

研究論文

アルファルファタコゾウムシの導入天敵ヨーロッパトビチビアメバチの宮崎県における放飼とその定着について

植松秀男・須崎哲也¹⁾・小畑 寿¹⁾・大川百合子²⁾・英 隆之³⁾・中川洋一³⁾・
長嶺貴淑³⁾・服部福良³⁾・谷口伸一³⁾・小山 稔³⁾・田中 實³⁾・加藤幸男³⁾・
西澤康全³⁾・谷口 強³⁾・高木雪男³⁾・坂田耕作³⁾・政岡善章³⁾・本田 彰

宮崎大学農学部食料生産科学科植物生産科学講座,

¹⁾宮崎県畜産試験場, ²⁾宮崎県畜産協会, ³⁾宮崎県養蜂農業協同組合

(2008年11月28日 受理)

Release and establishment of *Bathyplectes anurus* (Hymenoptera : Ichneumonidae), an introduced natural enemy of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera : Curculionidae) in Miyazaki, Japan

Hideo UEMATSU, Tetsuya SUZAKI¹⁾, Hisashi OBATA¹⁾, Yuriko OHKAWA²⁾, Takayuki EI³⁾,
Youichi NAKAGAWA³⁾, Takayoshi NAGAMINE³⁾, Fukuyoshi HATTORI³⁾,
Shinichi TANIGUCHI³⁾, Minoru OYAMA³⁾, Minoru TANAKA³⁾, Yukio KATO³⁾,
Yasumasa NISHIZAWA³⁾, Tsuyoshi TANIGUCHI³⁾, Yukio TAKAKI³⁾, Kousaku SAKATA³⁾,
Yoshiaki MASAOKA³⁾, Akira HONDA

Division of Plant Production Science, Faculty of Agriculture, University of Miyazaki,

¹⁾Miyazaki prefecture Livestock Research Institute, ²⁾Miyazaki prefecture Livestock Association,

³⁾Miyazaki Beekeeper's agricultural cooperative

Summary : Alfalfa weevil, *Hypera postica*, a serious pest of Chinese milk vetch, *Astragalus sinicus*, in paddy fields, was accidentally established in Miyazaki prefecture in 1986 to 1987. Since 1998, alfalfa weevil has been the target of biological control efforts in this prefecture. Although cocoons of the effective natural enemy, *Bathyplectes anurus*, were released several times from 1999 to 2006, the parasitoid failed to colonize because of some unfavorable conditions. In 2007, a total of 16,000 *B. anurus* cocoons were released in three alfalfa fields, three communities of bush vetch, *Vicia angustifolia*, and two Chinese milk vetch fields. In spring 2008, considerable numbers of *B. anurus* cocoons were recorded in Aya Town and Kobayashi City, suggesting successful establishment of the parasitoid in Miyazaki in 2007. We discuss some issues around synchronization of life cycles of *H. postica* and *B. anurus*, and the evaluation of percentage parasitism of *B. anurus*.

Key words : Alfalfa weevil, *Bathyplectes anurus*, Biological control, Release and establishment

緒言

アルファルファタコゾウムシ *Hypera postical* はアルファルファなどマメ科植物を加害するヨーロッパ、南中央アジア、及び北アフリカ原産の昆虫である (Commonweath Institute of Entomology, 1983). 本種は1904年以降数回に亘って北アメリカに侵入し、当地においてアルファルファの重要な害虫となったことで良く知られている (Radcliffe and Flanders, 1998). 本邦では1982年、沖縄県と福岡県で最初に確認されたが、以後、分布域を漸次拡大し、2008年現在、関東地方にまで広がっている。ちなみに、宮崎県での同害虫によるレンゲの食害は、筆者らのひとり中川の記録によると、1986～1987年であった。アルファルファタコゾウムシは成・幼虫ともに食草の成長点、葉、茎を激しく食害し、本邦各地でミツバチの重要蜜源であるレンゲに壊滅的な被害を及ぼし、養蜂産業に大きな打撃を与えている (奥村・白石, 2002).

アメリカ合衆国ではこの侵入害虫を防除するため、1911年～1988年、10数種の天敵を原産地より導入し、放飼を試みた。そして、数種の天敵が定着に成功し、アルファルファの主要な栽培地で被害軽減に大きく貢献している (Radcliffe and Flanders, 1998). 北米におけるこれらの天敵のはたらきに注目し、わが国は1988年～1989年、ヨーロッパトビチビアメバチ *Bathyplectes anurus*、タコゾウチビアメバチ *B. curculionis*、ヨーロッパハラボソコマユバチ *Microctonus aethiopoidea*、タコゾウハラボソコマユバチ *M. colesi* の4種の寄生蜂をUSDA生物的防除研究所 (ミシガン州) から導入した (奥村・白石, 2002). 導入を手がけた農林水産省門司植物防疫所では1989年以降、これらの寄生蜂の増殖と九州各地を中心とした放飼を精力的に進め、その定着に努めてきた。その結果、九州北部ではヨーロッパトビチビアメバチの定着が確認され、その後、密度増加とアルファルファタコゾウムシによるレンゲ被害の減少が認められている (Shoubu *et al.* 2005).

宮崎県では、1998年にヨーロッパハラボソコマユバチが、翌年の1999年にはそれに加えてタコゾウチビアメバチとヨーロッパトビチビアメバチの合計3種が、いずれも門司植物防疫所によって放飼された。2001年以降2003年にかけても毎年2000頭のヨーロッパトビチビアメバチが放飼され、定

着の確認調査が続けられてきた。しかし、これまで放飼直後の数万頭のゾウムシの調査によって数万頭の寄生蜂が回収されたが、定着の有無は未確認の状態がつづいてきた。

蜜源の確保と自然景観の維持を目的としたレンゲのアルファルファタコゾウムシからの保護は緊急の課題である。2006年、宮崎県は産学公連携による宮崎県の農水試験機能発揮促進事業の一つとして本課題を取り上げた。宮崎大学はこれを受け同年4月より本事業に加わった。現在、宮崎県での本種の定着はまだ確認されるまでに至っていないが、5ヵ年計画で企画された本事業も既開始から3年を経過し、中間報告をまとめる時期となった。本稿では事業開始前の数年にわたる放飼経過等も含めこれまでの研究成果を報告し、宮崎県における本事業の今後の展望を考察したい。

放飼方法及び調査方法

1. 放飼場所・放飼年月日・放飼数

2006年までの宮崎県における天敵の放飼経過は以下の通りであった。宮崎県での最初の天敵導入は1998年5月10日で、ヨーロッパハラボソコマユバチ202頭が門司植物防疫所によって宮崎市大瀬町に放飼された。翌年の1999年にはヨーロッパハラボソコマユバチ313頭、タコゾウチビアメバチ468頭、及びヨーロッパトビチビアメバチ404頭が同町に放飼された (門司植物防疫所とりまとめ)。更に、2001年～2003年には毎年2,000頭ずつ合計6,000頭のヨーロッパトビチビアメバチが同場所に放飼された。その後、宮崎県畜産試験場と関係団体を中心となって、2005年には小林市のアルファルファ圃場とレンゲ畑にそれぞれ1,970頭と720頭のヨーロッパハラボソコマユバチが、また、2006年にはアルファルファ圃場とレンゲ畑、及び、カラスノエンドウ群落に同じくヨーロッパハラボソコマユバチが合計8,000頭放飼された。

2007年の放飼では放飼場所を再検討し、2007年2月、アルファルファ圃場とカラスノエンドウの群落を中心に16,000頭の繭を放飼した (表1)。

1地点当たりの放飼数は2,000頭であった。このほか、宮崎大学 (宮崎市学園木花台) 構内のカラスノエンドウ群落には室内で交尾させたヨーロッパトビチビアメバチ雌46頭を放飼した。2007年の放飼地点9箇所と2008年の放飼地点1箇所の植生

表 1. アルファルファタコゾウムシの導入寄生蜂ヨーロッパトビチビアメバチの宮崎県における放飼経過と寄生率調査日の概要

放飼地	1997 (H9)				1998 (H10)				1999 (H11)				2000 (H12)			
	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日
宮崎市大瀬町	-	-	-	-	カラス	292 ^{Ma}	5/10	7/2	カラス	404	4/4	5/7	-	-	-	-
										313 ^{Ma}	5/7	5/14				
放飼地	2001 (H13)				2002 (H14)				2003 (H15)				2004 (H16)			
	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日
宮崎市大瀬町	カラス	2,000	2/15	3/27	カラス	2,000	2/15	3/27	カラス	2,000	2/19	3/25	カラス	-	-	3/26
放飼地	2005 (H17)				2006 (H18)				2007 (H19)				2008 (H20)			
	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日	植生	放飼数	放飼日	定着調査日
家畜改良センター①	アル	1,970	2/18-3/18	4/14	アル	2,000	2/27	4/11	アル	2,000	2/26, 3/4	4/13	-	-	-	3/11-5/2
家畜改良センター②	-	-	-	-	-	-	-	-	アル	2,000	2/26, 3/4	4/13	-	-	-	3/11-5/2
家畜改良センター③	-	-	-	-	-	-	-	-	アル	2,000	2/26, 3/4	4/13	-	-	-	3/11-5/2
小林市南西方	レンゲ	720	2/28	4/14	レンゲ	2,000	2/27	4/11	レンゲ	2,000	2/26, 3/4	4/13	-	-	-	3/11-5/2
都城市乙房町	-	-	-	-	カラス	2,000	2/27	4/11	カラス	2,000	2/26, 3/5	4/12	-	-	-	3/11-5/2
綾町	-	-	-	-	レンゲ	2,000	2/27	4/11	レンゲ	2,000	2/26	4/17	-	-	-	3/10-4/30
宮崎市古城	-	-	-	-	-	-	-	-	カラス	2,000	2/26, 3/3	4/11	-	-	-	3/10-4/30
宮崎市学園木花台	-	-	-	-	-	-	-	-	カラス	46	3/22-26	3/14-4/26	-	-	-	1/25-5/9
日南市	-	-	-	-	-	-	-	-	カラス	2,000	2/27, 3/6	4/11	-	-	-	3/10-4/30
宮崎市瓜生野	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	カラス	300	3/3	4/9-4/30

註 Ma: ヨーロッパハラボソコマユバチ, Bc: タコゾウチビアメバチ, アル: アルファルファ, カラス: カラスノエンドウ, レンゲ: レンゲソウ.

と周辺の状況は次の通りであった。

小林市南西方は約 1 ha の田植え前のレンゲ畑で、畦畔にはカラスノエンドウが認められた。周辺は水田と畑地が混在していた。都城市乙房は宅地跡の空き地で、カラスノエンドウのほか雑草が繁茂していた。周辺は水田地帯であった。綾町は畦畔にカラスノエンドウが生えた田植え前の約 20 a のレンゲ畑で、周辺は宅地が点在する田園地帯であった。宮崎市古城は北側と東側は山林、西側は谷となった台地上の畑で、放飼時は栽培作物がなく、カラスノエンドウが繁茂していた。南側は畑地帯が広がっていた。日南市大堂津は海岸から西に約 1 km 入った幹線道路添いのレンゲ畑で、周辺にカラスノエンドウ群落が生えていた。北側は細田川、南側は山林であった。家畜改良センター①は約 1 ha のアルファルファ圃場であった。周辺にはアルファルファも認められたが、他はマメ科以外の雑草によって占められていた。北側は山林であった。家畜改良センター②は①の東側に位置する約 5 ha のアルファルファ圃場であった。周辺部にカラスノエンドウが散見された。家畜改良センター③は②の南側の 4 ha のアルファルファ

圃場であった。道路沿いで、圃場周辺部に、カラスノエンドウ群落が広がっていた。宮崎市瓜生野は田園地帯に囲まれた集落の中の空き地でカラスノエンドウが繁茂していた。

2. ヨーロッパトビチビアメバチ成虫の羽化時期

宮崎市での調査: 実験には門司植物防疫所で増殖された 490 頭の繭を供した。2007 年 2 月 25 日、繭を 1 個ずつ試験管に入れ綿栓をした後、宮崎大学構内の圃場の一角に建てたハウス（降雨と日光の直射を避けるため、野積みシートを天井に張っただけのもの）内の台上に静置した。2 月 26 日～4 月 3 日の期間、毎日午前中に試験管内の繭を調べ、羽化した個体を性別に記録した。

高原町での調査: 2007 年の定着確認調査で得られた繭 100 頭と宮崎県畜産試験場で増殖した繭 100 頭を供した。宮崎市の調査と同様に、1 頭ずつ試験管に入れ、2008 年 3 月 3 日、寒冷紗を張った網室内に置き、4 月 11 日まで羽化数を毎日調べた。

3. 繭の放飼方法

ヨーロッパトビチビアメバチ繭 2000 個を「アル

ファルファタコゾウムシ寄生蜂の定着調査マニュアル」(門司植物防疫所, 2005)に従って容器内に入れた。この容器を各放飼場所に設置した網室(天井と側面に防風ネットを張った縦・横・高さ各辺約1mのケージ)内に静置し、寄生蜂成虫を自然羽化させた。

4. 2005年～2008年におけるヨーロッパトビチビアメバチの寄生率

2005年の調査: ヨーロッパトビチビアメバチを放飼したアルファルファ圃場の放飼地点1箇所、放飼地点から半径500m以内の4箇所、500～1000mの4箇所、1000～3000mの4箇所の合計13箇所を調査した。2005年4月14日、調査地点の各々から200頭のアルファルファタコゾウムシ幼虫を採集した。これらの幼虫を調査地点別にアルファルファの茎葉と共にファترون紙の袋に入れ実験室で飼育した。アルファルファタコゾウムシ幼虫に寄生し、発育したヨーロッパトビチビアメバチの幼虫はゾウムシの薄い繭の中で硬い繭を形成するため、5月中旬、同袋内を注意深く調べ、ヨーロッパトビチビアメバチの繭を選別した。寄生率は得られたヨーロッパトビチビアメバチの繭数を飼育したアルファルファタコゾウムシ幼虫数(原則として200頭)で除して求めた(以後、この調査方法を袋飼育法と呼ぶ)。また、2005年2月28日にヨーロッパトビチビアメバチを放飼したレンゲ圃場の放飼地点で1箇所、放飼地点から半径500m以内の4箇所、500～1000mの4箇所、1000～3000mの4箇所の合計13箇所を調査した。アルファルファ圃場の場合と同様に、2005年4月14日、各調査地点からタコゾウムシ幼虫200頭を採集し、袋飼育法で各地点の寄生率を推定した。

2006年の調査: 2006年2月27日にヨーロッパトビチビアメバチを放飼したアルファルファ圃場(家畜改良センター①)、レンゲ圃場2箇所(小林市と綾町)、カラスノエンドウ群落1箇所(都城)の4箇所、放飼地点及びその周辺からアルファルファタコゾウムシ幼虫を4月11日に採集し、袋飼育法で各地点の寄生率を推定した。

2007年の調査: 前年につづき、2007年2月～3月にヨーロッパトビチビアメバチを放飼したアルファルファ圃場(家畜改良センター①)とレンゲ圃場2箇所(小林市と綾町)、カラスノエンドウ

群落1箇所(都城市)についていずれも前年と同様に13箇所を調査地とした。すなわち、放飼地点1箇所、放飼地点から半径500m以内の4箇所、500～1000mの4箇所、1000～3000mの4箇所である。それぞれの調査箇所ではカラスノエンドウ上のタコゾウムシ幼虫200頭を採集し、袋飼育法で各地点の寄生率を推定した。なお、2007年2月～3月にはじめてヨーロッパトビチビアメバチを放飼したアルファルファ圃場2箇所(家畜改良センター②と③)とカラスノエンドウ群落2箇所(宮崎市古城と日南市)に関しては放飼地点のみから4月11日～13日、タコゾウムシ幼虫を1箇所当たり200頭採集し、袋飼育法で寄生率を推定した。

2008年の調査: 2006年と2007年にヨーロッパトビチビアメバチを放飼した4箇所と2007年のみ放飼した4箇所での1年後のヨーロッパトビチビアメバチの発生時期と相対的発生量を明らかにするため、これら8箇所の放飼地点で、2008年3月10日から5月2日まで10日間隔で合計6回、アルファルファタコゾウムシ幼虫200頭とカラスノエンドウの茎頂部40本またはアルファルファの茎頂部30本を採集した。200頭のアルファルファタコゾウムシについては袋飼育法で寄生率を推定した。カラスノエンドウとアルファルファの茎頂部は実験室に持ち帰り、各時期のアルファルファタコゾウムシの齢構成と相対的な発生量を調べる目的で入念に精査し、ゾウムシを選別した。そして、齢別に個体数を記録したのち、ヨーロッパトビチビアメバチの寄生の有無を確かめるため、ゾウムシの成虫が羽化するか、またはヨーロッパトビチビアメバチの繭が観察されるまで、ペトリ皿内で飼育した。ヨーロッパトビチビアメバチの寄生率はゾウムシの羽化数とヨーロッパトビチビアメバチの繭数の和に占めるヨーロッパトビチビアメバチの繭数によって推定した。

宮崎市学園木花台におけるヨーロッパトビチビアメバチの放飼と寄生率: 羽化消長の調査で得られたヨーロッパトビチビアメバチの雌雄成虫を大型の試験管(200×30mm)に移し、交尾させた。羽化から放飼までの間、蜂蜜を餌として与えた。合計46頭の雌蜂を2007年3月22日～26日、休耕地に繁茂したカラスノエンドウ群落内に試験管の綿栓を開放して寄生蜂を放した。放飼地点におけるアルファルファタコゾウムシの齢構成と放飼後の

ヨーロッパトビチビアメバチの寄生率を明らかにするため、2007年3月14日から2007年4月28日までの期間に、7～10日間隔で6回の調査を行った。毎回、放飼場所周辺からランダムにカラスノエンドウの茎頂部約20～30 cmを40本抽出し、実験室に持ち帰り、1本ずつアルファルファタコゾウムシの幼虫数を調べた。加害中のアルファルファタコゾウムシの1～2齢幼虫は通常、重なった未展開葉の間に潜入していたので、実体顕微鏡を用いて入念に解剖し、茎毎に齢別幼虫数を記録した。ゾウムシ幼虫に対するヨーロッパトビチビアメバチの寄生の有無は、ゾウムシ幼虫を飼育し、ヨーロッパトビチビアメバチの繭がその後認められるか否かによって判定した。2008年は同様の調査を1月25日から開始し、ほぼ1週間間隔で5月9日まで合計14回行った

結果

1. 宮崎市と高原町におけるヨーロッパトビチビアメバチ成虫の羽化時期

宮崎市では490頭のヨーロッパトビチビアメバチ繭から176頭が羽化した。羽化率は36.1%であった。羽化虫総数に占める雌の割合は33.5% (95%CL: 26.5–40.5%) で性比は雄に有意に偏っていた。羽化は2月27日～3月31日に認められた。雄の50%羽化日は3月17日であり、雌のそれは3月22日であった(図1-A)。一方、高原町では200頭中122頭が羽化した。羽化は3月17日～4月7日に認められた。羽化虫総数に占める雌の割合は27.8% (95%CL: 19.9–35.7%) で性比は雄に有意に偏っていた。雄の50%羽化日は3月25日であり、雌のそれは3月31日であった(図1-B)。

2. 放飼地点及びその周辺におけるヨーロッパトビチビアメバチの寄生数(2005年～2008年)

2005年: 1970頭を放飼したアルファルファ圃場(家畜改良センター①)と720頭を放飼したレンゲ畑(小林市南西方)で4月中旬にそれぞれ200頭のゾウムシを採集し、袋飼育法によって得たヨーロッパトビチビアメバチの繭は前者で3頭、後者で1頭であった(表2.)。

2006年: 前年にヨーロッパトビチビアメバチを放飼したアルファルファ圃場(家畜改良センター

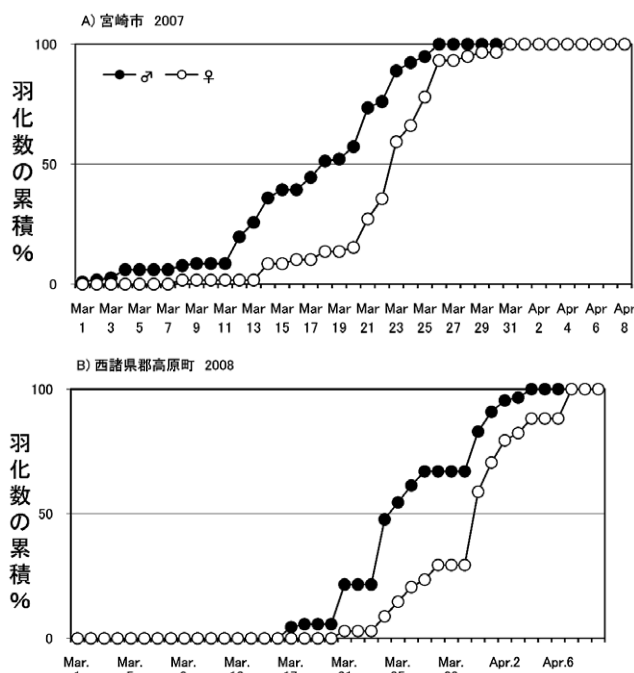


図1. 屋外の直射を避けた場所に置かれたヨーロッパトビチビアメバチの羽化消長

①) とレンゲ畑(小林市南西方)、及び、初めての放飼地点であるレンゲ畑(綾町)とカラスノエンドウ群落(都城市)の合計4箇所それぞれ2,000頭を放飼したが(表1.), ヨーロッパトビチビアメバチの繭が回収されたのは小林市南西方と綾町及び都城市であった。いずれも各放飼地点付近のカラスノエンドウ群落で採集したアルファルファタコゾウムシから得られており、ヨーロッパトビチビアメバチの繭数はそれぞれ、5頭、4頭、1頭であった(表2.)。放飼地点以外の場所、すなわち半径500 m以内の地点で採集したアルファルファタコゾウムシ幼虫からも寄生蜂の繭が得られたが、その頻度は放飼地点に比べはるかに低かった。

2007年: 放飼したヨーロッパトビチビアメバチの繭の羽化率は31% (都城市)～80% (小林市)であった(表2.)。放飼したすべての場所のゾウムシからヨーロッパトビチビアメバチの繭が得られた。各放飼地点のアルファルファタコゾウムシ200頭当たりのヨーロッパトビチビアメバチ繭数は6～33頭であった(表2.)。カラスノエンドウ群落とレンゲ畑に放飼した5箇所についてみると、回収されたヨーロッパトビチビアメバチの繭数は、それぞれの放飼地点の繭の羽化率が高かった場所

表2. 放飼地点で得られたヨーロッパトビチビアメバチの繭数とその出現率(2005年~2008年)

放飼場所	アメバチ繭		放飼数	調査法 ^{b)}	2005	2006	2007	2008					
	2005	2006			4/14	4/11	4/11-4/17	3/10-3/11	3/18-3/21	3/31-4/1	4/9-4/11	4/18-4/21	4/30-5/2
家畜改良センター①	1970	2000	2000(46) ^{a)}	A	3(0-3.2)	0	20(5.8-14.2) ^{c)}	0	0	1(0-1.5)	0	0	1(0-2.7)
				B	-	-	-	0	0	0	0	0.10(0-10.1)	
家畜改良センター②	-	-	2000(57)	A	-	-	33(11.4-21.6)	0	0	0	2(0-2.4)	0	0
				B	-	-	-	0	0	0	0	0	0
家畜改良センター③	-	-	2000(71)	A	-	-	8(1.3-6.7)	0	0	0	0	0	0
				B	-	-	-	0	0	0	0	0	0
小林市南西方	720	2000	2000(80)	A	1(0-1.5)	5(0.3-4.7) ^{d)}	28(9.2-18.8)	0	0	2(0-2.4)	7(1.0-6.0)	16(3.7-10.9)	2(0-30.5) ^{e)}
				B	-	-	-	0	0	0	0.13(1.4-16.1)	0.10(4.3-49.0)	
都城市田中	-	2000	2000(31)	A	-	1(0-1.5) ^{d)}	6(0.6-5.4)	0	0	0	0	2(0-2.4)	0
				B	-	-	-	0	0	0	0.05(0-6.3)	0	0
綾町	-	2000	2000(48)	A	-	4(0.1-3.9) ^{d)}	13(3.1-9.9)	0	0	0	20(7.4-17.6) ^{e)}	4(0.1-3.8)	0
				B	-	-	-	0	0	0.05(0-41.0)	0.08(0-24.7)	0	0
宮崎市古城	-	-	2000(63)	A	-	-	14(3.5-10.5)	0	0	0	0	2(0-2.4)	0
				B	-	-	-	0	0	0	0.03(0-18.5)	0	0
日南市	-	-	2000(68)	A	-	-	18(7.0-17.8)	0	0	0	2(0-2.4)	0	0
				B	-	-	-	0	0	0	0.03(0-35.4)	0	0

^{a)} 放飼した繭からの成虫羽化率.

^{b)} Aは現地で採集したアルファルファタコゾウムシ幼虫200頭での調査結果, Bはアルファルファタコゾウムシの齢構成・密度調査で得られたゾウムシでの調査結果.

^{c)} A欄は200頭のアルファルファタコゾウムシ幼虫当たり, B欄は寄主植物の1茎頂部(約20 cm)当たりのヨーロッパトビチビアメバチの繭数. 括弧内はともにアメバチの出現率の95%信頼区間.

^{d)} 放飼地点から半径1000 m以内のゾウムシでの調査結果.

^{e)} サンプル数がそれぞれ160頭と15頭.

表3. 2007年の放飼地点及びその周辺でのヨーロッパトビチビアメバチによる当年の寄生数^{a)}

放飼地	放飼地点からの距離										
	0 m	0 - 500 m				500 - 1000 m					
		A	B	C	D	4地点平均	E	F	G	H	4地点平均
家畜改良センター①	20	13	7	10	7	9.3	2	0	0	0	0.5
小林市南西方	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
都城市田中	6	9	4	0	2	3.8	1	0	0	0	0.3
綾町	13	2	7	13	3	6.3	0	0	0	0	0

^{a)} 各地点のカラスノエンドウ上で採集されたアルファルファタコゾウムシ200頭あたり.

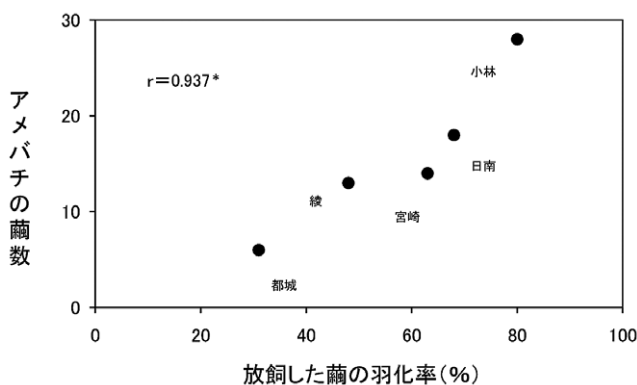


図2. ヨーロッパトビチビアメバチ放飼繭の羽化率と次世代繭数(ゾウムシ200頭当たり)の関係

ほど大きかった(図2.)。

前年に引き続き放飼した家畜改良センター①, 都城市, 及び綾町の3箇所では, 放飼地点から半

径500 mの場所でも, かなりのヨーロッパトビチビアメバチが認められた(表3.)。しかし, その出現頻度は放飼地点の約二分の一であった。さらに, 500~1000 mの地点でも寄生蜂の繭が観察されたが, 3,200個体中3例でその頻度はきわめて低かった。また, 1000~3000 mの地点から採集した3,200個体からは1例も認めることはできなかった。

2008年: 3月10日と3月21日の2回のサンプルからは8箇所の放飼地点のいずれからでもヨーロッパトビチビアメバチは認められなかった。しかし, 3月31日~4月末のサンプルからはアルファルファ圃場の1箇所を除きすべての放飼地点でヨーロッパトビチビアメバチが確認された。とくに袋飼育法によって調査した小林市と綾町のカラスノエンドウ群落で採集したゾウムシからは高い頻度でヨー

ロッパトビチビアメバチが認められた (表 2.)。アルファルファとカラスノエンドウの茎頂部の調査では3月31日～4月18日のサンプルからヨーロッパトビチビアメバチの繭が得られた。1茎頂部当たりヨーロッパトビチビアメバチ繭の最大値0.13頭は4月11日の小林市のカラスノエンドウで認められた。

3. 宮崎県内各地の放飼地点におけるアルファルファタコゾウムシの齢構成の季節変化

アルファルファタコゾウムシ幼虫によるカラスノエンドウに対する食害が目立ち始める3月から幼虫がほとんど見られなくなる5月上旬までの期間について、カラスノエンドウ上の幼虫数を齢別に示した (図 3.)。季節が進むにつれて1～2齢幼虫が少なくなり、3～4齢幼虫が増加した。調査した5地点では都城市における密度が最も高く、小林市がそれに次いだ。宮崎市では3月のはじめに密度が最も高く、1茎頂部当たりの幼虫数は2頭弱であった。その後、密度は徐々に低下し4月

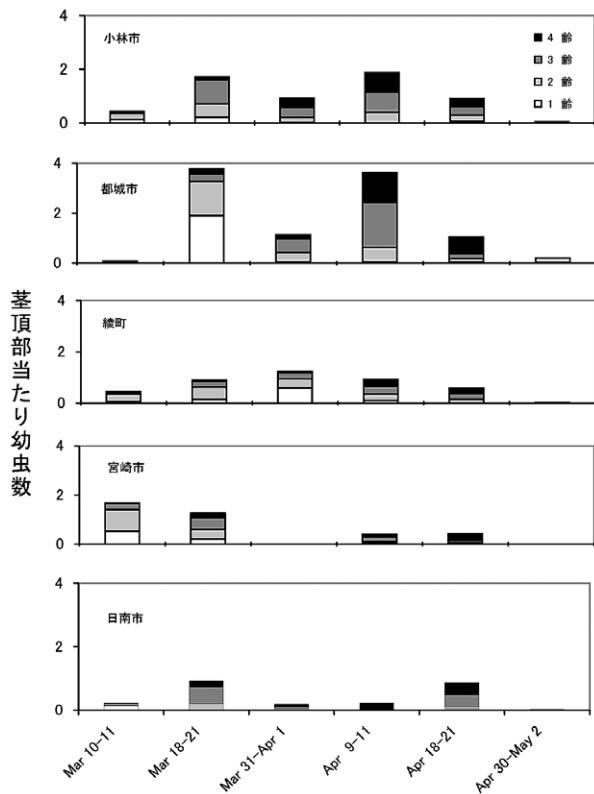


図 3. 宮崎県内各地のカラスノエンドウ群落におけるアルファルファタコゾウムシ幼虫の齢構成の季節的变化(2008)

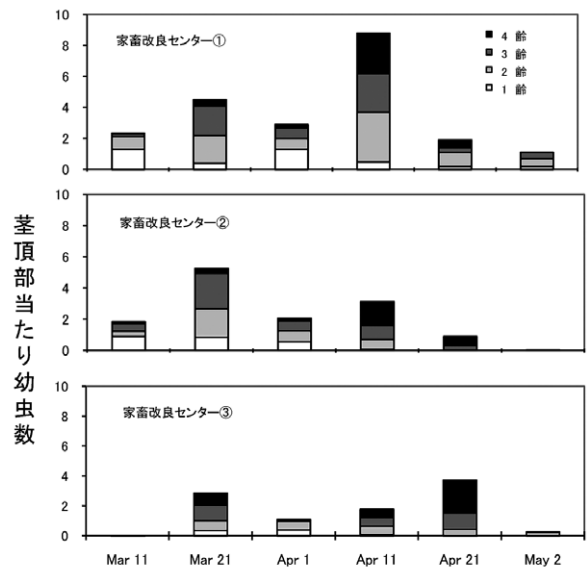


図 4. アルファルファ圃場におけるアルファルファタコゾウムシ幼虫の齢構成の季節的变化(2008)

末には0.5頭未満となった。一方、内陸部で気温が宮崎市より低い小林市や都城市では3月末～4月中旬に密度が高くなった。

ヨーロッパトビチビアメバチを放飼したアルファルファ圃場3箇所についてみると、アルファルファタコゾウムシの密度が最も高かったのは家畜改良センター①であった。4月11日の同圃場での1茎頂部当たりのアルファルファタコゾウムシ幼虫数は10頭弱に達した。ヨーロッパトビチビアメバチが寄生するアルファルファタコゾウムシの1～2齢幼虫は3月11日～4月11日に多く認められた (図 4.)。

4) 宮崎大学構内におけるアルファルファタコゾウムシ幼虫の齢構成の季節的变化とヨーロッパトビチビアメバチ成虫の出現時期

大学構内のカラスノエンドウ群落にはヨーロッパトビチビアメバチ成虫を2007年3月22日～26日に4回に分けてそれぞれ10頭内外を断続的に放飼した。放飼日前後の本群落におけるアルファルファタコゾウムシ幼虫の密度は茎頂部あたり3～4頭であった。放飼直前の3月21日のアルファルファタコゾウムシの齢構成はヨーロッパトビチビアメバチが攻撃対象とする1齢と2齢の幼虫で半数以上が占められていた (図 5.)。放飼後の3月31日と4月12日に採集したアルファルファタコゾウムシからはそれぞれ数頭のヨーロッパトビチビ

表4. ヨーロッパトビチビアメバチ成虫を放飼したカラスノエンドウ群落での当年(2007年)と翌年(2008年)のアルファルファタコゾウムシに対する寄生率

調査日	2007								2008										
	3/31	4/12	4/17	4/26	1/25	2/8	2/15	2/22	2/29	3/7	3/14	3/21	3/28	4/4	4/11	4/18	4/25	5/2	5/9
標本数 ^{a)}	95	44	37	8	27	46	78	66	82	76	111	84	89	46	33	38	21	6	3
ゾウムシ羽化数	55	39	33	2	21	26	61	26	65	63	105	67	62	35	20	21	10	3	0
死亡または紛失	35	3	4	6	6	20	17	40	17	13	4	16	27	11	13	17	11	3	3
アメバチ繭数	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
寄生率 ^{b)} (95% CL)	8.3 (1.5-15.3)	4.9 (0-11.5)	0	0	0	0	0	0	0	0	1.9 (0-4.4)	1.5 (0-4.3)	0	0	0	0	0	0	0

^{a)} 2006年は茎頂部30本から、2008年は同40本から採集された幼虫数。

^{b)} $100 \times \text{アメバチ繭数} / (\text{アメバチ繭数} + \text{ゾウムシ羽化数})$ 。

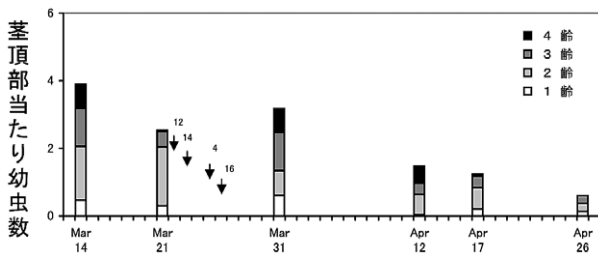


図5. ヨーロッパトビチビアメバチの放飼日前後のカラスノエンドウ群落(宮崎大学構内)におけるアルファルファタコゾウムシの齢構成(2007)

註: 図中の矢印は放飼日, 数字は放飼した雌成虫数を示す。

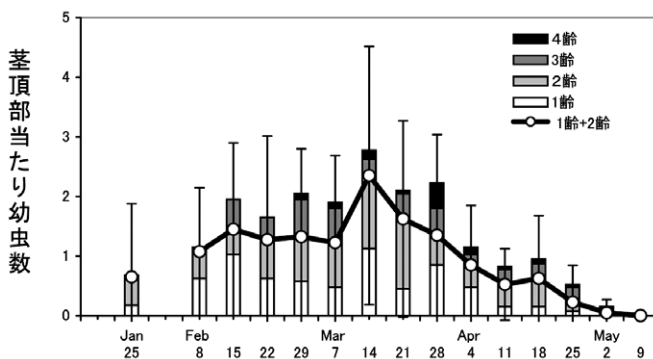


図6. 2007年にヨーロッパトビチビアメバチ成虫を放飼したカラスノエンドウ群落における2008年のアルファルファタコゾウムシの齢構成と密度の推移

註: 折れ線グラフは寄生蜂が産卵対象とする1齢と2齢幼虫の和を示し, 縦線はその標準偏差を示す。

メバチ繭が認められたが, それ以後, 2007年のサンプルからは認められなかった(表4.)。2008年の調査では, 1月末, 1・2齢幼虫の密度は茎頂部当たり1頭未満であったが, 2月に1~2頭, 3月中旬に2頭強のピークに達した。それ以後密度は漸減し, 4月になると密度は1頭未満になり, 5月には幼虫はほとんど認められなくなった(図6.)。ヨーロッパトビチビアメバチの繭は3月14日と3月21日のアルファルファタコゾウムシ幼虫

からのみ得られた(表4.)。

考察

ヨーロッパトビチビアメバチは本邦において既に北部九州を中心に日本各地に定着し, レングの被害低減にかなりの効果を発揮しつつある(Shoubu *et al.* 2005)。しかし, 宮崎県では1998年以來, 大量の天敵が放飼され, ほぼ10年を経過したが, 2008年現在なお定着したことを示す有力な証拠は得られていない。未分布地域に天敵を導入し, 定着させるといういわゆる伝統的生物的防除では, 防除の成功・失敗にかかわらず, 放飼数が多いほど定着率は高い傾向にある(広瀬, 1987)。これは, 言い換えれば, 放飼数が少ないと定着率が低いことを意味するが, 2001年以降, 宮崎県における放飼数は1地点当たり2000頭となっており, 定着できない理由として放飼数の少なさを挙げることはできないかも知れない。しかし, 2007年の放飼でみられるように, 放飼場所単位で集計した放飼虫の羽化率は都城市では31%, 綾町や家畜改良センター①ではそれぞれ50%未満となっており(表2.), 放飼した繭の羽化率は必ずしも高いとは云えない。更に, 放飼に供した増殖虫の性比(雌の占める割合)が30%前後で強く雄に偏っていたことを考慮すると, 放飼虫の虫質に大きな問題があったのかも知れない。2007年の各放飼地点での放飼繭の羽化率とそれぞれの場所で得られたヨーロッパトビチビアメバチの繭数の間に認められた正の相関(図2)は, 当然のこととは言え, 活動した寄生蜂が多いほど多くの子孫が残されることを示しており, 放飼数が定着率に関与する重要な要因であることを裏付けている。

宮崎市におけるヨーロッパトビチビアメバチ成虫の羽化は, 小林市のそれより1週間ほど早かつ

た. すなわち, 宮崎市の50%羽化日は雄では3月17日, 雌では3月22日であるのに対し, 小林市におけるそれはそれぞれ3月25日と3月31日であった(図1-A, B.). 両地域間の発生時期のずれは沿岸部の宮崎市と内陸部の小林市の早春の気温差によるものであろう. ちなみに宮崎市と小林市の2008年3月の平均気温はそれぞれ12.1°C(宮崎県気象月報)と11.4°C(羽化消長調査地の気象データ)であり, 両地域の平均気温の間には0.7°Cの差が見られる. 雄が雌より先に現れるという雄性先熟は多くの昆虫で知られた現象である(Barnes, 1930; Singer, 1982; Hirose *et al.* 1988). 本種の場合も雄性先熟が観察され, 両地方とも雄の出現は雌のそれより5~6日ほど早かった. この出現時期の雌雄間のずれは, とくに導入天敵として少数の天敵を放飼する場合のように個体群のサイズが小さく, 発育が斉一でかつ, 産雄単為生殖を示す寄生蜂にとっては繁殖の大きな障害となるかも知れない. いずれにしても, 今回, 明らかにされた羽化消長と各地の寄生率調査の結果(表2., 3.)は, 越冬した繭から羽化したヨーロッパトビチビアメバチ成虫が寄主を攻撃する時期が宮崎市では3月中旬以降であるのに対し, 内陸部では3月末~4月上旬であることを示しており, 今後の定着確認調査や分布拡大経過の調査にはこれらの知見が考慮されなければならない.

導入天敵が定着するためには, 導入地での天敵と害虫のそれぞれの生活環の同調は不可欠な要素である. ヨーロッパトビチビアメバチが産卵する寄主アルファルファタコゾウムシの発育ステージは1齢と2齢幼虫であるが(奥村, 白石 2002), 宮崎地方でのそれらゾウムシ幼虫の出現時期は前述のヨーロッパトビチビアメバチの活動期と十分に重なっている(図3.~6.). 従って, 本事例の場合, 寄生蜂を定着させるという観点からは宮崎地方において寄主-寄生者間の同調性は満足されていると云えよう.

次に, これまでの天敵の放飼状況と定着確認調査の概要を年別に記述し, その中で今後の研究において注意すべき事項等を挙げたい. すでに述べたように, 宮崎県に於ける最初の放飼の試みは1998年であった. 同年5月, ヨーロッパハラボソコマユバチが, その翌年の1999年にはヨーロッパハラボソコマユバチ, タコゾウチビアメバチと

ヨーロッパトビチビアメバチの3種が農林水産省門司植物防疫所によって宮崎市大瀬町で放飼された(表1.). これらの初期の放飼はいずれもカラスノエンドウ群落においてなされているが, 現地のアルファルファタコゾウムシに対する寄生は確認されていない. 2007年に実施した筆者らのアルファルファタコゾウムシの年齢構成の調査結果から推測すると, これら初期の放飼は時期が遅すぎたように思われる.

2001年~2003年, 宮崎市大瀬町において同防疫所は宮崎県庁畜産課及び県関係団体の協力を受け, 毎年2,000頭, 合計6,000頭を放飼した. この時の放飼によって, 2002年までにヨーロッパトビチビアメバチの寄生は10例が確認された(奥村, 白石 2002). さらに, 2003年の放飼後, 13,000頭のゾウムシ飼育によって15頭の繭が得られた(門司植物防疫所とりまとめ). しかし, 翌年の2004年3月26日に採集した3600頭のアルファルファタコゾウムシからは1頭のヨーロッパトビチビアメバチの繭も得ることができなかった(白石ら, 2005). 白石ら(2005)は1年後に確認できなかった原因として, 放飼地が早期水稲地帯であるため, 環境のかく乱が大きかったこと挙げている. いずれにしても, これらの結果は, 天敵の放飼世代は放飼地のアルファルファタコゾウムシに寄生し, 次世代の繭を残すことができるが, それらの繭がその後, 放飼地で梅雨期, 乾燥した高温の夏, 及び冬の低温といった厳しい自然環境を乗り越え, 翌春羽化することが極めて難しいことを示唆している. 増殖施設で生産された繭の羽化率がしばしば低いという事実は(表2.), この間の死亡率が高いことを裏付けているように思われる.

2005年以降, 宮崎県養蜂農業組合と宮崎県畜産試験場は門司植物防疫所の支援を受けながら, 放飼と定着確認の調査を担当するようになった. すでに述べたように, 2005年と2006年の放飼地点あるいはその周辺で寄生が確認されたのは400頭中4頭(2005年)と800頭中10頭(2006年)であった. これらのヨーロッパトビチビアメバチ繭の出現頻度は, 2002~2003年の宮崎市大瀬町のそれと大差がなく, 放飼場所の再検討が課題として残された.

2007年は放飼場所としてカラスノエンドウ群落あるいはそれに隣接したレンゲ畑とアルファルファ

圃場を選択し、合計8箇所放飼した。この年の総放飼数は16,000頭でもっとも大規模な放飼であった。この年はすべての放飼地点で前年までとは異なり極めて高い頻度でヨーロッパトビチビアメバチの寄生が認められた(表2.)。また、この年は各放飼地点ごとの繭の羽化率を調査したが、放飼した繭の羽化率と放飼地点の被寄生寄主数の間には正の相関関係が認められたことは先に述べたとおりである。

2008年は前年に放飼した場所でのヨーロッパトビチビアメバチの発生時期と密度を明らかにする目的で、3月中旬～5月初めに数回に分けてサンプリングを行った。この調査では、ヨーロッパトビチビアメバチは4月中下旬を中心に1箇所を除きすべての放飼地で確認された。とくに、小林市と綾町においては、4月の袋飼育法によって得られたヨーロッパトビチビアメバチの繭数が前年の放飼直後のヨーロッパトビチビアメバチ繭数とほぼ同等かそれを上回っていた。また、4月中旬の小林市の調査では、ヨーロッパトビチビアメバチによって寄生されたアルファルファタコゾウムシが、カラスノエンドウ茎頂部10本当たり1頭という高い頻度で認められた。小林市には2005年以降、また綾町には2006年よりヨーロッパトビチビアメバチが連続して放飼されており、2008年春に認められた寄生蜂の繭には2007年に放飼された個体群の孫世代だけでなく、それ以前に放飼されたヨーロッパトビチビアメバチの子孫も含まれていたのかも知れない。いずれにしても、これらの結果は放飼された個体群の孫世代あるいは曾孫世代の発生を意味するものであり、両地域におけるヨーロッパトビチビアメバチの定着の可能性を強く示唆するものである。2009年以降の個体群動態の調査研究が待たれる。

次に、宮崎大学構内でのヨーロッパトビチビアメバチの成虫放飼に関して考察したい。カラスノエンドウ群落にヨーロッパトビチビアメバチ成虫46頭を3月22日～26日に放飼したが、3月31日と4月12日のサンプルからそれぞれ数頭のヨーロッパトビチビアメバチ繭が認められた。更に、2008年の調査では、ヨーロッパトビチビアメバチによって寄生されたアルファルファタコゾウムシが3月14日と3月21日のサンプルで観察された。これは、少数の天敵放飼であったが、次年にその孫世代に

あたる幼虫が発生したことを示しており、ここでも定着の可能性が強く示唆された。しかし、この前後数回に亘って採られたサンプルからは全く被寄生寄主が確認されなかったことは、自然環境下で越冬した個体群の発生時期が比較的短期間に集中していたことを示している。ヨーロッパトビチビアメバチとゾウムシの同調性の問題は先に少し触れたが、ヨーロッパトビチビアメバチが宮崎県において活動する期間は大学構内及び宮崎県各地の2008年のデータから見る限り、アルファルファタコゾウムシの発生期間に比べかなり短いようである。ヨーロッパトビチビアメバチの個体群がまだ十分大きくないことが、ヨーロッパトビチビアメバチの発生時期のばらつきを小さくしている可能性はあるが、このようなケースではある特定の時期に調べられた寄生率はそのときに存在した寄主に対する寄生率であって、世代を構成する個体群全体に対する寄生率とは明らかに異なるものである。寄生率の評価に当たってはとくにこの点を注意しなければならない。

カラスノエンドウの花外蜜腺はヨーロッパトビチビアメバチを誘引するだけでなく、同群落に寄生蜂を定着させるため、レンゲ上のアルファルファタコゾウムシよりカラスノエンドウ上のゾウムシの方が多く寄生されるという指摘がある(上野ら, 2007)。このため、2007年の放飼は、アルファルファとカラスノエンドウ上のアルファルファタコゾウムシを標的に進めてきた。今後、放飼の本来の目的であるレンゲの保護にヨーロッパトビチビアメバチがどれほど貢献できるかを評価するために、レンゲ上のアルファルファタコゾウムシに対する寄生状況とレンゲの被害量の年次変化、及び、これまで放飼した天敵の宮崎県における分布拡大過程も並行して調査することが望まれる。

要約

アルファルファタコゾウムシは蜜源植物であるレンゲを食害する侵入害虫で、わが国では1982年、福岡県と沖縄県で最初に発見された。宮崎県では1986-1987年頃その被害が顕在化し、以後、甚大な被害を与え続けている。本害虫の密度を抑える目的で同県では1998年～2006年、数回に亘って導入天敵ヨーロッパトビチビアメバチが放飼された。しかし、その定着の有無は未確認の状態が続いて

いる。2007年2～3月、筆者らは放飼場所を再検討し、16,000頭の同天敵をアルファルファ圃場やカラスノエンドウ群落等8箇所に放飼した。2008年春の調査において、すべての放飼地点で放飼世代の孫世代の発生を確認した。とくに綾町と小林市における孫世代の寄生率（95%信頼区間）はそれぞれ7.4～17.6%と3.7～10.9%で、両地方におけるヨーロッパトビチビアメバチの定着が強く示唆された。また、筆者らはヨーロッパトビチビアメバチのアルファルファタコゾウムシに対する寄生率を評価する際、両種の生活環における同調性の問題が無視できないことを指摘した。

謝辞

ヨーロッパトビチビアメバチの増殖方法とその放飼方法を懇切にご指導いただくとともに、増殖用と放飼用に供した大量のヨーロッパトビチビアメバチ繭を提供していただいた農林水産省門司植物防疫所の関係諸氏に深謝の意を表したい。さらに、1998年～2003年の放飼経過を記述する中で、同防疫所が宮崎県で蓄積し取りまとめたデータの一部を引用させていただいた。ここに記して厚く御礼申し上げたい。また、本研究のために種々の援助をいただいた宮崎大学農学部山村善洋博士に心から御礼申し上げる。

引用文献

- Barnes, H. F. (1930) On some factors governing the emergence of gall midges (Cecidomyiidae; Diptera). *Proc. Zool. Soc. Lond.* 1930, 381-393.
- 広瀬義躬 (1987) 導入天敵の永続的利用技術 バイオ農薬・生育調節剤 開発利用マニュアル。エル・アイ・シー刊 130-142.
- Hirose, Y., S.B. Vinson and Y. Hirose (1988) Protandry in the parasitoid *Cardiochiles nigriceps*, as related to its mating system. *Ecol. Res.* **3**, 217-226.
- 奥村正美・白石昭徳 (2002) アルファルファタコゾウムシ寄生蜂の定着と今後の利用法。植物防疫 **56**, 329-333.
- Radcliffe, E. B., and K. L. Flanders (1998) Biological control of alfalfa weevil in North America. *Integrated Pest Management Reviews* **3**, 225-242.
- Shoubu, M., M. Okumura, A. Shiraishi, H. Kimura, M. Takagi and T. Ueno (2005) Establishment of *Bathyplectes anurus* (Hymenoptera: Ichneumonidae), a larval parasitoid of the alfalfa weevil, *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) in Japan. *Biological Control* **34**, 144-151.
- Singer, M. C. (1982) Sexual selection for small size in male butterflies. Selection for protandry. *Am. Nat.* **119**, 440-443.
- 白石昭徳・奥村正美・佐土嶋敏明・菖蒲めぐみ・佐々木幹了・房安総司 (2005) 九州におけるアルファルファタコゾウムシの寄生蜂ヨーロッパトビチビアメバチの放飼について。植物防疫所調査研究報告 **41**, 79-82.
- 上野高敏, 奥村正美・佐々木幹了 (2007) ヨーロッパトビチビアメバチ餌資源としてのカラスノエンドウ花外蜜腺の重要性。日本応用動物昆虫学会第51回大会 講演要旨 65.
- Commonwealth Institute of Entomology (1983) Distribution Maps of Pests: *Hypera postica* (Gylh.) (*Phytonomus variabilis* (Hbst.)) (Coleoptera: Curculionidae) (Alfalfa weevil). *Commonw. Inst. Entomol., Ser. A (Agric.), Map No. 456*.
- 農林水産省門司植物防疫所 (2005) アルファルファタコゾウムシ寄生蜂の定着調査マニュアル。