

自然生息地におけるマメコバチ個体群の生態特性

関 田 徳 雄・渡 辺 智 雄・山 田 雅 輝¹⁾

(青森県りんご試験場)

Population Ecology of *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) in Natural Habitats

Norio SEKITA, Toshio WATANABE and Masateru YAMADA

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

目 次

I. 緒 言	19
II. 調査方法	20
1) 1970年	20
2) 1974年	20
3) 1994~1995年	20
4) 生命表作成のための仮定と方法	20
III. 結果及び考察	20
1) 自然個体群の分布と密度	20
a) マメコバチとツツハナバチの発生頻度の比較	21
b) マメコバチの営巣筒数の年次比較	21
c) 営巣筒数と産卵数	22
2) 生命表分析	22
a) 生命表の1事例	22
b) 生存曲線	24
c) 生存率変動の基本ステージ分析	25
d) 性 比	27
3) 個体数の年次変化	28
4) 天敵の分布と多様性	29
a) 天敵の種類と分布	29
b) 天敵の多様性の変化	30
IV. 摘 要	31
引用文献	32
Summary	33

I. 緒 言

マメコバチ *Osmia cornifrons* の越冬後成虫の出現時期の調整技術¹⁴⁾ や重要天敵であるキタツツハナコナダニ *Chaetodactylus nipponicus* (以下コナダニ) の駆除技術^{11, 12)} が確立されたこともあって、リンゴ園における花粉媒介虫としての本種の利用は1980年以降急速に進み^{7, 8, 15)}、1995年には80%以上のリンゴ園で利用された¹⁾。マメコバチが広く普及される以前には、リンゴ園で使用するための種バチを得る必要があったことから、自然生息地におけるマメコバチ、特にその分布に対する関心が高かった^{13, 14)}。しかし、リンゴ園内での増殖技術が確立されてからは、自然生息地のマメコバチを対象とした研究はみられない。

リンゴ園で飼育されている個体群と自然生息地の個体群とは互いに隔離されたものではなく、相互に交流しており、これにともなって天敵の交流も起こっていると考えられる。したがって、マメコバチを恒久的に利用していく上で、自然生息地の個体群の分布と密度、密度変動に関与する天敵の種類やその密度など基本的に重要な生態特性を把握しておくことが重要である。

青森県にはマメコバチと共にその近縁種であるツツハナバチ *Osmia taurus* とマイマイツツハナバチ *O. orientalis* が分布している¹³⁾。マイマイツツハナバチはカタツムリの殻に営巣し、山地に多く分布している。したがって、巣材や訪花植物をめぐる両種の競合はあまりないと考えられる。一方、ツツハナバチは訪花植物、巣材、天敵の種類など多くの点においてマメコバチと共通しているので、両種が競合する可能性が高い。これらの点についてもその実態を把握しておく必要がある。

山田ら(1984)は1970年と1974年におけるアシ筒を利用した営巣トラップの調査結果に基づい

て、マメコバチ自然個体群の高密度地帯として、1) 岩木川の上流にあたる西目屋村一帯、2) 浅瀬石川源流地帯の黒石市大川原及び平賀町小国、平六など、3) 岩木山麓南西部の岩木町百沢、枯木平など山間地、4) 岩木山麓北部の弘前市十腰内、長前など山間地、並びに5) 平野部の藤崎町松野木をあげている。彼らは藤崎町松野木で多かったのは、この付近でマメコバチを受粉用に飼育しており、これらが分散したことによると考察している。

1994年と1995年には、これらの地帯のうち岩木川上流、浅瀬石川上流及び岩木山麓南西部を対象とし、山田ら(1971, 1984)と同じ営巣トラップによって、1) 自然個体群の分布と密度、2) 自然個体群の卵から成虫までの生存率、3) 生存に関与する天敵の種類とその密度、及び4) マメコバチとその天敵の密度変動を把握するための調査を行った。

ところで、山田ら(1971, 1984)による先の2回の調査ではいずれも単年度の調査なので、ここに記した項目のうち4) についてのデータは得られなかったが、それ以外の1)、2) 及び3) に関するデータは得られている。しかし、彼らの主要な目的がマメコバチの高密度地域の探索であったこともあり、2) 及び3) に関しては十分な検討をしなかった。そこで、本稿では前2回の結果も合わせて、これらの諸点を解析・検討し、取り纏めた。

この研究を行うにあたり、1970年と1974年におけるアシ筒の調査地点への設置と調査地点からの回収には、当時の昆虫科職員白崎将瑛、小山信行及び斎藤靖夫各氏のご協力を得た。また、アシ筒の分解調査では、1970年と1974年には斎藤靖夫氏、1995年には青森県農業大学校学生の佐藤雄相君のご協力を得た。

II. 調査方法

1) 1970年

津軽地域27地点を対象として、小屋や家屋の軒下に両端に開いたアシ筒200本を4月に設置し、秋期に回収した。冬期にアシ筒を割り、種の同定並びに虫室ごとの死亡ステージと死亡要因及び生存数を調査した。

2) 1974年

津軽地域48地点を対象とし、4月に両端に開いたアシ筒を200本ずつ設置し、秋期に回収した。冬期にアシ筒を割り、1970年と同様の調査を行った。

3) 1994~1995年

津軽地域14地点を対象とし、1994年4月に両端に開いたアシ筒を約200本ずつ設置し、8月に回収した。営巣されたアシ筒は冬期に黒色マジックでマークした。営巣された筒数が50本以下の地点ではアシ筒をそのまま、50本以上の地点では前年のアシ筒にさらに新しいアシ筒200本を追加して1995年4月に再度設置した。これらのアシ筒を1995年8月に回収した。1995年の冬季に、1994年に営巣したものと1995年に営巣したものに分けてアシ筒を分解し、虫室ごとに死亡ステージと死亡要因及び生存数を調査した。また、1995年に得た繭について、繭の数が100個以下の地点では全体の繭、100個以上の場合には100~140個の繭を任意に抽出して分解し、性比を調査し、雌成虫によって種を同定した。

4) 生命表作成のための仮定と方法

各年次にアシ筒を分解して得たデータを用いて、VARLEYら(1973)が提案した5つの規則⁶⁾

に従い、以下の仮定により生命表を作成した。

マメコバチが子孫を育てるために虫室内に貯蔵した花粉塊にコナダニが寄生すると、冬期までには花粉塊がほとんど食べ尽くされ、虫室内にはコナダニが充満している。コナダニが寄生した場合には、たとえ卵が孵化したとしてもその死亡が寄生時点で確定的になっていることから、卵で死亡したとみなした。それ以外の要因で卵が死亡した場合には花粉塊がそのまま残っている。しかし、その要因は不明なので要因不明とした。幼虫、前蛹、蛹及び成虫が死亡した場合には、それらの死体が虫室に残っている。この虫室に寄生者や捕食者の生存虫や死体が残っている場合には、それを死亡要因とみなし、要因が明らかでないものは不明とした。

1970年及び1974年には前蛹と蛹を区別したが、1994年及び1995年にはこれらを区別せず「繭形成」とした。また、1970年、1974年及び1995年には成虫が筒から脱出する前に巣を分解して調査した。そのため、繭内で羽化した成虫が繭から脱出できる状態に達した健全成虫を「繭脱出成虫」とした。これに対して、1994年には成虫が実際に筒から脱出した後に筒を分解して調査した。そこで、成虫期を2分し、「繭脱出成虫」に加えて、実際に筒から脱出した成虫を「筒脱出成虫」とした。

繭から成虫が脱出した場合でも、その個体の入り口側の筒内に死亡個体があるために、筒から脱出できずに死亡することがある。これは筒脱出失敗とした。

III. 結果及び考察

1) 自然個体群の分布と密度

1970年における調査地点ごとの営巣筒数と産

卵数を付表1に示した。1974年の調査ではツツハナバチが多く、多くの地点でみられたので、マメコ

校正の段階で1994~5年に寄生していたコナダニには *C. nipponicus* と *Tortonia* sp. が混在していたことが判明した。したがって、両年のコナダニには両種が含まれる。

バチとツツハナバチに分け、それぞれの営巣筒数と産卵数を付表2に示した。また、1994年及び1995年におけるマメコバチの営巣筒数と産卵数並びに1995年におけるマメコバチの割合を付表3に示した。なお、川原平及び枯木平では1995年にアシ筒を設置した小屋が回収期にはなくなっていたため、回収できなかった。

これらの表に基づいて、a) マメコバチとツツハナバチの発生頻度の比較、b) マメコバチの営巣筒数の年次比較及びc) 営巣筒数と産卵数について以下で解析・考察する。

a) マメコバチとツツハナバチの発生頻度の比較

1970年、1974年及び1995年におけるマメコバチとツツハナバチの発生地点数及び優占地点数を第1表に示した。3回の調査に共通してマメコバチの発生地点数がツツハナバチの発生地点数よりも多かった。1970年と1995年にはツツハナバチの発生地点がそれぞれ1及び4地点と少なく、しかも本種が優占した地点は皆無であったのに対し、1974年では48地点のうち22地点でツツハナバチの発生がみられ、そのうち14地点ではマメコバチよりも優占していた。このように1974年における結果は1970年及び1995の結果と大きく異なった。これらの調査からはマメコバチとツツハナバチの間で競合が生じているかどうかについては言及できないが、ツツハナバチはマメコバチよりも個体群の安定性が低いとみなされる。

第1表 マメコバチとツツハナバチの発生頻度の比較

	1970年	1974年	1995年
調査地点数	27	48	12
発生地点数：マメコバチ	16	32	12
：ツツハナバチ	1	22	4
優占地点数：マメコバチ	16	18	12
：ツツハナバチ	0	14	0

b) 営巣筒数の年次比較

各年時における営巣筒数の頻度分布を第2表

第2表 マメコバチの営巣筒数の頻度分布

営巣筒数	地 点 数				
	1970	1974	1974b	1994	1995
0	9	16	26	0	0
1	5	10	4	0	0
2~ 3	5	6	4	0	0
4~ 9	4	7	3	0	0
10~ 27	2	5	7	4	2
28~ 81	2	2	2	5	3
82~243	0	2	2	5	6
244~729	0	0	0	0	1
計	27	48	48	14	12

注) 1974b はツツハナバチ

に示した。ここで、営巣筒数はオクターブ法によって階級分けした³⁾。マメコバチの営巣がなかった地点が1970年と1974年とも33%であり、営巣筒数が1~9本の地点が1970年が52%、1974年が48%であった。これに対し、1994年にはすべての地点で営巣が認められ、しかもすべての地点で営巣筒数が10本以上であった。このように、営巣地点数及び地点当たりの営巣数は1970年代よりも1990年代の方が明らかに多かった。

1970年代には津軽地域の家屋はアシガヤ草きの屋根が多かったので、マメコバチの営巣環境は1990年代よりも良かったとみなされる。アシ筒のトラップ効率の視点からみると、1970年代よりも1990年代の方が効率が高くなるはずであり、マメコバチの密度が同じ場合には1970年代よりも1990年代の方がアシ筒に営巣する確率が高い。したがって、アシ筒への営巣数の増加が必ずしもマメコバチの密度の増加を直接的に反映しているとは言えない。しかしながら、アシ筒のトラップ効率はツツハナバチに対しても同様に高まっているはずなのに、ツツハナバチの営巣数は増加していない。これはツツハナバチの相対的な密度低下と共に、マメコバチの分布拡大と密度上昇が生じたことによると推定される。リング園におけるマメコバチの使用面積は

1970年代には統計に表れないほど少なかったのに対し、1995年には80%以上のリンゴ園で使用されている。リンゴ園からの分散によってマメコバチの分布拡大と密度の上昇することは十分考えられる。

c) 営巣筒数と産卵数

営巣筒数は営巣した雌成虫数と必ずしも一致するとはいえないが、その第1近似値とみなすことができる。それ故、営巣筒数に対する筒当たりの産卵数の関係を検討することによって、産卵数の成虫数に対する密度依存性を検討できる。

第3表 営巣筒数と産卵数の関係

年次	平均産卵数	決定係数	備 考
1970	6.0	0.082	
1974	6.2	0.026	
	8.2	0.013	ツツハナバチ
1994	3.3	0.403	
1995	5.7	0.189	

第3表に検討結果を示した。なお、検討した地点数と営巣筒数(=雌成虫数)の大まかな範囲は第2表に示されている。1970年では密度依存性はなく、平均産卵数は6.0であった。1974年にはマメコバチとともにツツハナバチも多く地点で認められたので、両種について検討したが、いずれも密度依存性は認めらず、平均産卵数はそれぞれ6.2及び8.2個であった。1994年には5%水準で有意であったが、 r^2 の値が低く、ことさら密度依存性を強調するほどでもないとみなされた。単純平均は3.3個であった。1995年には有意でなく、単純平均は5.7個であった。

マメコバチの種バチを得るという応用的な立場からみた場合、トラップ用のアシ筒を200本程度設置すれば、マメコバチ成虫間の競合は生じないと判断される。ちなみに、山田ら(1984)が一般リンゴ園26地点を対象としてアシ筒400本を設置し、マメコバチの雌雄を各50個体放飼した試験では、1筒当たり平均産卵数が5.9(範囲

2.6~9.5)であり、ここで得られた結果とほぼ同じであった。

2) 生命表分析

a) 生命表の1事例

各発育ステージに作用する死亡要因を例示するために、1994年と1995年における相馬村藍内の生命表を第4表に示した。

1994年では設置した200本のアシ筒全体で250個の卵が生みつけられた。営巣筒数は114本であったので1本のアシ筒に平均2.2個生みつけられたことになる。そのうち4個(1.6%)がコナダニ、3個(1.2%)が要因不明で死亡した。幼虫に達した数は243匹(97.2%)であり、そのうち1匹(0.4%)が要因不明で死亡した。

繭を形成した数は242個体(96.8%)であり、そのうちツツハナトゲアシコバチ *Monodontomerus osmiae* とシリアゲコバチ *Leucospis japonica* によって1匹(0.4%)ずつが死亡し、要因不明で5匹(2.1%)が死亡した。

繭内で成虫となった数は235個体であり、そのうちナガヒョウホンムシ *Ptinus japonicus* (以下、ヒョウホンムシ)とクロマグラカツオブシムシ *Torgoderma longisetosum* (以下カツオブシムシ)によって1匹(0.4%)ずつ、要因不明によって36匹(15.3%)が死亡した。

繭から脱出した成虫数は197匹(78.8%)で、これらはすべて筒からも脱出した。

1995年には2,624個の卵が生みつけられた。営巣筒数が545本であったので、1本のアシ筒に平均4.8個生みつけられたことになる。卵を基準にした1年間の増加率は10.5倍であった。また、脱出した成虫の雌の割合が50%と仮定すると、1995年の春に脱出した成虫は平均20.6個の卵を産んだことになる。

全体の卵のうち108個(4.1%)がコナダニ、87個(3.3%)が要因不明によって死亡した。

幼虫に達した数は2,429匹(92.6%)であり、そ

第4表 藍内におけるマメコバチの生命表

発育ステージ	死亡要因	1994				1995			
		生存数	100 lx	死亡数	100 qx	生存数	100 lx	死亡数	100 qx
卵		250	100			2,624	100		
	コナダニ			4	1.6			108	4.1
	不明			3	1.2			87	3.3
	計			7	2.8			195	7.4
幼虫		243	97.2			2,429	92.6		
	ヒョウホンムシ			0	0			0	0
	カツオブシムシ			0	0			0	0
	ヒメバチ sp.			0	0			1	0
	不明			1	0.4			50	2.1
計			1	0.4			51	2.4	
繭形成		242	96.8			2,378	90.6		
	エゾクロツリアブ			0	0			228	9.6
	ツツハナトゲアシコバチ			1	0.4			9	0.4
	シリアゲコバチ			1	0.4			26	1.1
	ヒョウホンムシ			0	0			0	0
	カツオブシムシ			0	0			0	0
	ヒメバチ sp.			0	0			14	0.6
	不明			5	2.1			42	1.8
計			7	2.9			319	13.4	
繭内成虫		235	94.0			2,059	78.5		
	ヒョウホンムシ			1	0.4			10	0.5
	カツオブシムシ			1	0.4			1	0
	不明			36	15.3			34	1.7
計			38	16.2			45		
繭脱出成虫		197	78.8			2,014	76.8		
	繭脱出失敗			0	0				
計			0	0					
繭脱出成虫		197	78.8						

のうち1匹がヒメバチの1種、50匹(2.1%)が要因不明によって死亡した。

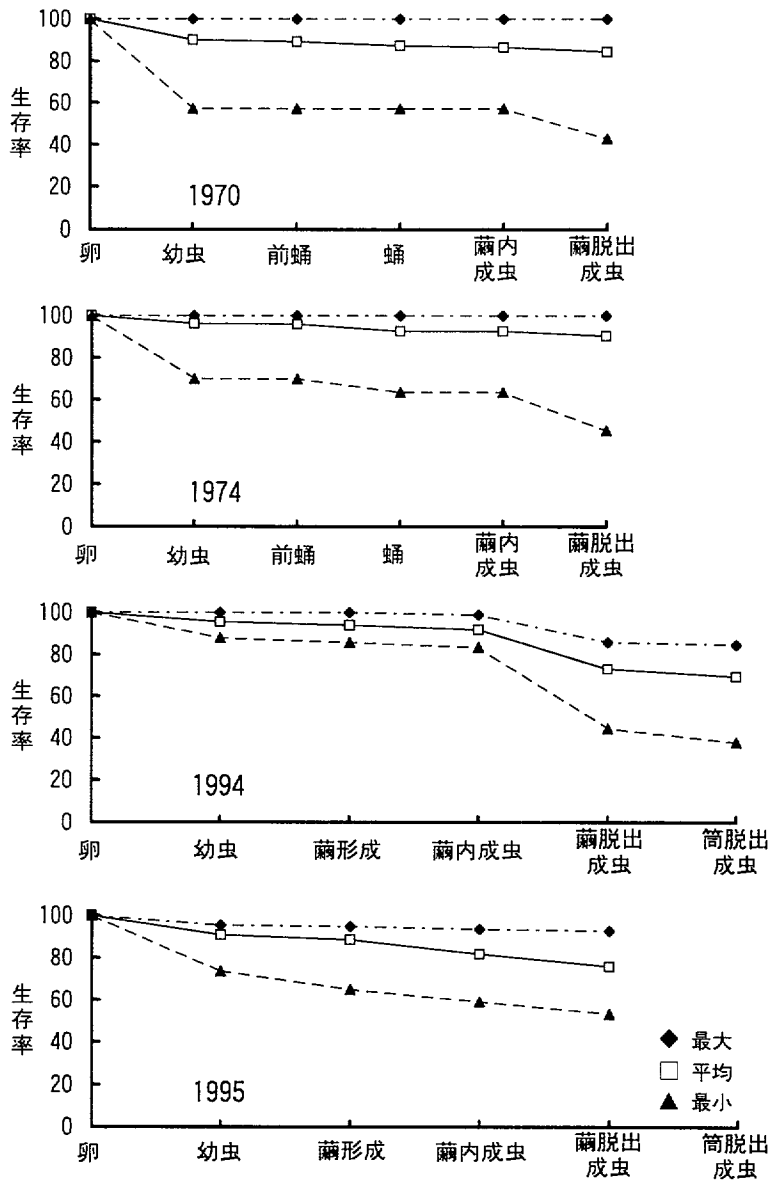
繭を形成し前蛹になった数は2,378匹(90.6%)であり、そのうちエゾクロツリアブ *Anthrax jezoensis* によって228匹(9.6%)、ツツハナトゲアシコバチによって9匹(0.4%)、シリアゲコバチによって26匹(1.1%)、ヒメバチの1種によって14匹(0.6%)、要因不明によって42匹(1.8%)が死亡した。

繭内で成虫となった数は2,059匹(78.5%)であり、そのうちヒョウホンムシによって10匹

(0.5%)、カツオブシムシによって1匹、要因不明によって34匹(1.7%)が死亡した。

脱出可能な成虫の数は2,014匹(76.8%)であった。

以上を要約すると、1994年に産下された250個の卵から78.8%に相当する197匹の成虫が1995年の春期に脱出した。1995年には前年の10.5倍に当たる2,624個の卵が産下され、そのうち76.8%に当たる2,014匹が成虫となった。成虫を基準とした増加率は10.2倍であった。このように藍内ではこの2年間に密度が約10倍となった。



第1図 マメコバチの生存曲線

b) 生存曲線

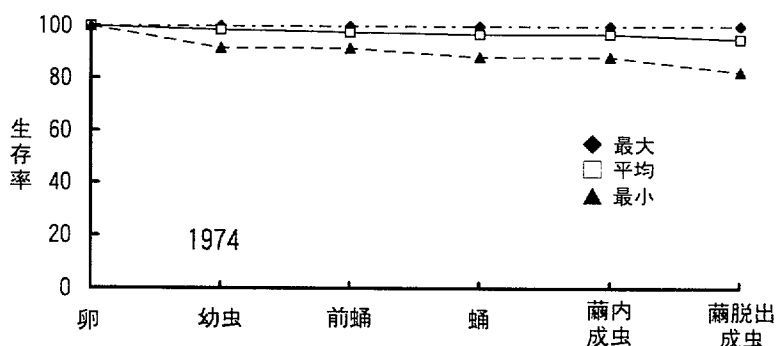
得られた生命表に基づいて各年次におけるマメコバチの平均、最大及び最小の生存曲線を作成し、第1図に示した。

1970年における平均生存曲線は卵のステージで10%減少した。その後の減少は極めて少なく、繭から脱出可能な成虫(図では「繭脱出成虫」と記載)の割合は84.4%であった。脱出可能な成虫の割合の最小と最大はそれぞれ42.8%と100%

であった。

1974年における平均生存曲線の減少は極めて少なく、繭から脱出可能な成虫に達した割合は90.6%であった。脱出可能な成虫の割合の最小と最大は45.4%と100%であった。

1994年における生存曲線は繭内成虫までは緩やかに減少し、その後急激に減少した。繭内での成虫羽化率の平均は73%、最小と最大はそれぞれ44%と86%であり、筒からの成虫脱出率の



第2図 ツツハナバチの生存曲線

平均は69%、最小と最大はそれぞれ37%と84%であった。

1995年における平均生存率は直線的に減少し、繭内での平均羽化率は76%であった。最大と最小の差は発育ステージが進むに従って拡大し、羽化率の最小と最大は53%と93%であった。

生存曲線は同一年次でも地域によってばらつきがあるものの、基本的にはミツバチと同様に生存率が高く、DEEVEY(1947)の基本類型に従えばI型に類別された。山田ら(1971)及び山田ら(1984)がリング園で飼育されているマメコバチを対象とした調査によれば、成虫に達した割合は、それぞれ31.2~98.5%(n=33)及び40.0~92.8%(n=26)であり、生存曲線はいずれの園地でもI型であった。

1974年におけるツツハナバチの生存曲線を第2図に示した。同年に得られたマメコバチの生存曲線に比較すると全体的に生存率は高かった。しかし、基本的にはマメコバチの生存曲線と同じであり、DEEVEY(1947)のI型に類別された。

c) 生存率変動の基本ステージ分析

卵から成虫までの全生存率の地点間変動に対してどのステージにおける生存率の変動が相対的に重要かを検討するために、VARLEY and GRADWELL(1960)に準じて分析した。卵、幼虫、前蛹、蛹及び成虫の生存率をそれぞれ s_1 , s_2 , s_3 , s_4 及び s_5 とし、卵から成虫までの全生存率を

S_t とすれば

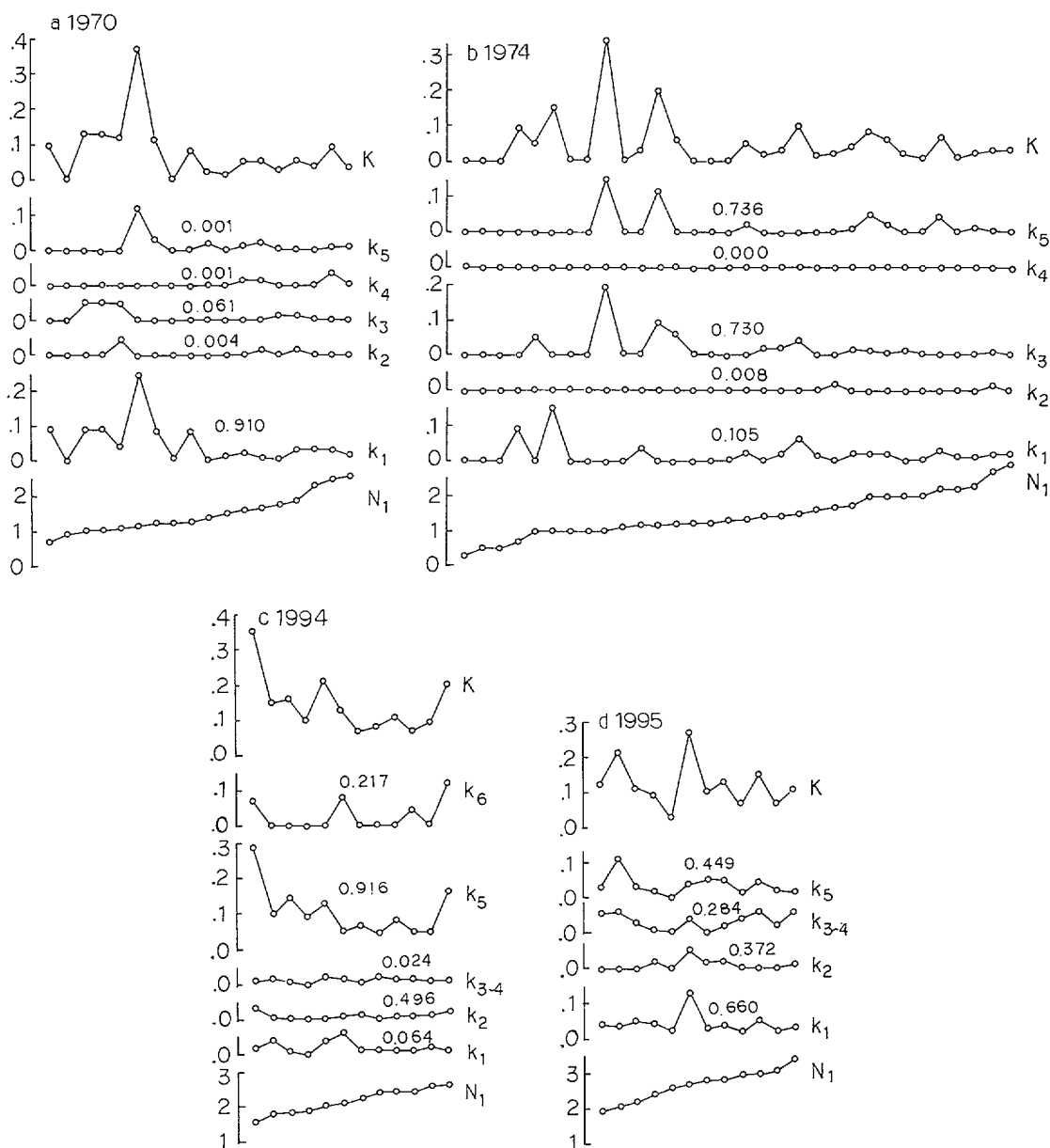
$$S_t = s_1 \cdot s_2 \cdot s_3 \cdot s_4 \cdot s_5$$

が成立する。両辺を対数にとれば

$$\log S_t = \log s_1 + \log s_2 + \log s_3 + \log s_4 + \log s_5$$

となる。生存率 s は $0 \leq s \leq 1$ なので、対数値をとるとマイナスになる。これを回避するために、 $K = -\log S_t$, $k_i = -\log s_i$ ($i=1, 2, \dots$) とし、地点をx軸、 K と k_i をy軸にとってプロットし、 K と並行的に変動する k_i を生存率の地点間変動に対して重要な基本ステージとした。また、このステージにおける重要な死亡要因を基本要因とした。

各年次におけるマメコバチの基本ステージ分析の結果を第3図に示した。先に説明したように、1994年及び1995年には前蛹と蛹を区別せず「繭形成」としたが、このステージの死亡を k_{3-4} とした。また、1970年、1974及び1995年の生命表はマメコバチのが成虫が筒から脱出する前に巣を分解して得たデータによって構成されている。そのため、繭内で羽化した成虫が繭から脱出できる状態に達したものを成虫の生存 (k_5)とした。これに対して、1994年には成虫が実際に筒から脱出した後に筒を分解してデータを得た。そこで、成虫期の生存を二分し、 k_5 に加えて繭から脱出した成虫が実際に筒から脱出するまでの生存を k_6 とした。なお、この図では生存の変動に対する初期密度(=産卵数)の影響

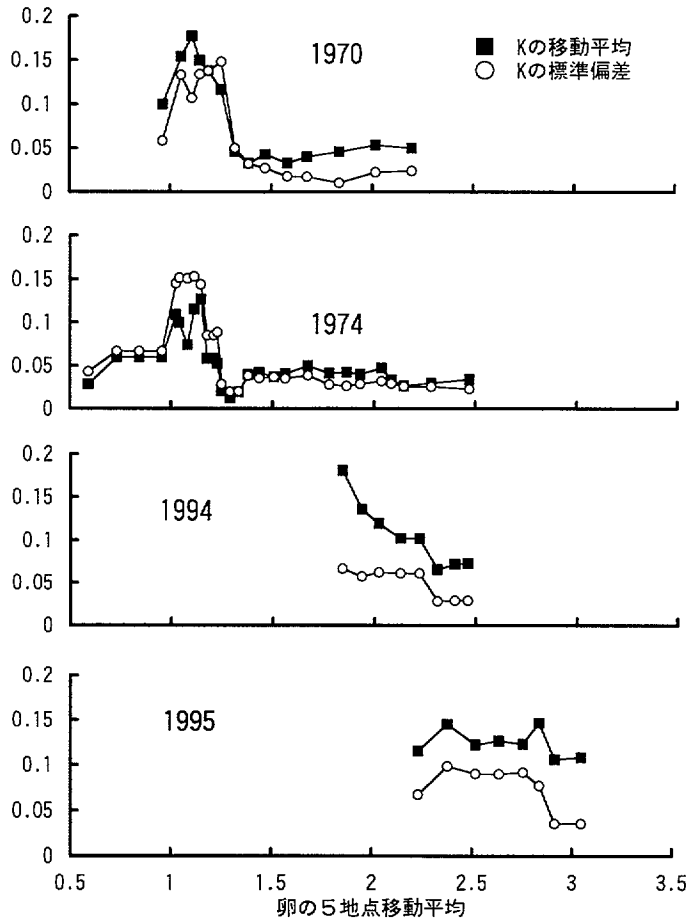


第3図 マメコバチの基本ステージ分析

を検討するために、産卵数の少ない順に地点を x 軸に配列した。1970年では卵の死亡 k_1 が全体の K と並行的に変化した ($r^2=0.910$)。重要な要因はコナダニであった。1974年では前蛹と成虫の死亡 k_3 と k_5 が全体の K と並行的に変化した ($r^2=0.730$, $r^2=0.736$)。重要な要因は不明要因による死亡であった。1994年と1995年は相連続した調査であったが、1994年には成虫

の生存 k_5 が K と並行的に変化した ($r^2=0.916$)。重要な要因は不明要因による死亡であった。一方、1995年には成虫の生存 k_5 と K の相関は低下し、最も高いのは卵の生存 k_1 であった ($r^2=0.660$)。重要な要因はコナダニであった。

リンゴ園で飼育されているマメコバチでは多くの場合は基本要因がコナダニであり^{13,14)}、それを駆除することが重要な研究課題であった



第4図 マメコバチにおける個体群サイズに対するKの大きさとその変動

が、山田(1986、1990)によってほぼ確立された。

ところで、初期密度が低いほど筒内におけるKの地点間変動が大きい傾向が第3図からも読み取れる。この点をさらに明確にするため、初期密度の低い順に並べ、その5地点移動平均をx軸、これに対応したKの移動平均と標準偏差をy軸とし第4図に示した。1970年と1974年には移動平均が1~1.2程度のときにKの値とその標準偏差が最も大きかった。Kの平均を \bar{K} 、その標準偏差をsとすると、 $\bar{K} + 3s < K$ となる確率は0.13%であり、ほとんど起こり得ない。初期密度をNとすれば、 $N = K$ で壊滅的な死亡が生じることになるが、 \bar{K} とsが最も大きい場合でもいずれも高々0.2程度なので、 $K (= 0.2 + 3 \times 0.2 = 0.8) < N (= 1.0 \sim 1.2)$ となる。第1図

の生存曲線からも類推できるが、低密度の場合でも壊滅的な死亡が起こる可能性は極めて低い。

d) 性比

1995年に得られた繭の一部を分解し、性比を調査した。その結果を第5表に示した。性比50%の帰無仮説が5%水準の χ^2 -検定で否定された場合、多いとみなされた性を有意性の欄に明記した。雌の方が多かったのは12地点のうち2点のみであり、雄の方に偏る傾向が強かった。しかし、雄が雌よりも有意に多いとみなされたのは2例だけであり、雌が雄よりも有意に多いとみなされた例数と同じであった。山田ら(1971)はリング園で飼育されているマメコバチにおいても雌よりも雄に偏る傾向があることを認めている。

第5表 1995年におけるマメコバチの性比

地点	調査数	雌の割合(%)	有意性
南中野	101	59.4	♀
大川原	96	44.8	
二庄内	136	49.3	
小国	132	40.2	♂
葛川	127	44.9	
平六	123	42.3	
島田	112	50.0	
藍内	142	47.9	
長面	120	50.8	
砂子瀬	58	70.7	♀
大秋	50	36.0	
桜林	138	39.9	♂

マメコバチの成虫は細いアシ筒には雄卵を多く産みつける傾向がみられた(渡辺、未発表)。したがって、各地点に設置したアシ筒の太さの頻度分布も考慮しなければならないので、性比の問題は単純ではない。しかし、自然生息地からマメコバチの種バチを得るといった応用的な立場からは性比を50%とみなしても大過はないと思われる。

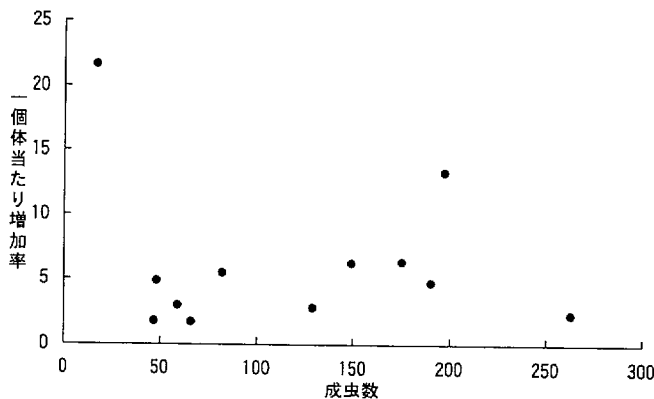
3) 個体数の年次変化

1970年と1974年の調査はいずれも単年度ごとの調査であったことから、卵から成虫までの生存過程に関する情報を得ることはできるが、成虫から次の世代の卵までの増殖に関する情報は得られない。これに対し、1994年と1995年の調

査は同一地点における連続調査なので、成虫から卵までの増殖に関する情報が得られる。

成虫1個体当たりの増加率(産卵数/成虫数)と成虫数の関係を第5図に示した。なお、ここでの増加率には1994年と同様に1995年に新たにトラップされた分も含まれている。したがって、厳密な意味では増加・移入率であるが、以下では単に増加率とする。増加率には密度依存性は認められず($r^2=0.030$)、平均増加率は6.19、標本の標準偏差は6.06であった。ここで得られた増殖率の最大値は二庄内における21.7であった。マメコバチの性比を50%と仮定すると、1雌当たりの産卵数は43.4となる。山田ら(1971)によるとマメコバチの平均産卵数は45個であり、ここで得られた最大産卵数はマメコバチの生理的増殖力の範囲内にある。したがって、完全にあり得ない値とは言えないが、1雌当たりの実現産卵数が20~25個であること^{4,13)}からみて、増殖に加えて移入も大きかったものと考えられる。

山田ら(1984)はマメコバチ成虫の雌雄それぞれ50個体を内径3cm、長さ15cmの表面を黒い紙で被覆した試験管に収容して一般リング園に放飼し、増殖を調べた。それによると、放飼した成虫当たりの増加率の平均は1.95で、その範囲は0.25~4.50($n=26$)であり、ここでの結果よりも低かった。彼らは、増殖率には成虫の定



第5図 1個体当たりの増加率と成虫数との関係

第6表 各天敵の発生地点数とそれによる総死亡数

a) マメコバチ (1970年：27地点)

	発生地点	総死亡数	重要度指数
コナダニ	11	38	1.41
カツオブシムシ	1	2	0.07
ツツハナトゲアシコバチ	4	5	0.19
<i>Melitobia</i> sp.	1	2	0.07
アシプトコバチ	3	4	0.15

b) マメコバチとツツハナバチ (1974年：34地点)

	発生地点数		総死亡数		重要度指数	
	マメコバチ	ツツハナバチ	マメコバチ	ツツハナバチ	マメコバチ	ツツハナバチ
コナダニ	11	5	63	20	1.85	0.59
ヒョウホンムシ	10	11	43	50	1.27	1.47
カツオブシムシ	2	1	7	1	0.21	0.03
<i>Melitobia</i> sp.	1	0	1	0	0.03	0
ツツハナトゲアシコバチ	3	0	3	0	0.09	0

c) マメコバチ (1994年と1995年：12地点)

	地点数		総死亡数		重要度指数	
	1994	1995	1994	1995	1994	1995
コナダニ	7	11	23	308	1.92	25.67
ヒョウホンムシ	6	9	27	106	2.25	8.83
カツオブシムシ	3	6	25	98	2.08	8.16
ヒメバチ sp.	0	4	0	24	0	2.0
エゾクロツリアブ	0	6	0	322	0	26.83
ツツハナトゲアシコバチ	4	9	5	41	0.42	3.41
シリアゲコバチ	2	4	2	40	0.17	3.33

着率が大きく関与すると考察している。両者の増殖率の違いには、放飼法の違いを通じた成虫の定着率が大きく関与したと考えられる。

4) 天敵の分布と多様性

a) 天敵の種類と分布

各調査年次において各天敵が発生した地点数とその天敵によって死亡した総個体数を第6表に示した。最も多くの地点で発生がみられたマメコバチの天敵は年次に関係なくコナダニであり、2番目に多かったのは1970年ではツツハナトゲアシコバチ、1974年、1994年及び1995年はヒョウホンムシであった。1974年におけるツツハナバチではヒョウホンムシが最も多くの地点

でみられ、これにコナダニが続いた。

ある天敵aの相対的な重要度を、(天敵aの発生地点において、aによって死亡したマメコバチの平均数)×(天敵aの発生園地割合)とすると、この値は(天敵aによる総死亡数)/(調査地点数)と一致する。この値を重要度指数として第6表に付け加えた。いずれの年次においても共通してコナダニの値が高かった。第6表c)のデータは同じアシ筒を2年間連続使用して得た結果である。いずれの天敵でも指数の値が増加した。本来、マメコバチは孤独性のハナバチであるが、多数の営巣筒を与えて集団営巣させることによって、天敵の筒間の移動を容易にする。これに加えて筒の連年使用によって天敵の増加

が助長されたとみなされる。この傾向はコナダニとエゾクロツリアブで著しかった。特に、エゾクロツリアブは1970年、1974年及び1994年のように1年間だけ設置した場合にはみられなかったのに対し、1994年から1995年のように連年使用によって急激に増加した。

第6表に示した天敵はリンゴ園で飼育されているマメコバチでも共通してみられる。リンゴ園でマメコバチを飼育する場合には、アシ筒を数年間連続して使用することが一般的であるが、マメコバチの増殖力に比較して、これらの天敵の増殖力が高いことを考慮すると、アシ筒の定期的な更新が必要であり、更新技術の開発も重要である。

b) 天敵の多様性の変化

ここで検討する各年次の天敵のデータは第7表に示すように地点と種類から構成される二元配置となっている。このようなデータを解析する上で、客観的な指標を与えるものとして SHANNON-WIENER の多様度指数 $H'_{3,5}$ があげられる。これによると、調査対象地域全体の多様度 $H'(SL)$ は

$$H'(SL) = -\sum \sum n_{ij} / N \cdot \log n_{ij} / N$$

と定義される。ここで、 $p_i = n_i / N$, $q_j = n_j / N$, $u_{ij} = n_{ij} / n_i$ 及び $v_{ij} = n_{ij} / n_j$ とすれば、種の多様度 $H'(S)$ は

$$H'(S) = -\sum p_i \cdot \log p_i$$

地点の多様度 $H'(L)$ は

$$H'(L) = -\sum q_j \cdot \log q_j$$

各地点(j)の種の多様度 $H'_j(S)$ は

$$H'_j(S) = -\sum v_{ij} \cdot \log v_{ij} \quad (j=1, 2, \dots, 5)$$

これの平均 $H'_L(S)$ は

$$H'_L(S) = -\sum q_j \cdot H'_j(S)$$

各天敵(i)の地点多様度 $H'_i(L)$ は

$$H'_i(L) = -\sum u_{ij} \cdot \log u_{ij} \quad (i=1, 2, \dots, 4)$$

これの平均 $H'_S(L)$ は

$$H'_S(L) = -\sum p_i \cdot H'_i(L)$$

と定義される。

第7表 天敵に関するデータの構成

		地点(j)					計
		1	2	3	4	5	
天敵の種類 (i)	1	n_{11}	n_{12}	n_{13}	n_{14}	n_{15}	$n_{1.}$
	2	n_{21}	n_{22}	n_{23}	n_{24}	n_{25}	$n_{2.}$
	3	n_{31}	n_{32}	n_{33}	n_{34}	n_{35}	$n_{3.}$
	4	n_{41}	n_{42}	n_{43}	n_{44}	n_{45}	$n_{4.}$
	計	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n_{.3}$	$n_{.4}$	$n_{.5}$	N

第8表 マメコバチの天敵の多様度

	1970	1974	1994	1995
$H'(S)$	0.391	0.500 (0.288)	0.584	0.686
$H'_S(L)$	0.794	0.715 (0.783)	0.512	0.606
$H'(L)$	0.981	0.938 (0.904)	0.912	0.784
$H'_L(S)$	0.204	0.277 (0.167)	0.185	0.508
$H'(SL)$	1.185	1.215 (1.071)	1.096	1.292

注) 1974年の()内の値はツツハナバチ

これらの多様度と地域全体の多様度には次の関係が成立する⁵⁾。

$$H'(SL) = H'(S) + H'_S(L)$$

$$H'(SL) = H'(L) + H'_L(S)$$

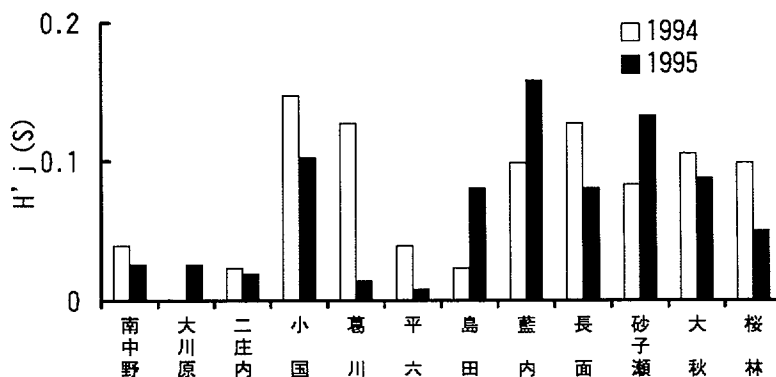
したがって、 $H'(SL)$ 、 $H'(S)$ 、 $H'_S(L)$ 、 $H'(L)$ 及び $H'_L(S)$ の5つの値のうちいずれか3つの値が求められれば、他の2つの値が決められる。

ところで、ここで取り扱うnの値を天敵の実数とすれば、例えばコナダニの場合には1つの虫室に1,000匹以上がおり計数が難しく実用的でない。そこで、ここではnを天敵によるマメコバチの死亡数とした。

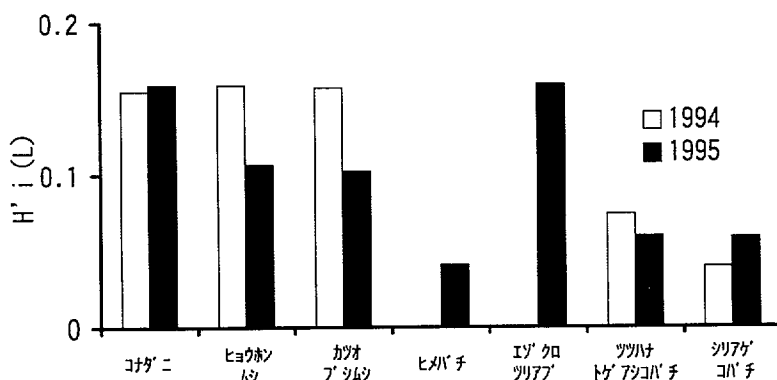
第8表に多様度の値を示した。マメコバチの天敵では、1970年と1974年が $H'(S) < H'_S(L)$ に対し、1994年と1995年が $H'(S) > H'_S(L)$ であり、種の多様度が1970年代よりも1990年代の方が高かった。

1974年におけるツツハナバチとマメコバチの比較では、マメコバチの天敵の多様度が高かった。

1994年と1995年の結果は同一地点において同じアシ筒を連続使用して得た結果であるが、全



第6図 $H'_L(S)$ を構成する各地点(j)の種の多様度 $H'_j(S)$



第7図 $H'_s(L)$ を構成する各天敵(i)の地点多様度 $H'_i(L)$

体の多様度はこの2年間に0.196増加した。これを構成する $H'(S)$ と $H'_s(L)$ もそれぞれ0.102と0.094増加した。これに対して、 $H'(L)$ と $H'_L(S)$ の変化は対照的であり、前者が0.128減少し、後者が0.326増加した。

$H'_L(S)$ を構成する各地点(j)の種の多様度 $H'_j(S)$ を第6図に示した。年次の経過により天敵の多様度が低下する事例もみられたが、ほとんどの地点で上昇した。また、 $H'_s(L)$ を構成す

る各天敵(i)の地点多様度 $H'_i(L)$ を第7図に示した。1994年にはヒメバチの一種とエゾクロツリアブはみられなかったため、図では空欄となっている。1995年にはこれら2種の天敵が加わったため、前年にみられた各天敵の全体に対する相対的な比率が低下した。このため、ヒョウホムシ、カオアシムシ及びツツハナトゲアシコバチの地点多様度 $H'_i(L)$ は低下した。

IV. 摘

1994年と1995年にリンゴ園以外の自然条件下で生息しているマメコバチを対象として、アシ筒を利用した営巣トラップ法によって、分布、密度、天敵の種類、卵から成虫までの生存率、増殖率などを調査した。同様の調査は1970年と1974年に実施され、結果の一部はすでに報告さ

要

れている。本報告では1970年と1974年の未報告部分と1994年及び1995年の調査結果を統合し、取り纏めた。

マメコバチ自然個体群の分布は1970年代よりも1990年代の方が広く、密度も高まっているとみなされた。これは、リンゴ園におけるマメコ

バチの利用が盛んになったことにより、リンゴ園外への分散が生じたことによるとみなされる。

マメコバチ自然個体群の生存率はリンゴ園で飼育されているマメコバチの生存率とは大きな違いはなく、生存曲線は DEEVEY (1947) の I 型であった。

1994年から1995年までの増加率の平均は約6倍であった。個々の地点における増加率はリンゴ園におけるマメコバチ成虫の放飼実験で得た値より高い傾向を示した。しかし、この違いは、前者では筒からの成虫脱出に人為的な操作が加えられなかったのに対し、後者では人為的な操

作が加えられたことが強く関与し、本質的な違いによるものではないと考えられた。

マメコバチ自然個体群における天敵の種類はリンゴ園におけるマメコバチの天敵と基本的に同一であり、キタツツハナコナダニ、ナガヒョウホンムシ、クロマダラカツオブシムシ、ヒメバチの一種、エゾクロツリアブ、ツツハナトゲアシコバチ、シリアゲコバチが記録された。

1994年と1995年に同一のアシ筒を連続使用した結果、すべての天敵が1994年よりも1995年の方が多くの地点で認められ、個体数も多かった。筒の連続使用により天敵の多様度も増加した。

引用文献

- 1) 青森県農林部 (1996) 平成8年りんご生産指導要項, りんご課資料331号, 青森県農林部, 青森, 375 p.
- 2) DEEVEY, E. S. (1947) Life table of natural population of animals. *Quart. Rev. Biol.* 22 : 283-314.
- 3) 木元新作 (1976) 動物群集研究法I —多様性と種類組成— 共立出版株式会社, 東京, 192 p.
- 4) 前田泰生・北村泰三 (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 : 13-16.
- 5) PIELOU, E. C. (1974) *Population and Community Ecology*. Cordon and Breach, Science Publishers, Inc. New York. 424 p.
- 6) 関田徳雄 (1991) リンゴ園におけるキンモンホソガとギンモンハモグリガの個体群動態に関する比較生態学的研究. 青森りんご試報 27 : 1-98.
- 7) 関田徳雄 (1992) 青森県のリンゴ園におけるマメコバチの花粉媒介虫としての利用と問題点. 植物防疫 46 : 488-492.
- 8) SEKITA, N. and M. YAMADA (1993) Use of *Osmia cornifrons* for pollination of apples in Aomori Prefecture, Japan. *JARQ*. 26 : 264-270.
- 9) VARLEY, G.C. and GRADWELL, G.R. (1960) Key factor in population studies. *J. Anim. Ecol.* 29 : 399-401.
- 10) VARLEY, G. C., G. R. GRADWELL and M. P. HASSEL (1973) *Insect Population Ecology, an Analytical Approach*. Univ. California Press. California. 212 p.
- 11) 山田雅輝 (1986) リンゴ授粉用マメコバチのコナダニ駆除法. 農及園 61 : 67-71.
- 12) 山田雅輝 (1990) マメコバチに寄生するツツハナコナダニの薬剤及び熱処理による防除. 青森りんご試報 26 : 39-77.
- 13) 山田雅輝・小山信行・関田徳雄・白崎将瑛・津川力 (1971) リンゴ園における天敵と益虫の保護利用に関する研究 第3報 マメコバチ *O. cornifrons* (RADOSZKOWSKI) の生態とリンゴ授粉への利用. 青森りんご試報告 15 : 1-80.

- 14) 山田雅輝・川嶋浩三・会津博作(1984)マメコバチの増殖に関する生態学的研究. 青森りんご試報 21: 23-92.
- 15) 山田雅輝 (1994) リンゴの授粉に利用するためのマメコバチ管理技術の進歩. 中村信吾編「りんごのすべて」69-95.S. K. K. 出版、弘前. 262 p.

Summary

Densities, survival, reproduction and natural enemies of *Osmia cornifrons* (Hymenoptera: Megachilidae) in natural habitats outside apple orchards were surveyed by a nest trap method in 1994 and 1995. Results were comprehensively analyzed together with those obtained in 1970 and 1974 with the same method.

The densities of *O. cornifrons* in natural habitats have markedly increased since the 1970s. This is possibly because it has spread from apple orchards to natural habitats. Only small proportion of apple orchards was pollinated by this species in the 1970s, while in 1994 and 1995, over 70% of the total area cultivated with mature apple was pollinated by this species.

Survival of *O. cornifrons* from egg to adult stages ranged from 43 to 100% depending on local populations and densities increased sixfold on average from 1994 to 1995. The number of natural enemies as well as their densities increased as a result of continuous use of the same nests from 1994 to 1995.

Natural enemies recorded in the present studies were *Chaetodactylus nipponicus*, *Monodontomerus osmiae*, *Leucospis japonica*, *Ptinus japonicus*, *Torgoderma longisetosum*, *Pimpla* sp. and *Anthrax jezoensis*. None of these species were new records, since they had already been recorded from populations kept in apple orchards for pollination.

付表1 1970年における営巣筒数と産卵数

調査地点	営巣筒数	産卵数
平賀町 平六	62(2)	352(12)
尾上町 八幡崎	0	0
黒石市 一の渡	8	63
田舎館村 南中野	4	17
浪岡町 畑中	1	17
弘前市 大釈迦	1	12
弘前市 小沢	0	0
弘前市 一の渡	0	0
弘前市 下湯口	8	37
弘前市 国吉	0	0
弘前市 大沢	3	14
弘前市 富栄	2	18
弘前市 鬼沢	0	0
弘前市 大森	2	12
弘前市 長前	25	192
岩木町 新法師	1	9
岩木町 百沢	6	45
西目屋村 田代	10	79
西目屋村 川原平	65	295
相馬村 相馬	1	5
相馬村 紙漉沢	0	0
金木町 金木	3	25
中里町 中里	0	0
五所川原市 原子	3	30
木造町	1	12
青森市 田茂木野	0	0
青森市 野内	0	0

() 内の値はツツハナバチ

関田ほか：自然生息地のマメコバチ

付表2 1974年におけるマメコバチとツツハナバチの営巣筒数と産卵数

調査地点	マメコバチ		ツツハナバチ			
	営巣筒数	産卵数	営巣筒数	産卵数		
黒石市	大川原	17	101	3	34	
	虹の湖	3	16	5	55	
	黒森	0	0	0	0	
	黒森	1	12	18	141	
	二庄内	5	49	27	287	
平賀町	一の渡	4	17	0	0	
	小国	41	163	11	78	
	葛川	1	5	1	4	
大鰐町	平六	134	888	85	638	
	虹貝	4	26	4	36	
碓ヶ関村	島田	0	0	0	0	
	碓ヶ関	5	29	3	24	
	久吉	1	11	0	0	
藤崎町	古懸	0	0	0	0	
	松野木	23	167	41	325	
	浪岡町	相沢	1	10	0	0
	吉内	0	0	0	0	
弘前市	大釈迦	0	0	0	0	
	細野	0	0	0	0	
	本郷	5	46	0	0	
	十面沢	28	197	17	130	
	大森	4	26	1	21	
	十腰内	5	38	0	0	
	長前	0	0	0	0	
岩木町	弥生	3	16	0	0	
	折笠	3	20	0	0	
	枯木平	88	483	41	356	
	岳	14	95	2	11	
相馬村	高岡	0	0	1	8	
	沢田	2	20	2	15	
	西目屋村	川原平	21	97	21	146
五所川原市	村市	1	16	79	659	
	田代	2	10	15	110	
	砂子瀬	1	11	4	34	
	高野	2	16	0	0	
	飯詰	0	0	0	0	
	原子	0	0	0	0	
鱈ヶ沢町	前田野目	0	0	0	0	
	松代	15	101	16	138	
	一本杉	1	3	0	0	
	白沢	0	0	1	8	
金木町	建石	1	11	0	0	
	金木1	1	2	0	0	
	金木2	0	0	0	0	
青森市	川倉	0	0	0	0	
	雲谷	1	3	0	0	
	鶴ヶ坂	0	0	0	0	
	戸門	0	0	0	0	

付表3 各調査地点における営巣筒数と産卵数並びに1995年におけるマメコバチの割合

調査地点	1994年		1995年		マメコバチの 割合 (%)
	営巣筒数	産卵数	営巣筒数	産卵数	
南 中 野	15	69	28	233	100
大 川 原	17	84	18	114	100
二 庄 内	12	45	60	368	98.3
小 国	69	261	90	572	63.2
葛 川	29	95	31	176	100
平 六	22	67	17	83	100
島 田	56	176	156	929	100
藍 内	114	250	545	2,624	100
長 面	122	369	237	1,111	100
砂 子 瀬	83	237	181	933	96.5
川 原 平	127	—			
大 秋	120	356	133	670	90.4
枯 木 平	65	—			
桜 林	52	133	102	451	100