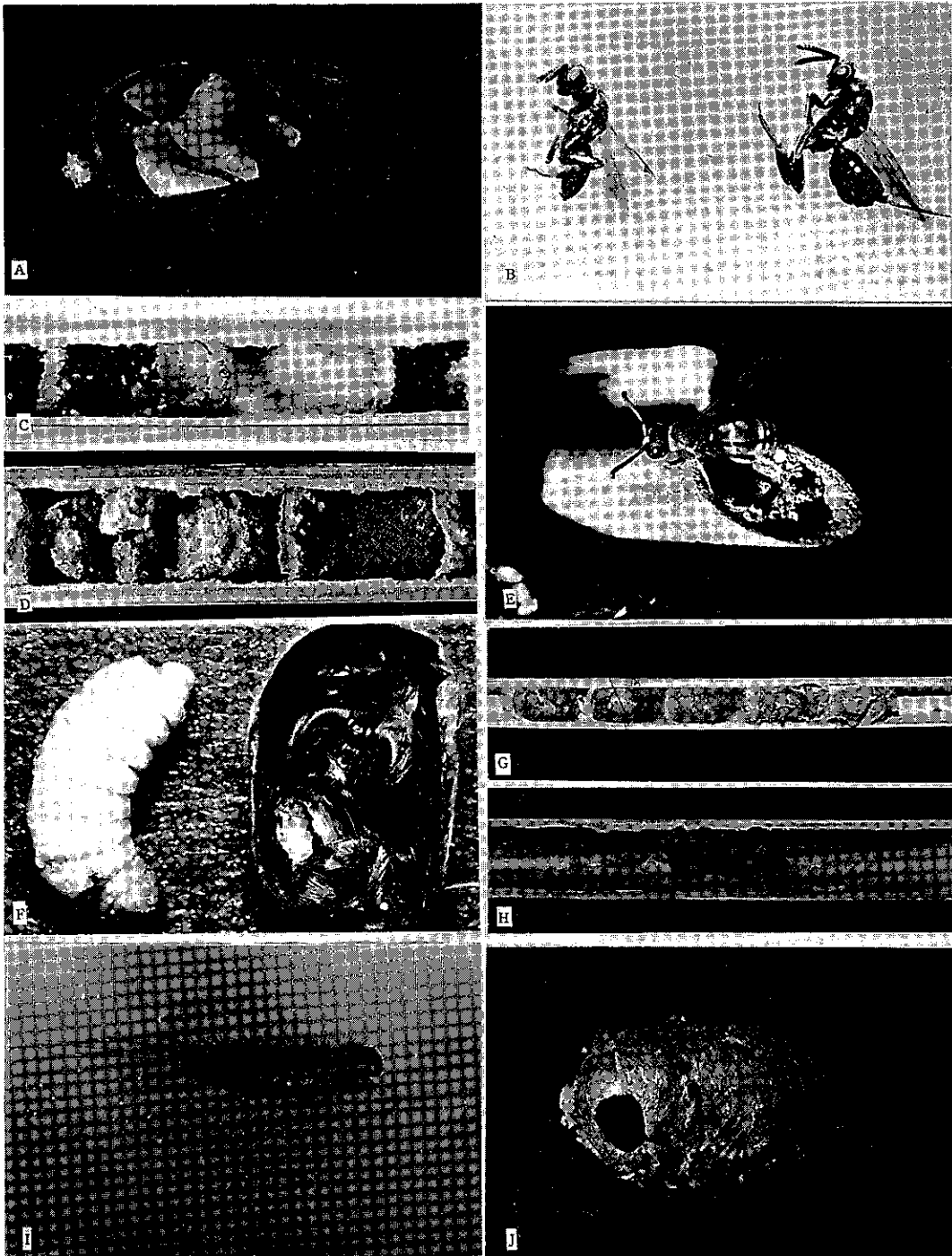


Plate 8. A. Overwintering larvae of *Monodontomerus osmiae* in the host cocoon. B. Adult of *M. osmiae*. (left ♂, right ♀). C and D. Cell infested by some kind of fungus. E. Adult of *Odynerus quadrifaciatus* just after emergence, competitor for nest stuff. F. Larva of *Brachymeria* sp. and pupa of *O. cornifrons* infested by the parasite. G and H. Nest attacked by *Ptinus japonicus* I. Larva of *Anthrenus verbasci* J. Cell attacked by *A. verbasci*.