

リンゴのポリネータとしてのマメコバチ利用に調和した害虫防除

関 田 徳 雄

(青森県りんご試験場 病虫肥料部)

Pest Control Compatible with the Use of *Osmia cornifrons* as the
Pollinator of Apples in Aomori Prefecture, Japan

Norio SEKITA

(Aomori Apple Experiment Station)

1. マメコバチの生態

マメコバチ (*Osmia cornifrons*) は釘穴、甲虫の坑道などにも営巣するが、ポリネータとしてマメコバチを利用している多くのリンゴ生産者はアシの茎を営巣資材に利用している。成虫は4月中旬から5月上旬に巣から脱出し、交尾する。交尾後の雌は営巣用の筒を選択する。その後、粘土を採集して巣筒に持ち帰り、唾液でこねて巣筒の奥に栓をし、粘土壁を作る。この粘土壁を作成するために、土取り場と巣筒を何回も往復する。粘土壁を完成すると、花粉と蜜を採集して巣に持ち帰り、これを混ぜて花粉塊を作成する。この花粉塊を作成するために花と巣を何回も往復する。花粉塊を完成すると、その上に1個の卵を生み付ける。次に、また泥を運んで粘土壁を作成する。これら2つの粘土壁に囲まれた部屋をここでは虫室と呼ぶ。二番目の粘土壁が完成すると、花粉と蜜で花粉塊を作成し、産卵する。このように粘土壁作成—花粉塊作成—産卵の繰り返しによって、筒内に一連の虫室を形成する。幼虫は花粉塊を食べて成長する。幼虫は夏に成熟して繭を作成し、秋には繭内で成虫となる。成虫は翌春まで繭内に留まる¹⁰⁾。このようにマメコバチは年1化であり、その営巣活動期はリンゴの開花期と一致する。

2. 青森県におけるリンゴ授粉の小史

青森県におけるリンゴ授粉に関する研究と授粉法の変遷を Sekita & Yamada⁶⁾ に従って以下に要約する。

青森県では人手授粉が1930年代に勧められた。しかし、その効果についての研究が行われたのは1950年代であった。1959年から1970年代の初めまでは約50%のリンゴ園が人手によって授粉された。

ミツバチ利用の研究は1961年から開始された。1974年から1978年はミツバチ利用の全盛期であり、約40%のリンゴ園がミツバチを利用した。理由は不明であるが、1979年と1980年の2年間はミツバチの統計が欠如しており、1981年には20%以下に減少した。その後も継続的に減少している。

マメコバチの生活史など基礎的な研究は1960年代に行われた。1968年には利用法を指導要項に記載し普及に移した。1970年代から増殖や放飼などに関する応用的な研究も開始された。しかし、マメコバチの普及はあまり進まず、マメコバチの利用が初めて統計に現れた1981年の利用面積は482haで、全体の2%に過ぎなかった。次の項目で述べる板柳町横沢地区での成功を契機に、

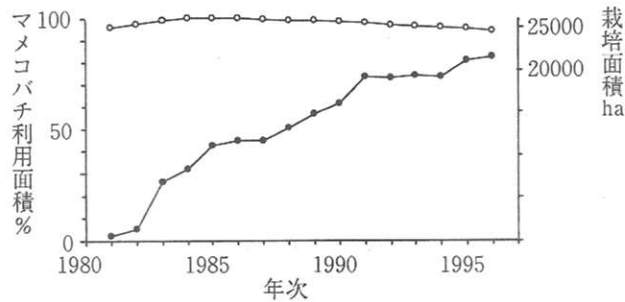


図1 青森県におけるリンゴ栽培面積とマメコバチ利用の推移

1981年からは順調に伸び、1990年には授粉の必要なリンゴ園の60%以上、1996年には約82%で利用した(図-1)。リンゴ園での利用増加に伴って、リンゴ園以外の自然ハビタットへも分散し、密度も増加している⁷⁾。

3. マメコバチの利用を促進した重要なできごと

このような隆盛に寄与した重要な要因が幾つかあるが、中でも特に重要と考えられる3点について、以下に要約する。

(1) 板柳町横沢地区におけるの共同利用

青森県りんご協会は、リンゴモニリア病の生態解明と防除法の確立を初め、リンゴ産業に大きく貢献した元青森県りんご試験場長木村甚弥博士の功績を讃えるために、リンゴ産業に貢献した個人や団体を対象に「木村甚弥賞」を授与している。1979年の第8回顕彰では、マメコバチの実用化に優れた業績をあげたことにより、青森県りんご協会横沢支会に授与した。表彰状によると、次の2点を特に高く評価した。

① 冷蔵庫を利用して羽化脱出期を開花に合うように調整することにより放飼・授粉の効果を高めた。

② 共同防除組合を中心とした活動期における薬剤の使用規制によって共同体制を確立した。

この地区の栽培面積は80haであり、1953年に初めてマメコバチが営巢した100本のアシ筒を導入した。受賞者概要に基づいて、その後の増殖の推移を図示した(図-2)。単位は箱数としたが、リンゴ1箱に2,700～3,000本のアシ筒が入る。1年にはほぼ30%の割合で増加し、1970年には約200箱になった。概要によれば、このころから人手授粉をやめた。1976年には500箱に達し、このころから、授粉作業の時期に、授粉の次のステップである摘花作業を実施した。当時、開花期には、他の地域では人手授粉に多忙を極めていたが、この地区では「リンゴの木の下で花見酒」のようなセンセーショナルな報道が新聞やテレビの定番になった。このようなマスメディアの報道が一般生産者に計り知れない大きなインパクトを与え、マメコバチ導入の機運を高めた。1978年には300名、1979年には1,600名がこの地区のマメコバチ利用状況を視察し、利用方法を学んだ。また、1978年には100箱、1979年には400箱のマメコバチを支会外へ供給した。

(2) マメコバチの低温貯蔵による殺虫剤からの影響回避

青森県ではリンゴコカクモンハマキ(*Adoxophyes orana fasciata*)を主体とする食葉性鱗翅目害虫を対象に新芽が展開する4月下旬に殺虫剤の散布が必要である。また、この時期はキンモンホソガ

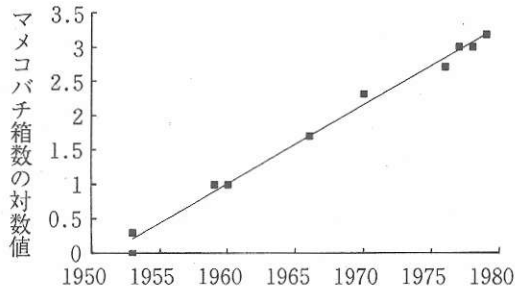


図2 板柳町横沢地区におけるマメコバチの増殖推移
(第8回木村甚弥賞受賞者概要より作図)

(*Phyllonorycter ringoniella*) とギンモンハモグリガ (*Lyonetia prunifolilla malinella*) の防除適期でもあるので、発生の多い園地ではこれらを対象とした防除も必要である。これらの防除剤からの影響を回避するために、マメコバチの繭を低温貯蔵し、成虫の出現を抑制している。成虫は巣から脱出するに先だって、繭を食い破って繭から脱出する。この時にカチカチと音がする。この音が聞こえ始めるところに、マメコバチが営巣した巣筒を低温貯蔵庫に収容する。上記の殺虫剤の散布2、3日後に低温貯蔵庫から取り出し、あらかじめリンゴ園内に設置しておいたシェルターに配置する。貯蔵期間が20日以上になるが、成虫は正常に活動する⁹⁾。この時期には農協のリンゴ貯蔵庫が空室になることから、この方法は広く普及している。

ところで、先に述べたように、横沢地区の受賞概要には低温貯蔵の目的として、「羽化脱出期を開花に合うように調整する」と記されている。しかし、開花期に合わせなければならないのは、営巣活動であり、羽化脱出ではない。しかも、人為的に合わせなくても、自然の状態で営巣活動と開花期は合っている¹⁰⁾。受賞概要の記載は表現上の綾であり、低温貯蔵の本当の目的は殺虫剤の影響を回避することであったとみなすべきである。生存に対する低温貯蔵の影響について基礎研究を

行ったのは1970年代の初期であり、低温貯蔵による殺虫剤からの影響回避法を普及したのは1979年であった。民間先行の技術の有効性を再確認し、普及に移したことになる。

(3)重要天敵コナダニの防除

ニッポンツツハナコナダニ (*Chaetodactylus nipponicus*) は最も重要なマメコバチの死亡要因である。本種はマメコバチの巣に侵入し、マメコバチ成虫が子孫のために蓄えた花粉塊を食害し、増殖する。そのため、マメコバチは卵あるいは幼虫初期の段階で死亡する。コナダニは成虫にも付着し、その活動を阻害する。

コナダニを排除するために巣筒を割って健全繭を取り出すことが勧められたが、煩わしさのためにあまり実施されなかった。そのため、折角マメコバチを導入しても、コナダニによってすぐに壊滅させられることも稀ではなかった。

1) 高温処理

マメコバチは前蛹で休眠し、夏を越す。そのため高温に対する耐性が高い。一方、コナダニはこの時期には繁殖中なので高温に対する耐性が低い。高温に対する耐性の違いを利用して、巣筒の高温処理によってコナダニを死滅させる方法が

1980年代中期に確立された⁸⁾。これが確立された当初は人手授粉のための花粉開葯機を活用して高温処理が広く実施された。しかし、高温処理法は、次ぎに述べる薬剤処理法に比較して処理法が複雑で、時間もかかることから、最近では利用されなくなった。この方法は薬剤処理法に付きまとう薬剤抵抗性とは無縁であり、再評価される時代が来ると思われる。

2) 薬剤処理

コナダニに対して有効な殺虫剤の濃度とマメコバチに対して安全な濃度のマージンが非常に狭いことから、コナダニの防除に殺虫剤を利用することは容易ではない。この目的になかった殺虫剤としてエンドサルファンが1980年代中期に選択され、使用法が開発された⁹⁾。その利用法の一つはエンドサルファンの60ppm液に浸漬処理したアシ筒を巢材として供給するものであり、これによってコナダニによるマメコバチの死亡を低減できる。別の方法は、マメコバチの営巣活動期に巢の入り口に向けて2、3日間隔で数回散布するものであり、これによって、巢及び成虫に対するコナダニの寄生を低減できる。

3. ミダレカクモンハマキに関わる問題

幼虫態で越冬するリンゴコカクモンハマキに加えて、年1化性のミダレカクモンハマキ (*Archips fuscocupreanus*) が発生する。本種は卵態で越冬し、卵は枝や幹の表面に卵塊として産み付けられる。卵塊内の卵数は20以下のものから150以上のものまで変異が大きい、その平均は80程度である。卵のふ化はリンゴの展葉期から始まり、開花直前には終了する。幼虫は芽、葉、花、果実を食害する。食害された果実が大きくなると、深く窪んだサビ果や奇形果になる。成虫は7月に出現し、産卵する⁹⁾。

本種の防除だけを考えた場合には、ふ化が終了する開花直前の散布が理想的である。しかし、後に述べるIGR剤の利用が可能となるまでは、マメコバチへの影響を避けるため、ミダレカクモンハマキの防除は落花10日後まで遅らせてきた。落花10日後の防除には次のような問題があった。

- ① 当年の加害が終わった後の対策である。
- ② ミダレカクモンハマキの中齢以上の幼虫を防除対象とするので、高い防除効果を期待できない。
- ③ 防除効果が不十分なので、殺虫剤抵抗性が発達しやすい。

しかし、マメコバチの利用とミダレカクモンハマキの防除の矛盾を克服するための妥協的な手段として許容せざるを得なかった。マメコバチの利用が広く普及するに従い、ミダレカクモンハマキが多くのレストランで問題となった。殺虫剤への抵抗性発達が問題を更に深刻化した。フェニトロチオン、マチダチオン、カーバリルがミダレカクモンハマキに対して登録認可されているが、青森県ではこれらの剤は効果が低下したことから、普及から除外された。

このような背景から、マメコバチの利用に調和したミダレカクモンハマキの防除法の開発を重要視してきた。次に、この線に沿って行ってきた最近の研究成果の概要を紹介する。

4. マメコバチ利用に調和した殺虫剤の利用

(1) ミダレカクモンハマキに対する効果

BT剤はマメコバチに対して安全なことから、1970年代と1980年代にミダレカクモンハマキに対する試験を積極的に実施した。しかし、BT剤は効果が不十分であったことから、青森県では普及されなかった⁶⁾。

BT剤に続いて、1980年代からIGR剤を用いた

表一 1 ミダレカクモンハマキの防除試験に用いた薬剤の散布経過 (成田 1988)

試験No.	供 試 薬 剤	剤 型	濃 度 (ppm)	散 布 時 期	
				開花直前	落花直後
1	クロルフルアズロン	EC	25.0	○	×
2	—	—	12.5	○	○
3	クロルピリフォス	WP	250.0	○	×
4	無処理			×	×

表一 2 散布前及び散布後の幼虫数並びに防除効率 (成田 1988)

試験No.	散 布 前	散 布 後		落花10後の防除効率(%) ^a
		落 花 直 後	落花10日後	
1	85.4	21.0	9.0	61.2
2	106.2	26.6	1.2	95.8
3	62.5	1.0	0.8	95.6
4	83.2	25.0	22.6	

a) $= 100 \{1 - (L_{10, t} / L_{0, t}) / (L_{10, c} / L_{0, c})\}$ 。ここで、Lは幼虫数、1番目の添字0及び10は散布前及び落花10日後、2番目の添字t及びcは散布区及び無散布区を示す。

試験を行ってきた³⁾。1986年に行った圃場試験における散布経過を表-1に例示した。ここではクロルフルアズロンをIGR剤の例として示している。試験1では25ppmの濃度で最も効果が高くなると期待される開花直前に散布した。試験2では濃度を12.5ppmと2分の1に薄め、開花直前と落花直後の2回散布した。有機リン剤のクロルピリフォスはマメコバチに対して害があるので、ミダレカクモンハマキの防除剤としては利用できない。しかし、ここでは新しく検索する殺虫剤のミダレカクモンハマキに対する効果の目標値を得る目的で使用し、開花直前に散布した。

試験結果を表-2に要約した。開花直前に散布したクロルピリフォスは即効的で効果も高かった。クロルフルアズロンの低濃度2回散布は高濃度1回散布よりも効果が高かった。低濃度2回散布はクロルピリフォスに比較すると即効的ではなかったが、落花10日に評価した防除効率はほぼ同等であった。

IGR剤の種類や年次に関わりなく、高濃度1回散布よりも低濃度2回散布の効果が高かった。

(2)マメコバチに対する影響

防除対象の害虫に対する効果とともにマメコバチの生存に対する影響も評価しなければならない

表-3 マメコバチ成虫体への直接散布による接触毒及び散布葉を通じた間接的な接触毒の影響
(川嶋 1989)

方 法	供 試 薬 剤 ^a	散布後の日数別の死亡率 (%)			
		1	2	3	4
直接散布	クロルフルアズロン	0	0	0	0
	ジオクサベンズフォス	100			
	無処理	0	0	0	0
間接処理	クロルフルアズロン	0	0	0	0
	ジオクサベンズフォス	100			
	無処理	0	0	0	0

a) 供試虫数は30とし、濃度はクロルフルアズロン25ppm、ジオクサベンズフォス250ppmとした。

表-4 マメコバチ成虫をクロルフルアズロンで処理する前に産んだ卵と処理したし後に産んだ卵の生存の比較
(川嶋 1989を改変)

発 育 段 階	生 存 数 (%)	
	処 理 前	処 理 後
卵	94 (100)	73 (100)
幼 虫	90 (96)	68 (93)
前 蛹 (繭形成)	87 (93)	61 (82)

い。クロルフルアズロンのマメコバチ成虫に対する室内試験の結果、体への直接散布による接触毒、散布された葉を通じた間接的な接触毒のいずれでも成虫に対する影響はなかった(表-3) 1)。

さらに、処理したマメコバチ成虫の子供に対する影響を検討した。営巣活動中に巣に戻った15個体の成虫を捕獲し、これらの成虫の巣筒に細い棒を刺し込んで入り口から虫室までの距離を測定し、成虫が作成中の虫室の位置をマークした。成虫はクロルフルアズロン25ppm液に浸漬した後、

放した。秋期にこれらの巣筒を分解し、クロルフルアズロンで処理する前に産卵されたものと処理後に産卵されたものに分けて生存率を評価した(表-4) 1)。処理前に産出された94卵のうち、90卵(96%)がふ化し、87匹(93%)が繭を作成して前蛹に達した。これに対し、処理後に産出された73卵のうち、68個(93%)がふ化し、61匹(82%)が繭を形成して前蛹となった。このように、処理によって死亡率が幾分増加したが、許容し得る範囲とみなした。

(3) IGR 剤の普及

以上のような結果に基づいて、IGR 剤であるクロルフルアズロンをミダレカクモンハマキの防除剤として 1989 年に初めて普及に移した。その使用法は開花直前と直後の連続 2 回の低濃度散布である。しかし、普及初年度に本剤による薬害が広い範囲で発生し、翌年には登録認可から除外された。

その後、剤型を乳剤からフロアブルに代えたクロルフルアズロンを供試し、効果試験や大規模試験を実施し、3 年後の 1994 年に改めて普及に移した。さらに、1995 年にフルフェノックス、1998 年にテブフェノジドを普及に加えた。

5. 交信攪乱法

ミダレカクモンハマキを含む 3 種のハマキムシ類の交信攪乱剤としてハマキコンが登録認可となった。ハマキコンの活性物質は (Z) -11-tetradecenyl acetate であり、ディスペンサー当たりの含有量は 90mg である。ミダレカクモンハマキに対する予備試験から有望視されたこと及び果樹試験場盛岡支場での試験結果で効果が高かったことから⁴⁾、大規模試験を行った。この試験では 100m × 700m の矩形内に位置する合計 55ha の一

般リング園を対象として、ha 当たり 1,200 本のハマキコンを 1991 年から 1993 年までの 3 年間処理した²⁾。処理前のミダレカクモンハマキの密度は園地によって異なり、園地によっては以前から被害が多かった。一般生産者の園地では危険を伴うような試験はできないので、青森県標準防除暦のミダレカクモンハマキ防除対策に従って落花 10 日に防除対策をした。ミダレカクモンハマキの老熟幼虫から蛹の時期に、ハマキコンのディスペンサーを生産者が自園に取り付けた。攪乱効果を評価するために、処理した園のうち 11 園と処理しない 3 園にフェロモントラップを設置し、ミダレカクモンハマキ雄成虫の誘引数を調査した。

処理した園と処理しない園においてフェロモントラップによって誘引された雄成虫の数と攪乱効果の指標としての trap shut-down を表-5 に示した。処理した園では少数の成虫しか誘引されなかったのに対し、処理しない園では多くの成虫が誘引された。Trap shut-down は 99 以上であった。

処理前の 1991 年における幹当たり卵塊数は平均で 2.1 個、その範囲は 1 ~ 5.8 個であり、落花期における 5 年枝当たりの中齢幼虫数は平均で 2.4 匹で、その範囲は 0.3 ~ 9.4 匹であった。処理翌年の 1992 年には卵塊及び幼虫は急激に減少し、そ

表-5 交信攪乱剤を処理した園と処理しない園におけるフェロモントラップへの成虫誘引数及び trap shut-down (川嶋ら 未発表)

年 次	トラップ当たり誘引数 (範囲)		Trap shut-down ^a
	処 理 園	無 処 理 園	
1991	0.4 (0 - 1)	72 (25 - 163)	99.4
1992	0.2 (0 - 1)	40 (4 - 112)	99.5
1993	0.4 (0 - 3)	no data	—

a) = $100 \cdot (1 - N_t / N_c)$ 。ここで、 N_t 及び N_c は処理園及び無処理園での誘引数を示す。

表一 6 交信攪乱処理前（1991年）及び処理期間中（1992～1994年）における幹当たり卵塊数及び5年枝当たり幼虫数
(川嶋ら 未発表)

年次	卵塊数（範囲）	幼虫数（範囲）
1991	2.1 (1.0-5.8)	2.4 (0.3-9.4)
1992	0.3 (0.0-1.0)	0.4 (0.1-1.0)
1993	0.1 (0.0-0.4)	0.5 (0.0-1.3)
1994	no data	0.4 (0.1-1.1)

の後低密度に維持された（表-6）。

この結果や別の試験結果に基づいて、青森県では1995年にミダレカクモンハマキの防除資材としてハマキコンを普及に移した。

6. マメコバチ管理プログラム

青森県におけるマメコバチ管理プログラムをリンゴの生態及びマメコバチの生活環との関連で表7に示した。管理作業欄におけるボックス内の作業はマメコバチに直接関わるものであり、実線矢印に沿って移動させることを意味する。○を付した作業は天敵除去や害虫防除対策など基本的に重要なものであり、△を付した作業は害虫の発生が多い場合の特別対策を示す。

7. 今後の発展に向けて

ミダレカクモンハマキの防除のためのIGR剤及び交信攪乱剤の実用化によって、管理プログラムはより一層充実した。しかし、マメコバチを利用する上で解決しなければならない問題が残っている。

マメコバチの低温貯蔵によって、リンゴコカクモンハマキの越冬後の幼虫などを対象とした芽出し10日後の殺虫剤散布からの影響を回避できることから、これまではこの散布はあまり問題にさ

れなかった。しかし、1998年は異常高温によってリンゴの生態が早く進んだ。それに伴って、芽出し10日後の散布を早めなければならなかったが、間に合わず、多くの園地で散布が遅れた。その結果、マメコバチの園地への搬入も遅れ、マメコバチが十分に機能しなかったケースがかなりあった。このような問題を未然に防ぐために、芽出し10日後の薬剤でもマメコバチに影響のない防除剤の開発が望まれる。

現在実用化しているIGR剤は速効性が低く、その効果にリンゴ生産者は必ずしも満足していない。マメコバチには無害でミダレカクモンハマキには効果の高い薬剤の開発が依然として必要である。

大規模試験に参画した50%以上の生産者が交信攪乱剤のディスペンサー取り付けが労力的に問題であったと指摘している²⁾。したがって、取り付けが容易なディスペンサーの開発が望まれる。交信攪乱剤の特性を十分に発揮させるためにはできる限り広範囲の処理が望ましい。そのためには、生産者に共同処理の重要性をアピールしなければならない。幸い、共同処理の重要性を認識した弘前市下湯口の一つの共同防除組合の人たちが、他の共同防除組合や組合員以外の生産者も巻き込んで150ha以上の園地を対象とし、ハマキコ

表－7 青森県におけるマメコバチ管理スケジュール

月・旬	リンゴの生態	マメコバチの生活環	管 理 作 業
11 3	休 眠	休 眠	○営巣用筒や巣箱などの準備 古い営巣筒から繭取出し
4 上 中 下	発 芽 芽出し10日後 その2～3日後	休 眠 完 了	繭や営巣筒の低温（0～5℃）貯蔵 ○営巣用筒エンドサルファン浸漬処理 ○巣箱の園内配置、巣箱へ営巣用筒の配置 ○害虫防除のための殺虫剤散布 巣箱へ種バチ営巣筒や繭の配置
5 上 中 下	開 花 始 め 満 開 落 花 直 後 落花10日後	筒から成虫脱出 訪花／巣作り 成虫活動終了	△IGR剤によるミダレカクモンハマキ防除 ○箱前面エンドサルファン散布 （2～3日間隔で2～3回散布） △IGR剤によるミダレカクモンハマキ防除 △ミダレカクモンハマキ防除 △交信攪乱剤「ハマキコン」設置
6 上			園内から巣箱回収
7 8		前 蛹	コナダニ駆除のための高温処理
9			自然温度条件下で保持
10		越 冬	

ボックス：実線矢印に沿ってマメコバチを移動する。

○：天敵除去や害虫防除対策など基本的に重要な作業を示す。

△：害虫の発生が多い場合の特別対策を示す。

ンの処理を1998年から開始した。高い成果を得るためには継続処理が望ましい。また、この取組みは、横沢地区がマメコバチの普及・拡大に果たしたと同じように、交信攪乱剤の普及拡大への大きなインパクトになる可能性を秘めている。このような意味からも、関連する多くの分野からの支援が必要である。

コナダニの防除法が確立されているが、その対象はニッポンツツハナコナダニである。最近、リンゴ園以外の自然個体群では、別のコナダニ（*Tortonia* sp.）が優先している可能性が出てきた。この点に関してリンゴ園における実態の把握が急務であり、その結果次第で新たな防除法の開発が必要である。

参 考 文 献

- 1) 川嶋浩三. 1989. マメコバチに対するキチン合成阻害剤の影響. 北日本病虫害研報 40 : 171-173.
- 2) 川嶋浩三. 1993. ミダレカクモンハマキに対する交信攪乱剤の広域処理による防除: 試験園地内の生産者に対するアンケート. 東北農業研究 46 : 205-206.
- 3) 成田俊明. 1988. キチン合成阻害剤によるミダレカクモンハマキの防除. 北日本病虫害研報 39 : 242-245.
- 4) Oku, T. 1993. Suppression of Lepidopterous Pest Population in Apple Orchards through Mating Disruption with Synthetic Sex Pheromones. JARQ. 26 : 271-276.
- 5) 関田徳雄, 山田雅輝. 1973. ミダレカクモンハマキのふ化期の予測に関する研究. 北日本病虫害研報 24 : 23-27.
- 6) Sekita, N. ; Yamada, M. 1993. Use of *Osmia cornifrons* for Pollination of Apples in Aomori Prefecture, Japan. JARQ. 26 : 264-270.
- 7) 関田徳雄, 渡辺智雄, 山田雅輝. 1996. 自然生息地におけるマメコバチ個体群特性. 青森りんご試報 29 : 17-36.
- 8) 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.
- 9) 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個体群学的研究. 青森りんご試報 21 : 23-92.
- 10) 山田雅輝, 小山信行, 関田徳雄, 白崎将瑛, 津川 力. 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. 1971.. 青森りんご試報 15 : 1-80.