

アカヒゲホソミドリカスミカメの基礎的  
生態ならびに生活史に関する研究

高橋明彦

## 目 次

第 1 章	緒言	1
第 2 章	越冬実態	
第 1 節	幼虫・成虫越冬の可能性	6
第 2 節	イネ科雑草における休眠卵の産下	12
第 3 節	休眠卵の覚醒条件	18
第 3 章	野外における世代推移	
第 1 節	温度と発育	30
第 2 節	越冬世代の羽化時期	41
第 3 節	牧草地，水田畦畔における発生消長	55
第 4 節	水田における発生消長	74
第 4 章	交尾行動および交尾と産卵	
第 1 節	交尾と産卵に関する諸特性	86
第 2 節	交尾個体の判定法	96
第 3 節	配偶行動の日周性	106
第 5 章	成虫の分散，定着	
第 1 節	標識法の検討	116
第 2 節	牧草地における分散，定着	125
第 6 章	総合考察	134
摘要		142
謝辞		147
引用文献		149

## 第1章 緒言

カメムシ類がイネ *Oryza sativa* の穂を吸汁加害することにより、黒色ないしは褐色の斑紋が生じた玄米を一般に斑点米と称する。この斑紋は、精米によっても除去されないため、米の外観品質上大きな問題となる。玄米の検査規格では、斑点米は「着色粒」に区分され、玄米への着色粒の混入率が0.1%を越えると2等米、0.3%を越えると3等米に格付けされる。玄米の等級間には価格差があることから、斑点米の発生は農家収入に直接影響を与える重要な問題である。また、品質や産地ブランドが米の価格形成に大きな影響を与える現在、産地イメージという観点からも斑点米による落等を低く抑えることが求められている。

カメムシの加害による斑点米の発生は、高橋（1948）により記述されたのが最初であるとされる（伊藤，1989）。その後、岐阜県（河野・武藤，1961）、宮崎県（鮫島，1960）など各地で被害が報告されているが、全国的な規模で問題が顕在化したのは、米の生産調整が開始され、稲作が量産から品質重視へと移行した1970年代以降である。その原因として、生産調整にともなう休耕田の増加、雑草管理の不徹底、防除薬剤の変化などが指摘されている（岩田・葎原，1976）。1999年に全国的に斑点米被害が問題となって以降は、水稻における最重要害虫となっている（渡邊・樋口，2006）。

斑点米を発生させるカメムシは、斑点米カメムシ類と総称され、9科65種が知られているが（安永ら，1993）、重要なものはこのうち10数種であり、地域により発生種も異なっている。また、近年、各地域で発生するカメムシ類の種構成の変遷が報告されており、特にカスミカメムシ類の全国的な増加傾向が指摘されている（林，1997）。近年の全国的な主要種は、クモヘリカメムシ *Leptocoris chinensis*、ホソハリカメムシ *Cletus punctiger*、アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium*、アカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* ならびにシラホシカメムシ類 *Eysarcoris* spp. 3種である（渡邊・樋口，2006）。

アカヒゲホソミドリカスミカメは、半翅目カスミカメムシ科に属し、成虫の体長は4.5~6.4 mm、幼虫は5齢を経過する。全北区に広く分布し、わが国では北海道、本州、四国、九州、対馬で生息が確認されている。卵態で越冬する多化性の昆虫であり、年間発生世代数は地域により異なる。北海道では年3世代(奥山,1974)、秋田県では4世代(新山,2002)、新潟県においては4~5世代(永瀬,2000)であるとされている。イネ科植物を寄主とし、イネ以外にイネ科牧草の害虫とされているほか、コムギ *Triticum aestivum* での被害が報告されている(奥山ら,1983)。本種が斑点米を発生させることは、1970年代に北海道において明らかにされた(奥山・井上,1974a;1974b)。それ以来、本種は北海道においては水稻の常発害虫とされている(八谷,1999b)。北海道以外の地域においては、宮城県で行われた調査で水田および休耕田における生息が報告されているが(藤崎,1982)、1970年代から80年代にかけて、被害に関する報告はほとんどない。北陸地域においても、1971年の調査で、新潟県ではオオトゲシラホシカメムシ *Eysarcoris lewisi*、コバネヒョウタンナガカメムシ *Togo hemipterus* (小嶋ら,1972)、富山県ではホソハリカメムシ、トゲシラホシカメムシ *Eysarcoris aeneus*、シラホシカメムシ *Eysarcoris ventralis* (常楽・長瀬,1972)が斑点米カメムシ類の主要種とされており、本種による被害は報告されていない。しかし、1990年代から各地で本種の発生量が増加し、斑点米被害に対する関与が疑われるようになった(石本,2001)。新潟県では1994年以降、予察灯への誘殺数が高いレベルで推移し、個体数の増加と発生地域の拡大が認められている(永瀬,2000)。1999年には、青森県、秋田県、山形県、新潟県など北日本の日本海側の地域を中心に本種の加害による斑点米が多発生し、甚大な被害をもたらした(石岡ら,2000;新山,2000;本田,2000;永瀬,2000)。その後も本種による被害は減少しておらず、現在、本種は北日本地域における斑点米カメムシ類の主要種となっている(渡邊・樋口,2006)。

害虫の防除対策を講じる上で、その発生生態や基礎的な生物学的特性、周年の発生消長などの知見は不可欠である。本種の基礎的な生態としては、温度と発育の関係(奥

山・井上,1975),産卵能力(奥山・井上,1975),休眠卵の誘起と覚醒(奥山,1982),加害生態(奥山・井上,1974a;黒蝕米対策研究班,1975)などが明らかにされており,発消長に関する奥山(1974)の報告がある.これらの知見に基づいて,水田における薬剤散布適期が策定され(黒蝕米対策研究班,1975;橋本・春木,1988),さらに要防除水準についても報告されている(八谷,1985;八谷・橋本,2001).しかし,これらの知見および防除技術は,北海道における発生を前提としたものであり,発生生態が異なると考えられる他地域に単純に適用することはできない.北陸地域における本種の生態に関しては,ほとんど明らかにされておらず,発生生態や生活史の解明が必要である.

アカヒゲホソミドリカスミカメは,水田畦畔,雑草地,牧草地等を主たる生息場所としており,イネの出穂期以降に水田に侵入し稲穂を加害する(八谷,1999b;石本,2004).したがって,本種の防除や発生予察を考える上で,水田内および水田外の発生生態をともに明らかにすることが必要である.本種の水田における発生生態に関しては,いくつかの報告があり,イネの出穂にともなって成虫が侵入し,登熟期に1世代を経過することが明らかにされている(奥山,1974;新山・飯富,2003;上野,2004).新潟県においては,石本(2004)が詳細な検討を行っており,発生量の品種間差やその要因などが報告されている.水田における発生生態の解明は,薬剤防除法を確立する上できわめて重要であり,これらの知見に基づき,薬剤散布適期や散布回数に関する検討が進められている(新山・飯富,2003;石本・永瀬,2005).一方,水田外の生息場所における発生生態に関しては,報告例が少なく,また断片的であり,詳細な検討は行われていない.

アカヒゲホソミドリカスミカメの成虫は,飛翔能力が高く,移動性に富むとされている(八谷,1999b).そのため,地域全体で防除対策を行うことが効果的であるとされており,現場では広域一斉防除の指導が行われている(新潟県農作物病害虫雑草防除指針,2007).また,水田に直接隣接しない河川敷や道路のり面なども,水田に侵入す

る成虫の発生源とて重要視されている。しかし、移動実態に関する直接的な検討は十分行われていない。成虫の飛翔能力に関しては、室内試験の結果が報告されているが（後藤・樋口，2004；菊地ら，2004a；石岡ら，2004；菊地・小林，2006），野外における実態調査はほとんど行われておらず、本種の移動性の高さを裏付ける報告はない。前述のように、本種は水田外の生息場所から水田へと成虫が飛来侵入して加害を行う。したがって、成虫の移動性を明らかにすることは、発生予察における水田侵入量の予測や発生源の管理による侵入量の抑制を考える上できわめて重要である。

本種は、雌が性フェロモンを放出し、雄を誘引することが明らかにされている（Kakizaki and Sugie，1997；樋口・高橋，2002）。Kakizaki and Sugie（2001）は、本種の性フェロモンとして 10 成分を同定し、主要成分は *n*-hexyl *n*-hexanoate，(*E*)-2-hexenyl *n*-hexanoate，*n*-octyl *n*-butrate の 3 種であることを明らかにした。さらに、これら 3 成分の合成物を 100：40：3 の比率で混合したものが雄に対して誘引性を持つことが示されており（樋口ら，2004），合成性フェロモンを利用した発生消長の把握が試みられている（石本，2005；滝田，2005；石本ら，2006）。また、Kakizaki（2004）は、高濃度の合成性フェロモンが本種の交尾を阻害し、個体数の増加を抑制することを報告しており、交信攪乱による防除についても検討が進められている。このように、合成性フェロモンを利用した応用技術の開発に関する研究が精力的に進められている。しかし、本種の配偶行動や性フェロモンに関わる生理生態的な特性は、十分に明らかにされていない。合成性フェロモンの利用による応用技術の開発には、基礎的な研究が不可欠であり（柿崎，2006），本種の繁殖生態に関わる基礎的な知見の集積が望まれる。

本研究では、これらの背景を踏まえ、新潟県における本種の周年の発生経過を明らかにするとともに、休眠、発育、繁殖、移動等に関する生態的特性を解明することを目的とした。第 2 章では、新潟県上越市における越冬実態を明らかにするため、越冬態 秋季に産卵を行う植物種、休眠卵の休眠消去に関わる温度条件について検討した。

第3章では、牧草地や水田畦畔などの生息場所における周年の生息数調査をもとに、年間の世代数、各世代の発生時期などについて検討し、第2章の結果とあわせて本種の周年の生活環を明らかにすることを目指した。また、水田において同様に生息数調査を行い、水田外の発生状況と比較を行った。第4章では、交尾と産卵の関係、配偶行動の日周性等、繁殖に関わる基礎的生態の解明を目指した。第5章では、成虫の分散および定着について検討した。最後に第6章では、これらの研究成果に基づき、本種的生活史戦略について考察を行った。

## 第2章 越冬実態

アカヒゲホソミドリカスミカメの越冬状況を明らかにすることは、春の発生状況を把握することにつながり、生活史の解明という側面からも、発生予察技術や防除技術を確立するという観点からも重要である。本種の越冬や休眠卵の産下に関しては、既にいくつかの報告（奥山，1982；Kudo and Kurihara, 1988, 1989）があるが、なお未解明の部分も多く残されている。本章では、新潟県上越市における越冬態、秋季に産卵を行う植物種、休眠卵の休眠消去に関わる温度条件に関する研究結果を述べる。

### 第1節 幼虫・成虫越冬の可能性

本種は、北海道と岩手県ではイネ科植物に産下された休眠卵で越冬することが明らかにされている（奥山，1982；Kudo and Kurihara, 1988）。また、北海道では5月末にまず最初に孵化直後の幼虫が休耕田や畦畔雑草地に発生することから（奥山，1974）、幼虫や成虫での越冬の可能性はないと考えられる。しかし、北海道と岩手県以外の地域での越冬態についての知見は報告されておらず、より温暖な地域では、成虫ないしは幼虫で越冬できる可能性も否定できない。そこで、新潟県における幼虫と成虫の越冬の可能性について検討を行った。

#### 1) 材料および方法

##### (1) 秋季の生存虫調査

2000年11月に新潟県上越市にある北陸農業試験場（現：北陸研究センター）（北緯37°06′，東経138°16′）内の水田畦畔において、アカヒゲホソミドリカスミカメの生息虫調査を行った。調査は、幅約1.5m、長さ約33mの水田畦畔2本において、捕虫網（直径約36cm、柄約90cm）による50回振りすくい取りによって行った。調査



時刻は、午後 1～2 時とし、調査は原則として晴天日に行った。

## (2) 越冬試験

1999 年および 2000 年の 10 月下旬から 11 月に北陸農業試験場内の水田畦畔および雑草地において、捕虫網によるすくい取りを行い、本種幼虫および成虫を採集した。採集個体は、木製のウンカ類飼育用ケージ (25×34×34 cm) に放飼し、餌としてイタリアンライグラス *Lolium multiflorum* の幼苗を与えた。イタリアンライグラスは、ステンレス製バット (19×32×3 cm) に 10 月上旬に播種したものであり、調査が終了する 3 月下旬まで交換しなかった。バットの土が乾燥しないよう適宜水を加えた。ケージは、直射日光の当たらない建物の軒下に設置した。ケージ内の生存虫の調査は、1999 年に放飼したものは 2000 年 3 月 27 日に、2000 年に放飼したものは 2001 年 3 月 23 日に行った。

## 2) 結果

### (1) 秋季の生存虫調査

2000 年秋季に行った水田畦畔におけるすくい取り調査の結果を第 1 表に示した。11 月 8 日には 2 齢・3 齢幼虫が確認され、4 齢・5 齢幼虫は暦日の進行とともに個体数は減少したが、11 月 23 日まで生存が確認された。成虫は、11 月 23 日まで、連続して採集された。

### (2) 越冬試験

越冬試験に供試した成虫および幼虫の個体数を第 2 表に示した。1999 年は幼虫 87 個体、成虫 100 個体、2000 年は幼虫 106 個体、成虫 89 個体を供試したが、いずれの年次も翌春の調査で生存個体は確認されなかった。

第1表 水田畦畔 アカヒゲホソミドリカスミカメ個体数

調査日 <sup>a</sup>	幼虫 <sup>b</sup>					成虫 <sup>b</sup>	
	1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	雌	雄
11月6日	0	0	0	4	16	5	1
8日	0	1	1	1	4	4	0
9日	0	0	0	2	3	5	1
10日	0	0	0	2	2	4	1
14日	0	0	0	1	4	1	3
23日	0	0	0	0	1	2	0
24日	0	0	0	0	0	0	0
25日	0	0	0	0	0	0	0

<sup>a</sup>調査 2000年

<sup>b</sup>畦畔1本 50回振 のすくい を 2本 合計数を .

第2表 野外条件 アカヒゲホソミドリカスミカメ個体数

採集日 <sup>a</sup>	ケージ No.	幼虫 <sup>b</sup>					成虫			
		1 齡	2 齡	3 齡	4 齡	5 齡	計	雌	雄	
1999年 10月 25日 25日	N-1						50			
	A-1							25	25	
	11月 7日 7日	N-2						37		
		A-2							25	25
2000年 10月 24日 24日 27日 31日	N-3			14	14	23	51			
	N-4		5	16	9	10	40			
	A-3							16	16	
	A-4							20	20	
	N-5				5	10	15			
11月 9,10,14,23日 9,10,14,23日	A-5							12	5	

<sup>a</sup> 採集日

<sup>b</sup> 1999年

N-5とA-5については4回分



第1図 2000年11月における日平均気温の推移（気象庁，2000）

### 3) 考察

水田畦畔でのすくい取り調査の結果,11月上旬には2,3齢幼虫の生存が確認され,11月中旬まで4,5齢幼虫が確認された(第1表).本種幼虫の発育零点は,イネ苗を餌とした報告では9.2(奥山・井上,1975),コムギを餌としたものでは13.6(本論文第3章第2節)である.2000年11月の新潟県上越市の日平均気温は,上旬を除き発育零点付近で推移した(第1図)(気象庁,2000).したがって,11月上中旬に2,3齢の発育段階にある幼虫が,年内に羽化することは不可能であり,4,5齢に達していた場合でも羽化後産卵を行うためには温量が不足していると考えられる.そこで,これらの個体が,幼虫あるいは成虫態で越冬している可能性を考えて,野外に設置したケージを用いて越冬試験を行ったが,結果として,幼虫および成虫での越冬を確認することはできなかった.

今回行った越冬試験は,野外条件を模したケージ内の試験であり,餌植物もイタリアンライグラスのみという条件付きのものである.しかし,ケージ内には雨も降り込み,12月中旬からは雪がケージに積もるような状況であり,野外の環境条件と類似していたと考えられる.また,イタリアンライグラスは本種が最も好む牧草とされており(八谷,1999a),積雪下でも枯死しないことから,越冬下の成虫や幼虫の餌植物として不適であったとは考えられない.したがって,本試験で設定した越冬条件は,畦畔の冬季の状況とかけ離れたものではなかったと考えられる.

成虫態で越冬するカメムシの中には,摂食や繁殖を行う場所と越冬場所が異なる種があることが知られている.例えば,斑点米カメムシの一種であるホソハリカメムシでは,短日によって卵巣発育が停止した休眠成虫は寄主植物であるヒエ類やメヒシバ *Digitaria ciliaris* からススキ *Miscanthus sinensis*,チガヤ *Imperata cylindrica* などの株元へ移動することが明らかにされている(伊藤,1988,1989).すくい取り調査において,11月23日以降,成虫が捕獲されなくなったが,これは越冬場所への移動に起因するとも考えられる.しかし,本種は,短日により休眠卵の産下が誘起され

るが、卵巣の発育は抑制されない(奥山, 1982; Kudo and Kurihara, 1988). 越冬場所への移動が休眠に伴う一連の生理的・行動的变化の一つとして発現することを考慮すると、卵巣発育が抑制されない本種成虫において、摂食や繁殖場所以外に越冬するための場所が存在するとは思われない。11月下旬に成虫が捕獲されなくなったのは、気温の低下によって活動が抑制され、すくい取りでは捕獲されにくくなったか、あるいは死亡により個体数が減少したことが原因であると考えられる。

本越冬試験は、1調査地点における2年間のみのものであり、今回の結果だけから本種の幼虫・成虫越冬の可能性を完全に否定することはできない。しかし、新潟県上越市で幼虫や成虫態での越冬の可能性は低く、本種の当地での越冬態は卵であると考えるのが妥当であろう。ただし、より温暖な地域においては、卵以外の発育段階でも越冬できる可能性があり、今後の検討が必要である。

すくい取り調査において、11月に幼虫が捕獲されたことは、9月下旬から10月にかけて産下される卵の少なくとも一部は非休眠卵である可能性を示唆している。孵化幼虫が最終的に生存できないにもかかわらず、非休眠卵を産んでいるのであれば、適応的観点から見て興味深い現象である。秋季に産下された卵の休眠卵率については、次節で論ずる。

## 第2節 イネ科雑草における休眠卵の産下

本種は、イネ科植物を寄主としており、スズメノカタビラ *Poa annua* などナガハグサ属の植物やイタリアンライグラスを好むとされている(八谷, 1999a)。また、スズメノカタビラ(柿崎, 1997)やコムギ苗(伊藤, 2000; 樋口・高橋, 2000)を用いて累代飼育が可能であることが報告されている。しかし、産卵のために利用している植物について具体的な報告例はない。そこで、秋季に本種が産卵を行う植物種について調査を行った。

## 1) 材料および方法

調査は、1999年9月18日から11月8日にかけて、北陸農業試験場内の水田畦畔において行った。畦畔において捕虫網によるすくい取りを行い、本種成虫が捕獲された場所のイネ科雑草の茎を根際部から切り取り採取した。本種は、葉鞘の内側の隙間に卵塊で産卵を行うので(井上, 1974; 黒蝕米対策研究班, 1975), 実体顕微鏡下で茎を解体し、産下卵の有無を調査した。産下卵は全て取りだし、湿ろ紙を敷いたプラスチックシャーレ(径9cm)に移した。本種の非休眠卵は25℃前後の温度において5日内外で眼点が形成されるが、休眠卵では眼点形成が認められない(奥山, 1982)。そこで、産下卵を25℃で5~6日間保存し、眼点の有無により休眠卵・非休眠卵の判別を行った。

## 2) 結果

採取したイネ科雑草を第3表に示した。イヌビエ属 *Echinochloa* については、イヌビエ *E. crus-alli*, ケイヌビエ *E. crus-galli*, ヒメタイヌビエ *E. glabrescens* が混在し、分類が明確ではない(長田, 1999)ことから属として扱った。メヒシバ属 *Digitaria* では、メヒシバとアキメヒシバ *D. violascens* が混在していたが、採取時に区別を行わなかったので属としてまとめた。

イヌビエ属、メヒシバ属、オオクサキビ *Panicum dichotomiflorum* からアカヒゲホソミドリカスミカメの卵塊が見つかった(第3表)。オヒシバ *Eleusine indica*, キンエノコロ *Setaria glauca*, オニウシノケグサ *Festuca arundinacea*, コヌカグサ *Agrostis gigantea*, スズメノカタビラからは、卵は確認されなかった。

9月18, 21, 24日に採集された卵の一部は、非休眠卵であったが、10月以降は、非休眠卵は認められなかった(第4表)。当初、休眠卵と判定した卵の一部から、卵寄生蜂の羽化が認められた。卵寄生蜂が羽化できずに死亡した死ごもりと見られる卵を含めると、被寄生卵は採集卵242個中、67個であった。寄生蜂は3種認められ、いず

れも寄主卵 1 個から 1 頭が羽化する単寄生性であった。



第3表 イネ

調査雑草種	調査茎数	発見卵塊数 <sup>a</sup>
イヌビエ <sup>b</sup>	216	6 ( 48)
メヒシバ <sup>c</sup>	544	10 ( 74)
オヒシバ	125	0 ( 0)
オオクサキビ	283	16 (120)
キンエノコロ	77	0 ( 0)
オニウシノケグサ	29	0 ( 0)
コヌカグサ	25	0 ( 0)
スズメノカタビラ	33	0 ( 0)
計	1365	32 (242)

<sup>a</sup>( )

<sup>b</sup>イヌビエ ケイヌビエ

<sup>c</sup>メヒシバ

む

第 イネ における

被寄生卵数

採集月日 <sup>a</sup>	採集卵数	非休眠卵	休眠卵	死卵 <sup>b</sup>	被寄生卵	
					卵寄生蜂羽化 <sup>c</sup>	死 <sup>d</sup>
9月18日	4	4	0	0	0	0
19日	11	0	0	0	2	9
20日	4	0	0	0	4	0
21日	5	1	4	0	0	0
22日	11	0	0	7	4	0
24日	6	1	0	4	1	0
10月6日	12	0	12	0	0	0
12日	6	0	6	0	0	0
17日	8	0	5	3	0	0
19日	14	0	0	0	14	0
20日	35	0	15	16	3	1
21日	44	0	39	0	4	1
25日	29	0	14	4	11	0
26日	21	0	9	0	10	2
11月1日	12	0	12	0	0	0
4日	14	0	13	0	1	0
7日	6	0	6	0	0	0
計	242	6	135	34	54	13

<sup>a</sup> 調査 1999年

<sup>b</sup> 調査時 等

<sup>c</sup> 卵寄生蜂の

<sup>d</sup> 卵寄生蜂成虫

ていると

卵

### 3) 考察

アカヒゲホソミドリカスミカメは、秋季にイネ科雑草であるイヌビエ属、メヒシバ属、オオクサキビに産卵を行うことが明らかとなった。産下卵のうち、10月以降に採集された卵は全て休眠卵であり、これら休眠卵は雑草の枯れた茎内で越冬すると考えられる。

オヒシバ、キンエノコロ、オニウシノケグサ、コヌカグサ、スズメノカタビラへの産卵は確認できなかった。調査茎数が少ないため、これらの雑草に対する産卵の有無について結論を出すことはできない。今後さらに詳細な調査を行うとともに、これらのイネ科雑草が幼虫の発育に適しているかなどについても検討する必要がある。

アカスジカスミカメはイネ科植物の穎花内に産卵する（加藤・長谷川，1950；林・梅田，1985；林，1986，1991）。休眠卵もイネ科植物の穎花内に産下され、地表に落下した穎花内で卵態で越冬する（林・中沢，1988）。本研究では茎葉に対する産卵のみを調査したが、アカヒゲホソミドリカスミカメにおいても穂への産卵が報告されており（長澤・斉藤，2006）、今後、産卵のために利用する植物を調査する場合、茎への産卵のみならず穂についても検討していく必要がある。

アカヒゲホソミドリカスミカメの発生密度は、スズメノカタビラなどナガハグサ属の多寡によって決まり（八谷，1999a）、北海道では、スズメノカタビラが平野部でも山間部でも季節を問わずに雑草地の優占種となって、本種を常発害虫化させている原因であることが指摘されている（八谷，1999a）。しかし、北陸地域では、スズメノカタビラは春に出穂して枯れ、晩秋に出芽し幼植物のまま積雪を迎える。したがって、秋には植物体として十分成長しておらず、本種が休眠卵を産下する植物として利用している可能性は低いと考えられる。

10月以降に採集された卵は全て休眠卵であったが、9月に採集された卵の約半数が非休眠卵であった。この結果は、9月下旬から10月にかけて産下される卵の少なくとも一部は非休眠卵であるという、本章第1節における推測を裏付けるものであった。9

月中下旬に非休眠卵が産下されることは、野外から雌を採集し、産下卵の休眠卵率を調査した結果によっても確認されており(樋口・高橋, 2005), 年次による差は認められるものの、まれな現象ではないと考えられる。前節の結果から、これら非休眠卵から孵化した幼虫が越冬できる可能性は低い。このような繁殖に関与できない幼虫がなぜ存在しているか、雌がこの時期になぜ非休眠卵を産下するのは、現在のところ不明である。

アカヒゲホソミドリカスミカメの卵寄生蜂については、タマゴコバチ科(Trichogrammatidae)の *Oligosita* sp. とタマゴクロバチ科(Scelionidae)の *Telenomus* sp. が報告されているが、これら2種の寄生率は必ずしも高くないとされている(樋口, 2006)。本調査においても寄生率は約28%であり、個体数制御要因として十分に高いとは言い難い。しかし、1カ年の調査で結論を出すのは早計であり、今後さらに検討を進める必要があると思われる。

### 第3節 休眠卵の覚醒条件

奥山(1982)は、本種休眠卵に対して4~5の低温処理を行い、休眠の覚醒には、少なくとも20日間以上低温にさらされる必要があり、70日間低温処理することにより、休眠はほぼ完全に消去されるとしている。しかし、低温処理温度については検討されておらず、休眠消去の至適温度は明らかにされていない。また、野外において越冬中の卵がどの時点で休眠を終了しているかも不明のままである。そこで本研究では、まず実験室内において異なる温度、期間で低温処理を行い、休眠からの覚醒に必要な条件について改めて検討を行った。また、冬期間、半野外条件に置かれた休眠卵について、定期的に休眠状態を調査し、野外における休眠覚醒の実態解明を試みた。

#### 1) 材料および方法

### (1) 休眠卵の採取

1999年7月に北陸農業試験場内の雑草地で成虫を採集し、樋口・高橋(2000)の方法により、コムギ芽出しを餌として累代飼育を行った個体群を供試した。新潟県上越市のアカヒゲホソミドリカスミカメ個体群が、休眠卵を産下する臨界日長は、25条件下では13時間と14時間の間である(樋口・高橋,2005)。また、日長の影響は生育ステージにより異なり、感受期は4齢以降であるとされている(奥山,1982)。本試験では、孵化幼虫を25℃,12L:12D条件下でコムギ芽出しを餌として飼育し、得られた成虫に同条件下で、コムギ芽出しに対して産卵させた。産下卵は、実体顕微鏡下でコムギの茎から取りだし、湿ろ紙を敷いたプラスチックシャーレに移した。本種の非休眠卵は、25℃前後の温度において5日内外で眼点が形成されるが、休眠卵では眼点形成が認められない(奥山,1982)。そこで、産下卵を25℃で5~6日間保存し、眼点の有無により休眠卵であることの確認を行った後、実験に供した。なお、上記条件で採集した卵は、ほぼ100%休眠卵であった。

### (2) 室内試験

休眠卵を湿ろ紙を敷いたプラスチックシャーレ(径9cm)内に約50個ずつ入れ、10℃,5℃,0℃,-5℃に設定したインキュベータ内(全暗条件)に保存した。シャーレは、乾燥を防ぐためパラフィルムRでシールした。処理開始から40日,60日,80日,100日,120日,140日後にシャーレを25℃,16L:8D条件に移し、20日間毎日観察を行い、孵化状況を調査した。観察期間中に死亡が確認された卵、発育異常と見られる卵は調査対象から除外した。

### (3) 半野外条件における休眠消去

湿ろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内に休眠卵を約50個ずつ入れ、乾燥を防ぐためパラフィルムRでシャーレをシールした。1999年10月26日にシャーレをプラスチックケース(20×30×5cm)に入れて、直射日光が当たらず、降雨や降雪を直接受けない建物の軒下に置いた。2000年1月10日から4月20日まで約10日おきにシャ

ーレを取りだし、25℃、16L：8D 条件に移して、20 日間毎日観察を行い、孵化状況を調査した。観察期間中に死亡が確認された卵、発育異常と見られる卵は調査対象から除外した。

## 2) 結果

### (1) 室内試験

各温度、処理日数における 25℃ 加温後 20 日間の孵化率を第 5 表に示した。0℃、5℃、10℃ の 3 温度区では、処理日数が長くなるに従い、孵化率が高まる傾向が認められた。5℃ 処理の場合、処理日数 40 日では、孵化率は低く 18.4%であったが、60 日の処理では 70%を越え、80 日以上処理では、ほぼ 100%であった。0℃ 処理および 10℃ 処理では、処理日数 40 日、60 日、80 日で 5℃ 処理に比べ孵化率はやや低い傾向が見られたが、100 日以上処理では 89.4～100%と高率であった。

加温後の累積孵化率の推移には、処理温度、処理日数間に顕著な違いが認められた。0℃ 処理および 5℃ 処理では、処理日数が長くなるに従い加温後孵化までの日数は短縮し、また、齊一に孵化する傾向が認められた(第 2 図)。これに対して 10℃ 処理では、処理日数の長短に関わらず、加温後孵化までの日数には大きなばらつきが見られ、累積孵化率は加温後日数が進むにつれ徐々に高まった。0℃ 処理および 5℃ 処理における加温後の平均卵期間は、処理日数 80 日、100 日では、10～11 日間であったが、120 日、140 日では 8～9 日間と明らかに短くなった(第 6 表)。10℃ 処理においては、平均卵期間は処理日数が長くなるにしたがって短縮し、140 日処理では 7.0 日間であり、0℃ 処理、5℃ 処理と比べて有意に短くなった。

### (2) 半野外条件における休眠消去

2000 年 1 月 10 日(半野外条件に 76 日間)および 1 月 20 日(86 日間)に加温を開始した休眠卵の加温後 20 日間の孵化率は、それぞれ 63.8%、76.5%であった(第 7 表)。1 月 31 日(97 日間)以降は、孵化率は 93～100%と高率であり、加温開始時期

による顕著な違いは認められなかった。加温後の平均卵期間は、半野外条件に置かれた期間が長くなるにしたがって短縮した。1月10日、20日、31日に加温を開始した卵では、平均卵期間は11日間前後であったが、2月10日（107日間）以降は、徐々に短縮し、4月20日（177日間）では3.4日であった。加温後の累積孵化率の推移を比較すると、1月10日、31日に加温を開始した場合は、加温後日数が進むにつれ孵化率は徐々に高まるのに対し、2月20日（117日間）以降の加温では、孵化は極めて斉一であった（第3図）。

第5表 各低温処理条件

処理日数	孵化率 <sup>a, b</sup>			
	-5	0	5	10
40日間	0.0 (50)	4.1 (49) a, A	18.4 (49) a, A	0.0 (50) a, A
60日間	0.0 (50)	69.4 (49) b, A	70.7 (41) b, A	30.0 (50) b, B
80日間	0.0 (50)	67.4 (46) b, A	97.8 (46) c, B	84.8 (46) c, A
100日間	0.0 (50)	89.4 (47) bc, A	97.9 (47) c, A	95.7 (47) cd, A
120日間	0.0 (50)	100.0 (47) c, A	97.9 (48) c, A	100.0 (41) d, A
140日間	0.0 (50)	100.0 (46) c, A	100.0 (37) c, A	88.9 (45) cd, A

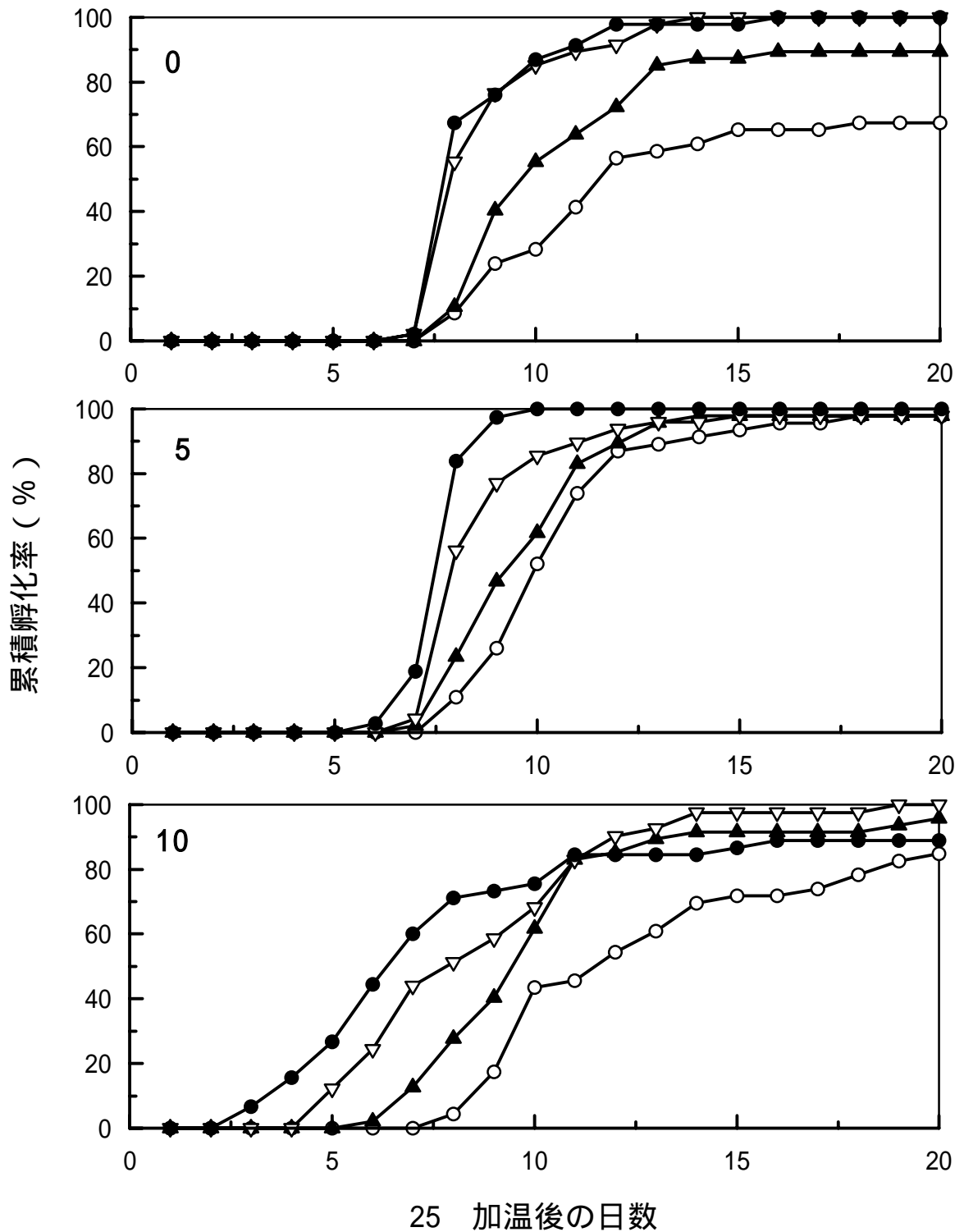
<sup>a</sup>同一英小文字

とを

<sup>b</sup>( )

<sup>2</sup>検定後 Tukey WSD による  $P > 0.05$ ).





第2図 各低温処理条件におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25  
 加温後の累積孵化率の推移  
 各温度での処理日数：80日（○），100日（●），120日（▲），140日（▽）

第6表 各低温処理条件

25

処理日数	平均卵期間			S.E.) <sup>a,b</sup>
	0	5	10	
80 日間	11.0 ± 0.42 (31) a,A	10.7 ± 0.31 (45) a,A	11.9 ± 0.50 (38) a,A	
100 日間	10.4 ± 0.30 (42) a,A	9.9 ± 0.25 (46) a,A	10.0 ± 0.40 (45) ab,A	
120 日間	9.0 ± 0.24 (47) b,A	8.9 ± 0.23 (47) b,A	8.8 ± 0.47 (42) bc,A	
140 日間	8.8 ± 0.24 (46) b,A	8.0 ± 0.12 (37) b,A	7.0 ± 0.47 (40) c,B	

<sup>a</sup> 同一英小文字

日数

<sup>b</sup> ( )

は,

Steel-Dwass 検定  $P > 0.05$ ).

第7表 半野外条件下 保存 アカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵 25

加温開始時期 <sup>a</sup>	供試卵数	孵化卵数	孵化率 <sup>b</sup>	平均卵期間 <sup>c</sup>
1月10日 ( 76	47	30	63.8 a	11.2 ± 0.48 a
20日 (	34	26	76.5 ab	10.9 ± 0.39 a
31日 (	47	46	97.9 c	11.2 ± 0.31 a
2月10日 (	44	42	95.5 bc	9.9 ± 0.23 ab
20日 (	47	47	100.0 c	9.3 ± 0.20 b
3月 1日 (	43	40	93.0 bc	9.3 ± 0.25 bc
10日 (	41	41	100.0 c	9.0 ± 0.18 c
20日 (	43	43	100.0 c	8.4 ± 0.11 c
4 1日 (	47	47	100.0 c	7.1 ± 0.09 d
10日 ( 67	42	42	100.0 c	5.6 ± 0.12 e
20日 (	42	42	100.0 c	3.4 ± 0.11 f

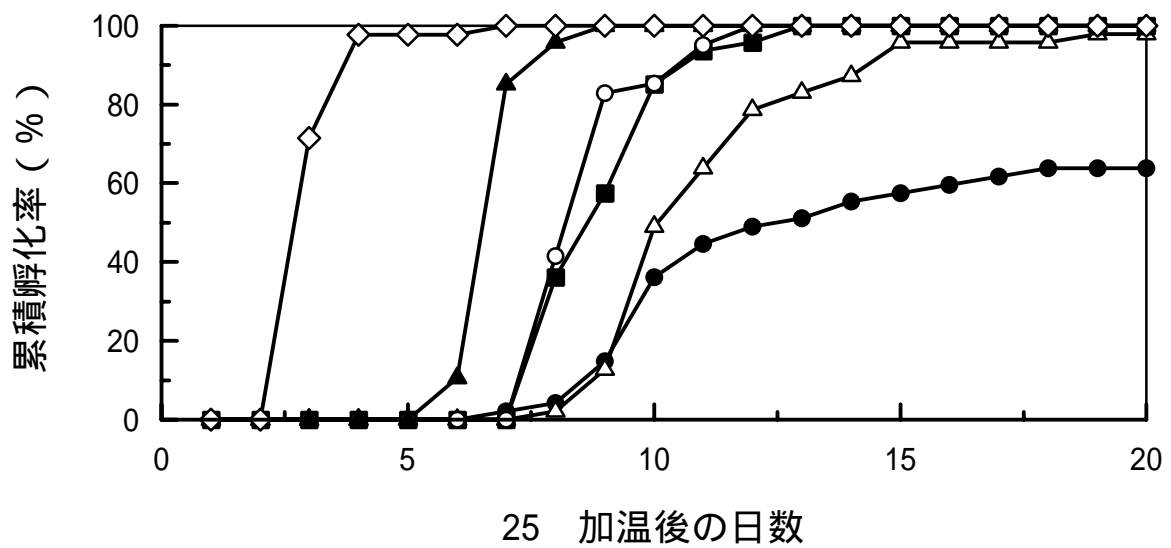
<sup>a</sup> ( ) 半野外条件 置 日数 .

<sup>b</sup> 同一英小文字

<sup>c</sup> 同一英小文字

<sup>2</sup> 検定後 Tukey WSD による  $P > 0.05$  ) .

Steel-Dwass 検定 ,  $P > 0.05$  )



第3図 半野外条件に保存したアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の25  
 加温後の累積孵化率  
 加温開始月日：1月10日 ( ) ，1月31日 ( ) ，2月20日 ( ) ，3月  
 10日 ( ) ，4月1日 ( ) ，4月20日 ( )

### 3) 考察

卵休眠を行う昆虫において、休眠消去を判断する指標として、一般に孵化率 (James and Luff, 1982; Lushai et al., 1996), 胚子発育率 (安藤, 1978), 卵期間 (Levine, 1988; Higaki and Ando, 2005) などが用いられる。本試験では、25℃ 加温処理後の孵化率と卵期間について調査を行ったが、両者は必ずしも一致しなかった。5℃ 処理の場合、加温後 20 日間の孵化率は、80 日以上の処理でほぼ 100% に達し (第 5 表)、孵化率を判断基準とすると、5℃・80 日処理で休眠はほぼ完全に消去されたと考えられる。しかし、加温後の平均卵期間については、孵化率が 100% に達した 80 日以上の処理区間に違いが認められた。すなわち、80 日、100 日処理に比べ、120 日、140 日処理は卵期間が有意に短くなり、同様の傾向は、0℃ 処理においても認められた (第 6 表)。このことは、80 日、100 日処理では、加温開始時に休眠が完全に消去されてはならず、加温後に休眠発育が進んだことを示唆している。低温処理後の加温処理が、休眠消去効果を持つことは、ウリハムシモドキ *Atrachya menetriesi* において報告されている (安藤, 1978)。本試験においても、25℃ 加温が休眠消去に働いた可能性が高く、孵化率を判断基準とした場合、休眠消去効果を過大に評価する恐れがある。そこで、ここでは加温後の卵期間や累積孵化率の推移を基準として、休眠消去の判断を行った。

本試験において検討を行った -5 ~ 10℃ の温度域では、-5℃ においては全く休眠は消去されず、0℃ 以上の処理で休眠消去効果が認められた。0℃ 処理および 5℃ 処理の結果は、ほぼ同じ傾向を示し、処理日数 120 日、140 日で卵期間のばらつきが減少し、孵化が斉一となった。このことから、0 ~ 5℃ の温度域において、休眠が完全に消去されるためには、少なくとも 120 日以上の処理期間が必要であると考えられる。10℃ 処理は、これとは異なる傾向を示し、処理日数が長くなるに従い、最初の孵化が起こる時期が早くなった。これは、10℃ 処理では一部の卵が加温前に休眠が消去され、休眠消去後の発育を開始していたことを示している。すなわち、10℃ においては、休眠発育と後休眠発育の両方が進行すると考えられ、本試験結果から休眠消去の効果を評価

することは困難である。しかし、0、5・120 日以上の処理において、孵化率が 80% を越える加温 10 日後の孵化率は、10 処理ではやや低い。したがって、10 処理の休眠消去効果は、0、5 よりもやや劣るのではないかと考えられる。以上の結果から、休眠消去のための至適温度は 0~5 付近にあり、同温度条件において休眠発育が完了するには少なくとも 120 日以上の期間が必要であると考えられる。なお、後休眠発育の発育零点については、第 3 章において論ずるが、推定値は 10.4 であり本試験結果と矛盾しない。

半野外条件に保存した卵は、1 月 31 日には、加温後の孵化率がほぼ 100% となったが、この時点では、まだ孵化は不斉一であり(第 3 図)、休眠は完全には消去されていなかったと考えられる。2 月 10 日以降、加温後の卵期間は徐々に短縮し、3 月 10 日、20 日にはそれぞれ 9.0、8.4 日となった(第 7 表)。これは、室内試験における 0、5・120、140 日処理の卵期間とほぼ一致することから、3 月上旬には休眠発育が終了していたと考えられる。3 月 10 日は、前年 10 月 26 日の野外保存開始から 136 日後であり、この結果は、120 日以上低温処理が必要であるとする室内試験の結果を裏付けるものと考えられる。

本試験において、アカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の休眠消去には、4 ヶ月以上という長期間にわたって 10 以下の低温にさらされる必要があることが明らかになった。このことは、本種が、長い冬期間が続く寒冷地での越冬に適応した種であることを意味している。新潟県上越市における月平均気温は、11 月から 3 月まで 10 以下であり、休眠発育に必要な 10 以下の期間が 5 ヶ月近く継続する(第 4 図)(気象庁, 2001)。上越市は、多雪地帯ではあるが、一般に積雪下では、地表面付近の温度は 0 以上に保たれる(福田, 2000; 小南ら, 1998; 松本・荒木, 1982)ため、積雪は休眠発育の障害とはならないと考えられる。したがって、上越市と同等あるいはより寒冷的な地域では、休眠消去の上で何ら問題は存在しないと考えられる。しかし、より温暖な地域においては、休眠消去に必要な低温期間が得られない可能性が高い。本種は

北海道から鹿児島まで広く分布しており(佐藤・安永, 1999a, 1999b), 暖地における越冬実態については興味を持たれる。ウリハムシモドキ(安藤, 1978), エンマコオロギ *Teleogryllus emma*(Masaki, 1963) やハムシの一種 *Diabrotica virgifera*(Krysan et al., 1977; Krysan, 1982) など卵休眠を行う昆虫において, 休眠性に地理的変異が存在することが報告されている。温暖な地域における本種の越冬に関しては, このような休眠性の変異も視野に入れて検討していく必要がある。

### 第3章 野外における世代推移

アカヒゲホソミドリカスミカメは水田畦畔，雑草地，牧草地等を主たる生息場所としており，イネの出穂期以降に水田に侵入し稲穂を加害する(石本 2004;八谷,1999a).したがって，本種の発生予察法や防除対策を確立するためには，水田外の生息場所および水田内における発生活長を的確に把握することが必要である．また，害虫の発生推移の予測や年間世代数の推定には，有効積算温度の法則が利用されているが，そのためには温度と発育に関する基礎的なデータが必要である．本章では，本種の発育と温度の関係に関する試験結果を示し，新潟県上越市における周年の発生実態，水田における発生活長について述べるとともに，有効積算温度に基づく世代区分について考察する．

#### 第1節 温度と発育

本種の各発育態の発育零点および有効積算温度については，すでに奥山・井上(1975)が北海道旭川市の個体群を用いて詳細な検討を行っている．しかし，昆虫の種によっては，温度に依存した発育特性に地理的変異が存在する場合があります(Campbell et al., 1974; 岸野, 1974; 正木, 1974; Tauber and Tauber, 1978; Mark and Michael, 1995), 北海道の個体群で得られた知見が北陸地域に適用可能であるか否かは不明である．そこで，新潟県上越市の本種個体群の発育零点，有効積算温度について調査を行った．

#### 1) 材料および方法

##### (1) 非休眠卵

1999年6月に北陸農業試験場内の雑草地において本種成虫を採集した．採集虫は木製の飼育ケージ(30×30×30 cm)内に放飼し，プラスチックシャーレ(径90 mm，高



さ 22 mm) に播種したコムギ芽出し苗を与え，25℃，16L：8D 条件下で 24 時間産卵させた．放飼終了後，コムギ苗から産下卵を取り出し，湿ろ紙を敷いたプラスチックシャーレ内のパラフィルム®片 (20×20 mm) の上に並べた．シャーレは，15℃，19℃，23℃，27℃，31℃ の各温度条件に置き，24 時間毎に幼虫の孵化状況を観察して，卵期間を調べた．供試卵数は，各温度区 64～130 個とし，日長条件は全て 16L：8D とした．

## (2) 休眠覚醒卵

1999 年 10 月に北陸農業試験場内の雑草地で本種成虫を採集し，25℃，12L：12D 条件下でコムギ芽出し苗に 3 日間産卵させた．産下卵は，上記と同様に湿ろ紙を敷いたシャーレ内に移し，25℃ 条件下に 7 日間保存した．非休眠卵は 25℃ 前後の温度では 5 日内外で眼点が形成される (奥山，1982) ので，7 日後に眼点が形成されないものを休眠卵とした．本種休眠卵が休眠から完全に覚醒するには，0～5℃ の低温に少なくとも 120 日間以上さらされる必要がある (本論文第 2 章第 3 節)．本試験では，得られた休眠卵を 5℃ で 150 日間処理した後，試験に供試した．低温処理後，50 卵ずつ個別のシャーレに移し，15℃，19℃，23℃，27℃，31℃ の各温度条件に置き，24 時間毎に孵化状況を観察した．日長条件は全て 16L：8D とした．

## (3) 幼虫

1999 年 7 月に北陸農業試験場内の雑草地において本種成虫を採集し，上記 (1) の方法に準じて採卵を行った．得られた卵は，25℃，16L：8D 下に置き，孵化当日の幼虫を 15℃，19℃，23℃，27℃，31℃ の各温度に移して個体別に飼育した．飼育には，ガラス管 (径 20×170 mm) を用い，餌としてコムギ芽出し苗 2 本を与えた．コムギ苗は根部をウレタンフォーム (20×20×30 mm) に挟んでガラス管下端に挿入し，ガラス管上部はナイロンメッシュで覆った．コムギ苗の更新は 2～3 日おきに行った．飼育は成虫が羽化するまで継続し，羽化の確認は毎日行った．日長条件は全て 16L：8D，供試虫数は各温度 20 頭とした．

## (4) 産卵前期間

2001年8月に北陸研究センター内の雑草地において本種5齢幼虫を採集し、25℃、16L:8Dの条件下でコムギ芽出し苗を与えて成虫羽化まで飼育した。羽化後24時間以内の雌雄1対をガラス管に放飼し、コムギ芽出し苗2本を与えて産卵開始まで飼育した。コムギ苗は毎日更新し、実体顕微鏡下で産卵の有無を調査した。産卵開始前に雄が死亡した場合は、野外で採集した雄を補充した。飼育は15℃、19℃、23℃、27℃、31℃の温度条件下で行い、各温度区とも原則として雌25個体を供試した。日長条件は全て16L:8Dとした。

## 2) 結果

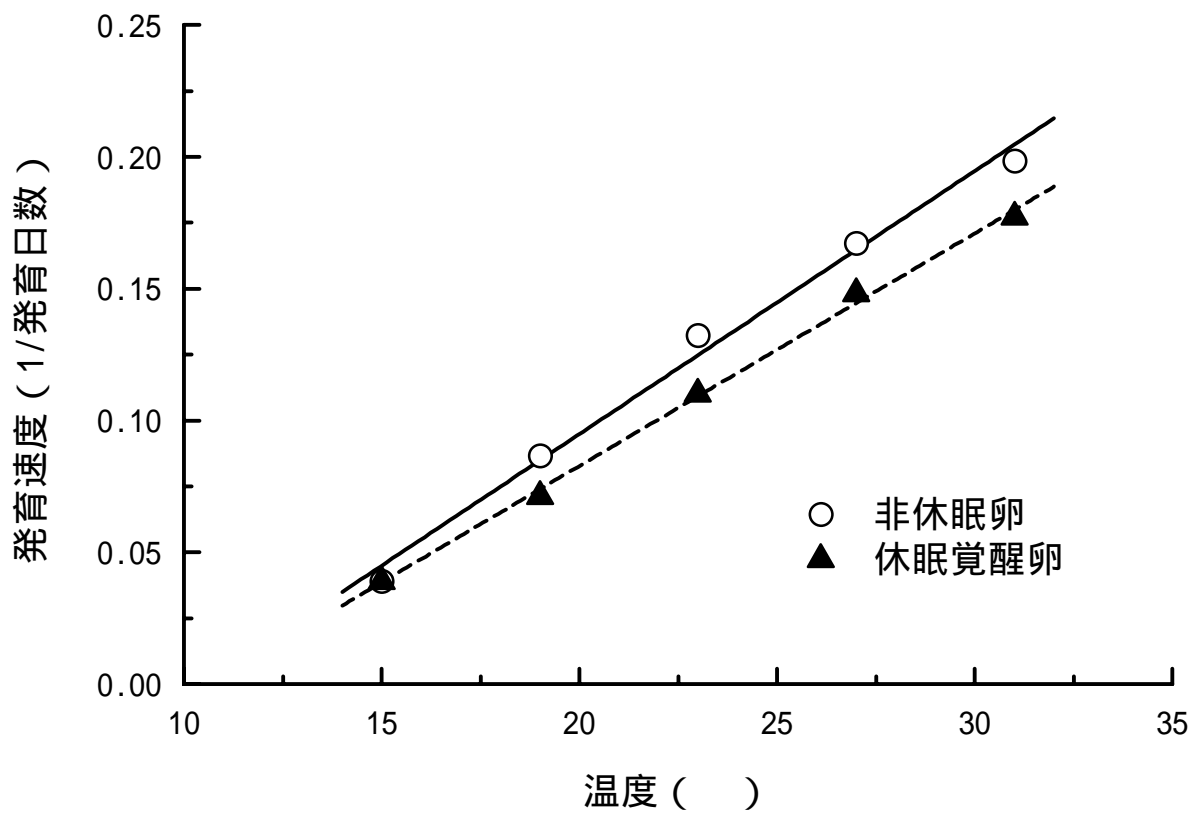
非休眠卵および休眠覚醒卵の各温度区における孵化率、発育日数を第8表に示した。非休眠卵、休眠覚醒卵ともに31℃において若干孵化率が低下する傾向が見られたが、全体として孵化率は高かった。非休眠卵、休眠覚醒卵ともに発育速度と温度の間には高い正の相関関係が認められた(第5図、第11表)。温度に対する発育速度の回帰式から算出した発育零点および有効積算温度は、非休眠卵が10.5℃、100.0日度、休眠覚醒卵が10.4℃、114.9日度であった(第11表)。

幼虫の発育試験では、15℃において羽化率が15%ときわめて低かったため、検討対象から除外した。19~31℃の範囲においても温度が低いほど羽化率が低下する傾向が認められたが(第9表)、発育速度と温度との相関はきわめて高かった(第6図、第11表)。発育速度-温度回帰直線から算出した発育零点は13.6℃、有効積算温度は161.3日度であった(第11表)。

産卵前期間は、温度の上昇に伴って明らかに短縮し、温度と卵巣発育速度の間には高い正の相関が認められた(第7図、第10表、第11表)。産卵雌率は88~100%と高く、温度と産卵雌率の間に一定の傾向は認められなかった(第10表)。卵巣発育速度と温度との相関関係から、発育零点9.3℃、有効積算温度59.9日度が算出された(第11表)。

第8表 アカヒゲホソミドリカスミカメ

温度	非休眠卵			休眠覚醒卵		
	供試卵数	孵化率	発育日数 ( ±S.E. )	供試卵数	孵化率	発育日数 ( ±S.E. )
15	77	93.5	25.5 ± 0.13	50	88.0	25.6 ± 1.40
19	93	94.6	11.6 ± 0.05	50	94.0	13.3 ± 3.37
23	80	91.3	7.6 ± 0.06	50	96.0	9.1 ± 6.31
27	130	92.3	6.0 ± 0.02	50	86.0	6.7 ± 0.73
31	64	81.3	5.0 ± 0.03	50	78.0	5.6 ± 0.55



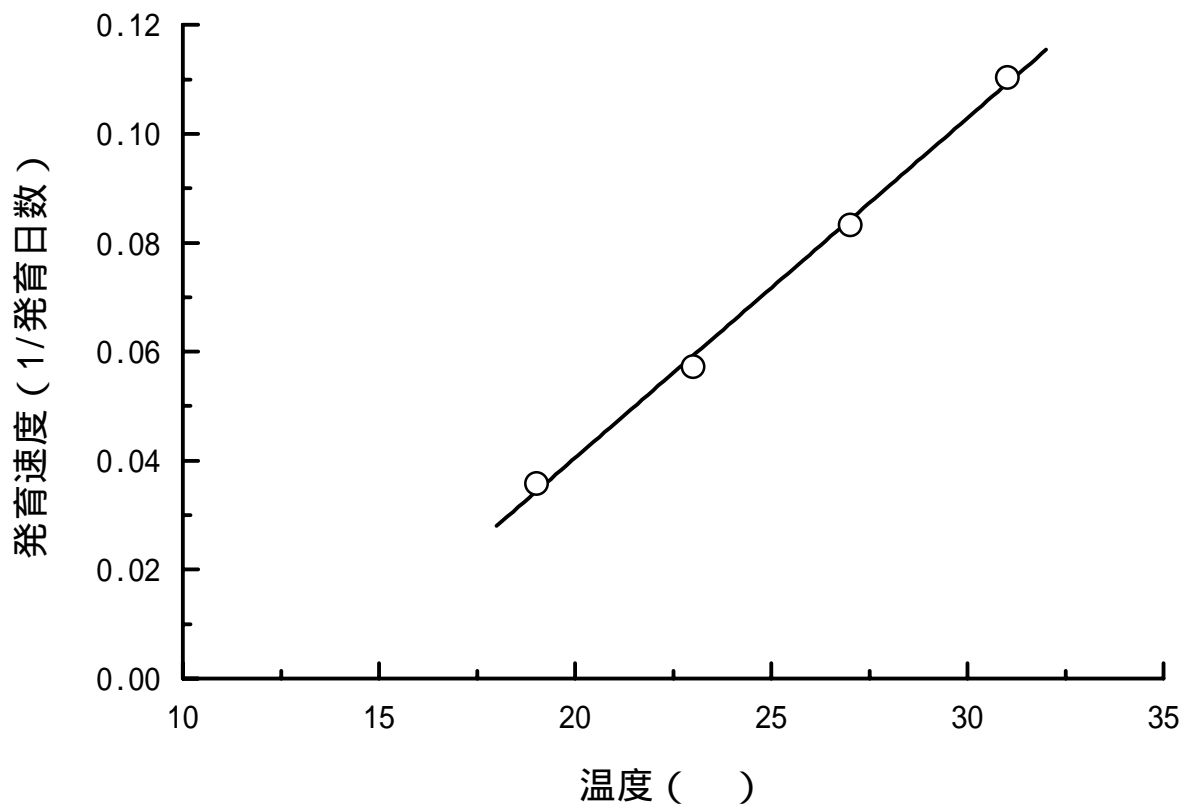
第5図 アカヒゲホソミドリカスミカメ非休眠卵および休眠覚醒卵の发育と温度の関係

第9表 アカヒゲホソミドリカスミカメの幼虫発育と温度

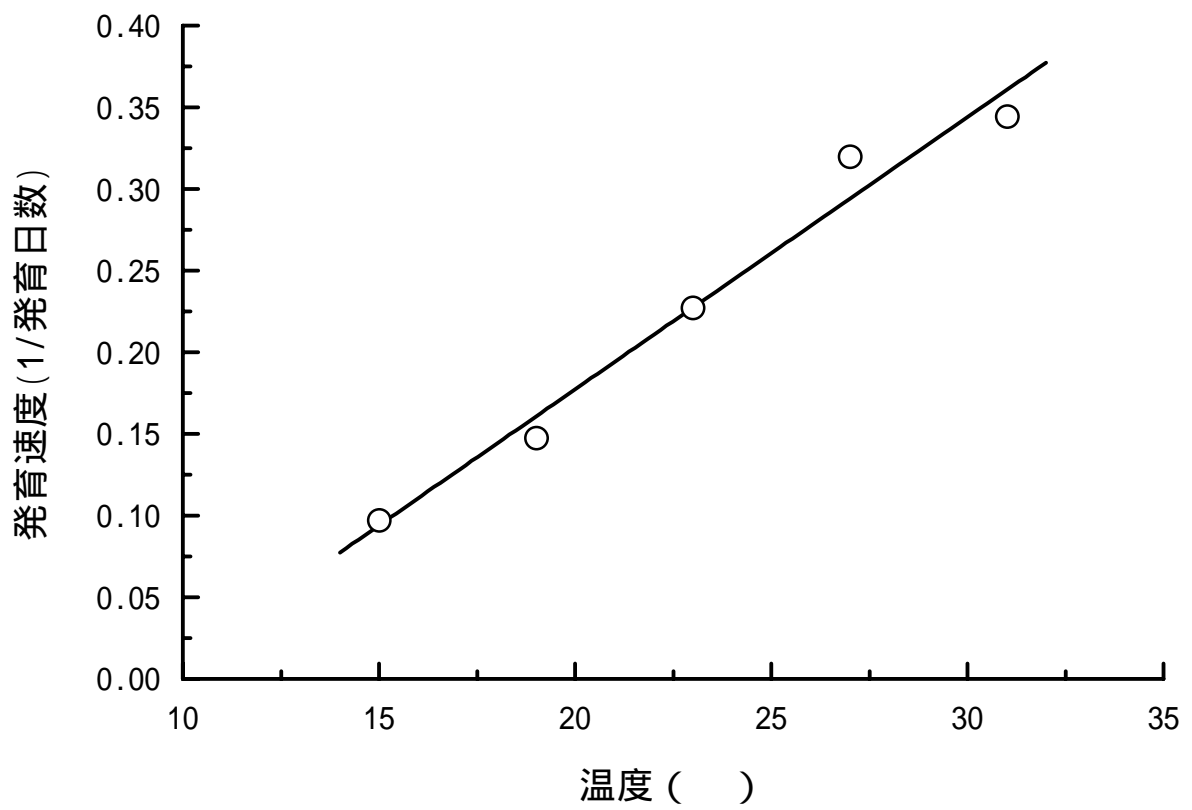
温度 ( )	供試個体数	羽化率 (%)	発育日数 (平均 ± S.E.)
19	20	50.0	27.9 ± 0.77
23	20	70.0	17.4 ± 0.34
27	20	75.0	12.0 ± 0.28
31	20	85.0	9.1 ± 0.16

第 10 表 アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の産卵前期間と温度

温度 ( )	供試個体数	産卵雌率 (%)	発育日数 (平均 ± S.E.)
15	25	92.0	10.3 ± 0.48
19	25	88.0	6.8 ± 0.38
23	25	100.0	4.4 ± 0.22
27	25	96.0	3.1 ± 0.14
31	22	90.9	2.9 ± 0.14



第6図 アカヒゲホソミドリカスミカメ幼虫の発育と温度の関係



第7図 アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の産卵前期間と温度の関係



第 11 表 アカヒゲホソミドリカスミカメ

发育段階	发育速度 (V) と (T) の	R <sup>2</sup>	发育零点	有効積算温度
非休眠卵	$V = -0.1048 + 0.0100 T$ ( $P = 0.0003$ )	0.988	10.5	100.0
休眠覚醒卵	$V = -0.0908 + 0.0088 T$ ( $P < 0.0001$ )	0.998	10.4	114.9
幼虫	$V = -0.0843 + 0.0062 T$ ( $P = 0.0013$ )	0.996	13.6	161.3
産卵前期間	$V = -0.1561 + 0.0167 T$ ( $P = 0.0016$ )	0.968	9.3	59.9

### 3) 考察

一般に昆虫の発育零点は、寒地系の種で低く、熱帯系の種で高い傾向があるとされている(内田,1957)奥山・井上(1975)は本種の発育零点がイネハモグリバエ *Agromyza oryzae*, イネヒメハモグリバエ *Hydrellia griseola*, イネドロオイムシ *Oulema oryzae* 等の寒地系水稻害虫とほぼ類似した値を示すことから、本種は比較的低温環境に適応した種類であるとしている。また、30℃では1令幼虫の発育遅延、産卵雌率の低下が生じることから、本種の発育適温は20~25℃付近であると結論している。今回の試験結果から算出した発育零点は、幼虫を除いてほぼ10℃前後と低く、本種が寒地系の昆虫であることを示唆している。一方、今回の試験では高温による発育の阻害や遅延は認められず、30℃前後においても卵、幼虫、成虫のいずれもが良好な発育を示した。本種による斑点米被害が多発した1999年は、北日本における6~8月の平均気温が平年値を1.7℃上回るなど記録的な猛暑であった(気象庁,2000)。このことから考えても、本種は高温に対しても比較的良く適応していると考えられる。なお、今回、幼虫の飼育試験において低温で羽化率が低下する傾向が見られた(第9表)。これは、低温では飼育容器内が過湿気味となり、管壁の水滴に体を取られて死亡する個体が増加したためと考えられる。温度と発育速度の関係を見る限り、羽化率が50%と低い19℃条件においても顕著な発育の遅れは認められず、低温による直接的な発育阻害はなかったものと考えられる。

今回の試験結果を奥山・井上(1975)が北海道旭川産の個体群を用いて行った試験結果と比較すると、卵の発育零点は、本試験では非休眠卵で10.5℃、休眠覚醒卵では10.4℃であるのに対して、旭川産の個体群ではそれぞれ10.4℃、と11.2℃であり、両者の間に顕著な差異は認められない。しかし、非休眠卵の有効積算温度は、奥山・井上(1975)が122日度であるのに対し、本試験結果は20日度以上少ない100日度であった。また、幼虫の発育零点は、奥山・井上(1975)が9.2℃としているのに対し、本試験結果は13.6℃と大きく異なり、有効積算温度も100日度近い違いが認められた。

産卵前期間に関しても本試験結果が9.4 , 59.9 日度であるのに対し, 3.0 , 153.8 日度とその差はきわめて大きい。このような差異が生じた原因は明らかではないが, 奥山・井上(1975)がイネ苗を用いて飼育を行っているのに対して, 本試験ではコムギを用いており, 餌植物の違いが関与した可能性が考えられる。本種は出穂前の水田ではほとんど生息が認めらず(八谷, 1999b; 奥山, 1974), イネよりもスズメノカタビラ, コムギ, イタリアンライグラスなどを好むとされており(八谷, 1999a), 栄養成長期のイネは餌として好適ではないと考えられる。したがって, イネを餌として用いた奥山・井上(1975)の試験では, 温度だけではなく餌条件も発育に影響したのではないかと考えられる。しかし, 餌植物が関与しない卵の場合はこれでは説明がつかない。ニカメイガ *Chilo suppressalis* (岸野, 1974), エンマコオロギ(正木, 1974)等で, 緯度・標高を異にする個体群間では有効積算温度が異なるという報告もあり, 本種の場合も温度 - 発育特性に変異が存在する可能性が考えられる。今後は, 地理的に異なる個体群間での詳細な比較を行う必要がある。

## 第2節 越冬世代の羽化時期

第2章で述べたように, 新潟県においてアカヒゲホソミドリカスミカメは卵態で越冬し, 春季の温度上昇に伴って幼虫が孵化, 発育する。この越冬世代の発生状況は, 第1世代以降の発生に影響を与えられ, 周年の発生実態を把握する上で重要である。本研究では, 本種越冬世代の発生時期について詳細な調査を行うとともに, 発生時期の把握方法について検討を行った。

### 1) 材料および方法

#### (1) 越冬卵の孵化時期および成虫羽化時期の調査

1999年10月25日, 11月7日, 2000年10月24日, 2001年10月20日に北陸研究

センター内の水田畦畔でアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫を採集した。採集虫は、木製のウンカ飼育用ケージ（36×25×37 cm）に雌雄約 20 頭ずつ放飼し、ポット植えのコムギ苗を与えて産卵させた。樋口・高橋（2005）は、1999～2001 年に上越市において、野外雌産下卵の休眠卵率の季節的な推移を調査し、10 月以降は休眠卵率がほぼ 100%となることを報告している。したがって、これら採集虫は、休眠卵を産下したものと考えられる。コムギ苗は、プラスチック製ポット（径 13×12 cm）にポット当たり 3 粒の種子を播種し、3～4 葉期まで生育したものをを用いた。放飼は、25℃、12L：12D 条件下で行い、各採集日ともコムギ苗 5 ポットを供試した。放飼 3 日後に成虫を除去し、ポットは野外に放置した。2000 年 3 月 27 日、2001 年 3 月 25 日、2002 年 4 月 1 日に各ポットを野外に設置した飼育用ケージに収納し、幼虫の孵化状況を毎日観察した。孵化状況の調査は、最初の孵化が確認された後、連続して 5 日間孵化が観察されなくなるまで継続した。

孵化幼虫は、別の飼育用ケージに放飼し、コムギ苗を食餌として野外条件下で飼育した。餌のコムギ苗は、プラスチックケース（12×17×6.5 cm）に約 15g 播種したものをを用い、適宜更新した。羽化状況の調査は毎日行い、最初の羽化が確認された後、連続して 5 日間羽化が観察されなくなるまで継続した。

## （2）畦畔でのすくい取り調査

北陸研究センター内の水田畦畔（2×50 m）において、捕虫網（径 36 cm、柄 90 cm）による 50 回振りすくい取りを行い、本種成・幼虫の生息を調査した。調査を行った畦畔は、2000 年、2001 年は各 2 本、2002 年は 4 本とした。調査は、3 カ年ともに 4 月中旬から 5 月下旬にかけて、晴天の日の午後 1 時から 3 時までの間に行い、調査間隔は原則として 7 日間とした。

## （3）雌を誘引源とした水盤トラップ

本種雌は性フェロモンを放出し、雄を誘引する（Kakizaki and Sugie, 1997）。そこで、雌を誘引源とした水盤トラップを設置し、雄の誘殺消長を調査した。トラップ

は、イチモンジカメムシ成虫を誘引源とした水盤トラップ（樋口，1999）に準じて作成した。誘引源となる雌を入れた容器は、合成樹脂製容器（7×13×9 cm）の側面に5×8 cmと5×4 cmの窓を各2枚切り、テトロンゴースを張ったものを使用した。容器内にはコムギ芽出しとともに雌10頭を放飼し、逆性石鹼（タツミ薬品工業）水を満たした淡青色の水盤（径45×14.5 cm）の水面上約10 cmに設置した。トラップは、北陸研究センター内のイタリアンライグラス圃場（50×20 m）の畦畔に設置し、誘殺される雄を毎日回収した。誘引源である雌は、樋口・高橋（2000）の方法により累代飼育したもの、または野外で採集したものを扱い、5日おきに容器ごと更新した。調査期間は、2000年、2001年は4月26日～5月31日、2002年は4月11日～5月31日とした。

#### （4）予察灯

北陸研究センター内に設置した乾式予察灯（60W白熱灯，池田理化MT-7）による日別誘殺数調査を行った。調査は2000年，2001年は4月17日より，2002年は4月19日より行った。

#### （5）有効積算温度による孵化・羽化時期の推定

気象庁高田測候所（新潟県上越市）の特別気温（気象庁，2000，2001，2002）に基づいて，2000～2002年の上越市におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代の発生時期を推定した。休眠覚醒卵および幼虫の発育零点ならびに有効積算温度は，本章第1節の推定値（第11表）を用いた。積算は1時間単位で行い，毎時の気温について発育零点以上の温度差を24時間積算したものを24で除して，1日当たりの有効温量（日度）とした。積算の起算日は，同測候所において日最深積雪が0 cmとなった2000年3月28日，2001年3月23日，2002年3月5日とした。

## 2) 結果

### （1）越冬卵の孵化時期および成虫羽化時期

コムギ苗上で越冬した休眠卵からの最初の孵化は，2000年4月21日，2001年4月

17日, 2002年4月6日であった(第8図, 第13表)。

越冬卵に由来する成虫の羽化は, 2000年は5月18日から27日にかけて, 2001年は5月13日から18日にかけて, 2002年は4月30日から5月15日にかけてであった(第9図C, 第10図C, 第11図C, 第13表)。越冬させた休眠卵から孵化した幼虫の羽化率は, 2000年が57.8%, 2001年が76.6%, 2002年が50.0%であった。

#### (2) 水田畦畔における成・幼虫の出現時期

水田畦畔におけるすくい取り調査では, 2000年4月21日, 2001年4月16日, 2002年4月3日に1齢幼虫の生息が初めて確認された(第12表, 第13表)。3ヵ年とも初確認以降, 調査毎に幼虫齢期の進行が認められた。成虫が最初に確認されたのは, 2000年5月15日, 2001年5月7日, 2002年4月26日であった。

#### (3) 雌を誘引源とした水盤トラップにおける誘殺消長

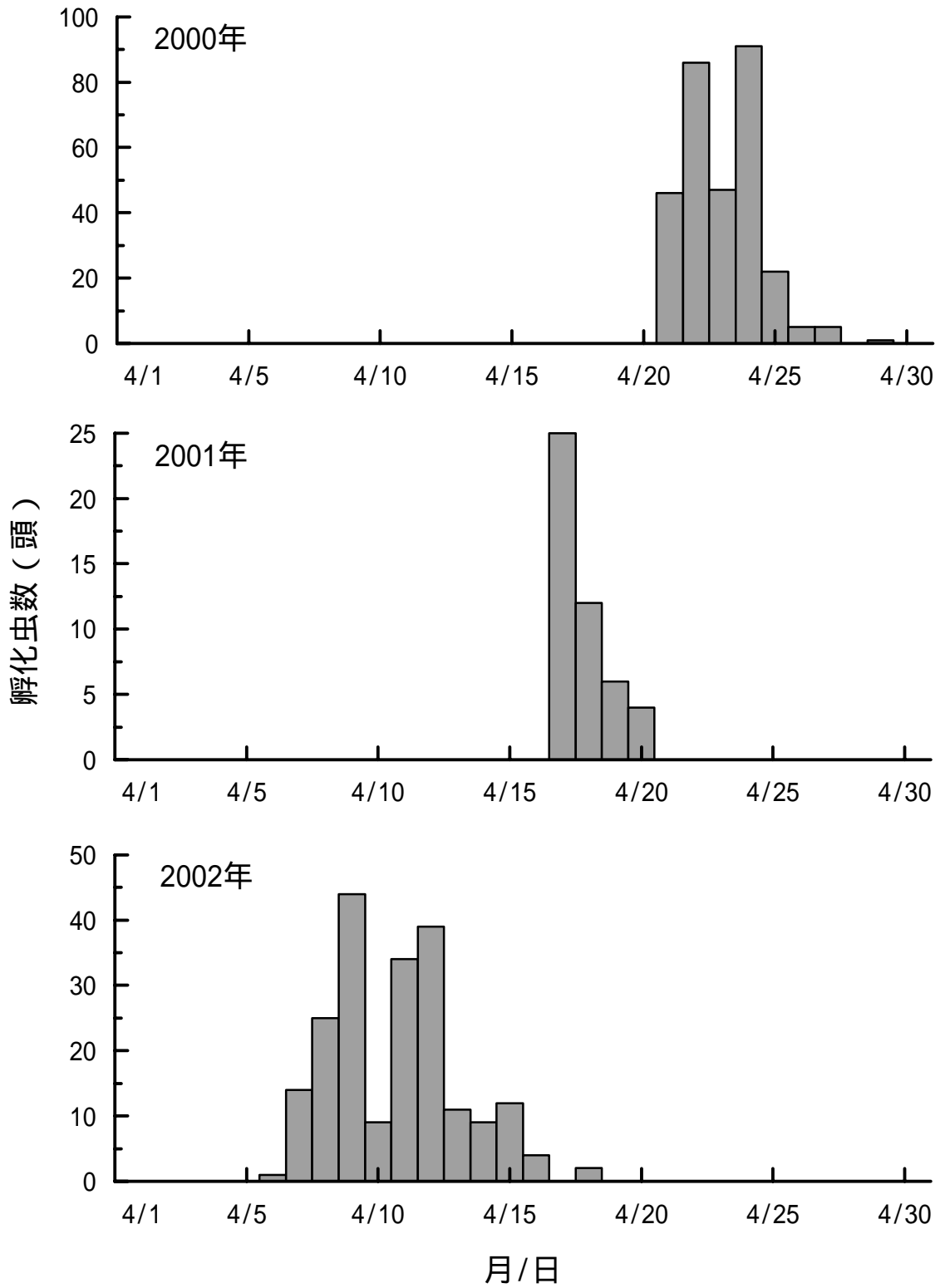
雌を誘引源とした水盤トラップにおける雄の初誘殺は, 2000年5月15日, 2001年5月9日, 2002年4月30日であった(第9図B, 第10図B, 第11図B, 第13表)。雌の誘殺は認められなかった。

#### (4) 予察灯誘殺消長

予察灯の初誘殺は, 2000年5月19日, 2001年5月9日, 2002年5月3日であった(第9図A, 第10図A, 第11図A, 第13表)。2002年は, 調査期間中(4月19日~5月31日)の誘殺総数は5頭ときわめて少なかった。

#### (5) 有効積算温度による孵化・羽化時期の推定

推定孵化時期は年次により若干異なり, 4月第5半旬(2002年)から5月第2半旬(2000, 2001年), 推定羽化時期は3ヵ年とも6月第1~2半旬であった(第14表)。



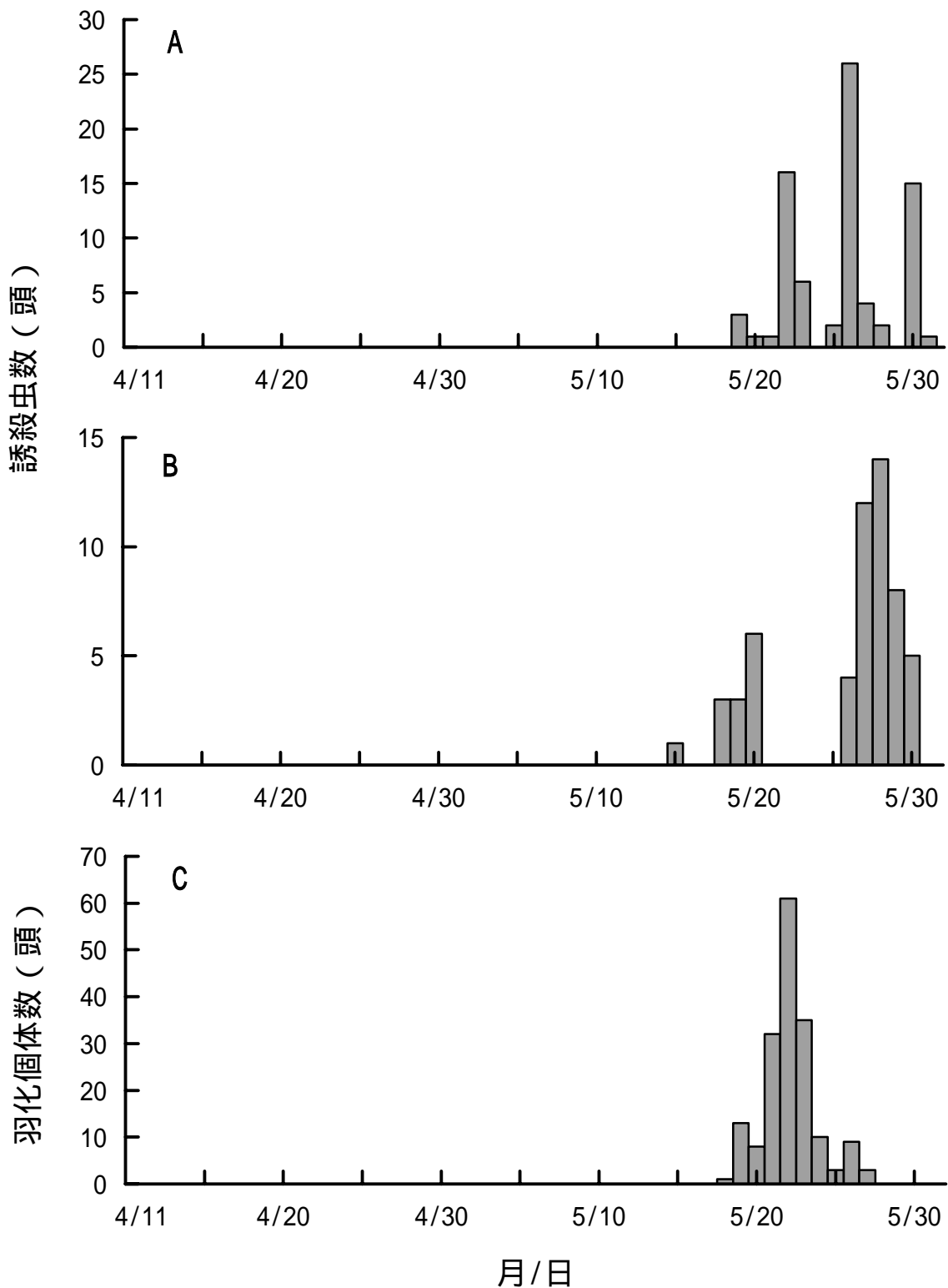
第8図 コムギ苗上で越冬したアカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵の孵化推移

第 12 表 水田畦畔ですくい取りにより捕獲されたアカヒゲホソ  
ミドリカスミカメの個体数<sup>a</sup>

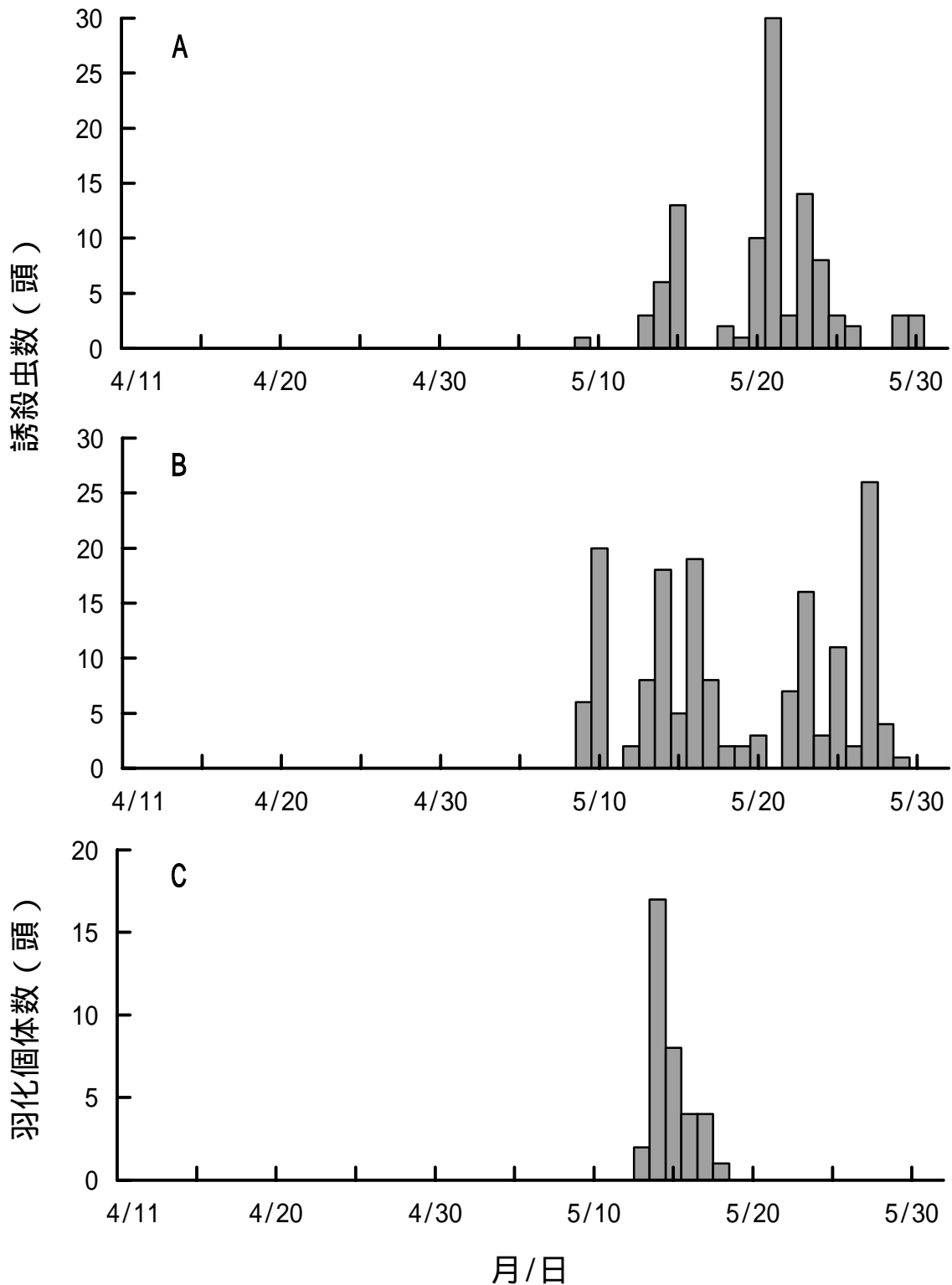
調査年月日	幼虫					成虫	
	1齡	2齡	3齡	4齡	5齡	雄	雌
2000年4月17日	0	0	0	0	0	0	0
4月21日	2	0	0	0	0	0	0
4月25日	2	3	0	0	0	0	0
5月 1日	0	5	4	0	0	0	0
5月 8日	0	0	11	15	3	0	0
5月15日	0	0	1	1	3	0	2
5月22日	0	0	0	0	2	3	2
5月29日	0	0	0	0	0	1	4
2001年4月16日	5	0	0	0	0	0	0
4月23日	0	11	3	0	0	0	0
4月30日	0	0	7	17	0	0	0
5月 7日	0	0	0	4	13	0	1
5月14日	0	0	0	0	1	8	7
5月21日	0	0	0	0	0	28	26
5月28日	5	10	1	0	0	6	5
2002年4月 3日	2	0	0	0	0	0	0
4月10日	1	1	0	0	0	0	0
4月18日	0	0	1	0	1	0	0
4月22日	0	0	5	7	7	0	0
4月26日	0	0	3	4	4	1	0
5月 2日	0	0	0	0	1	1	0
5月 9日	0	0	0	0	0	7	2
5月13日	0	0	0	0	1	0	2
5月20日	0	0	0	0	0	2	1
5月28日	0	0	7	1	0	6	0

<sup>a</sup>数値は捕虫網 50 回振り捕獲総数。2000 年，2001 年は 2 畦畔，  
2002 年は 4 畦畔の合計値。

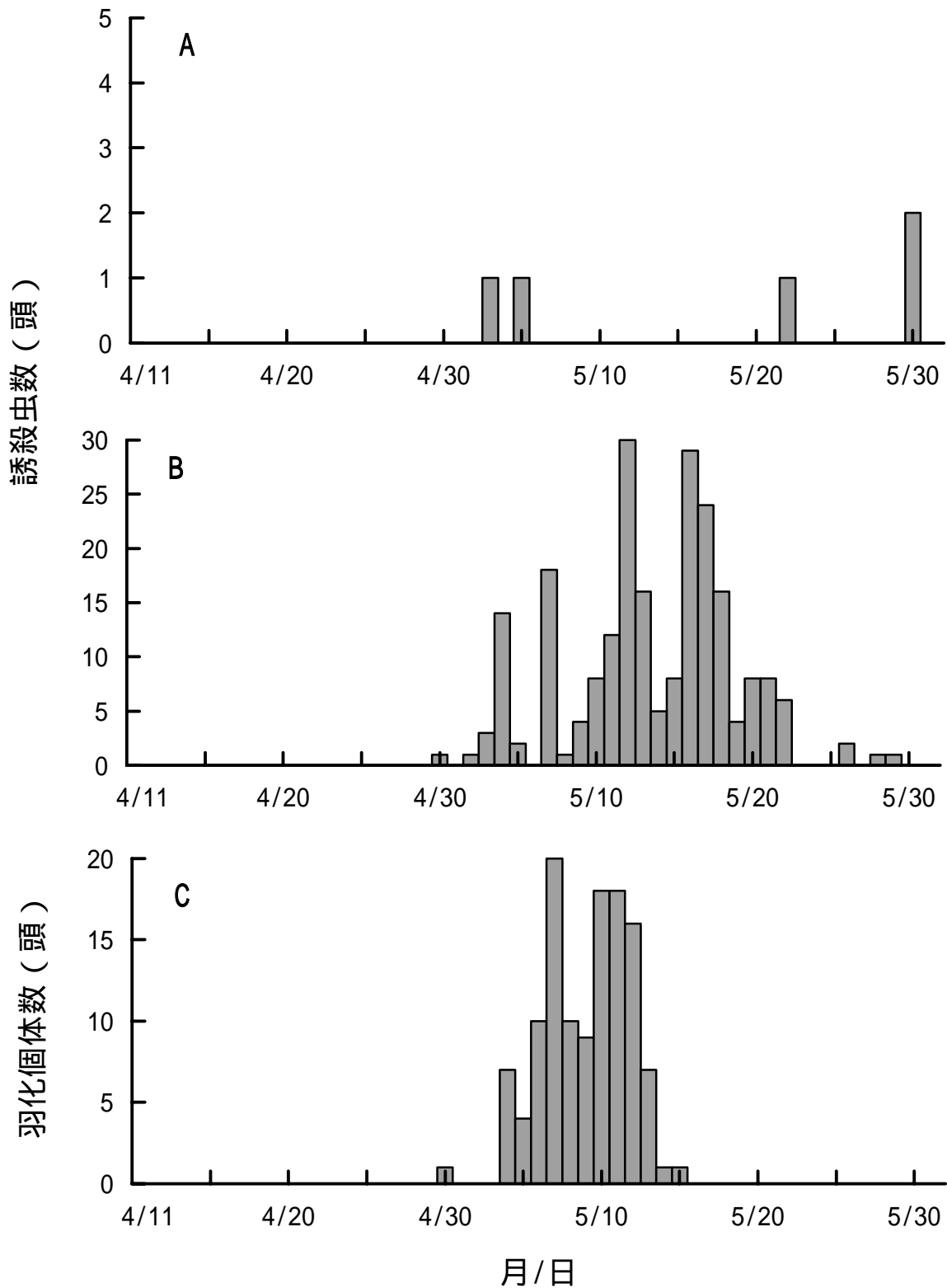




第9図 2000年春期におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代成虫の誘殺・羽化消長  
 A：予察灯，B：雌成虫を誘引源とした水盤トラップ，C：野外飼育試験



第10図 2001年春期におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代成虫の誘殺・羽化消長  
 A: 予察灯, B: 雌成虫を誘引源とした水盤トラップ, C: 野外飼育試験



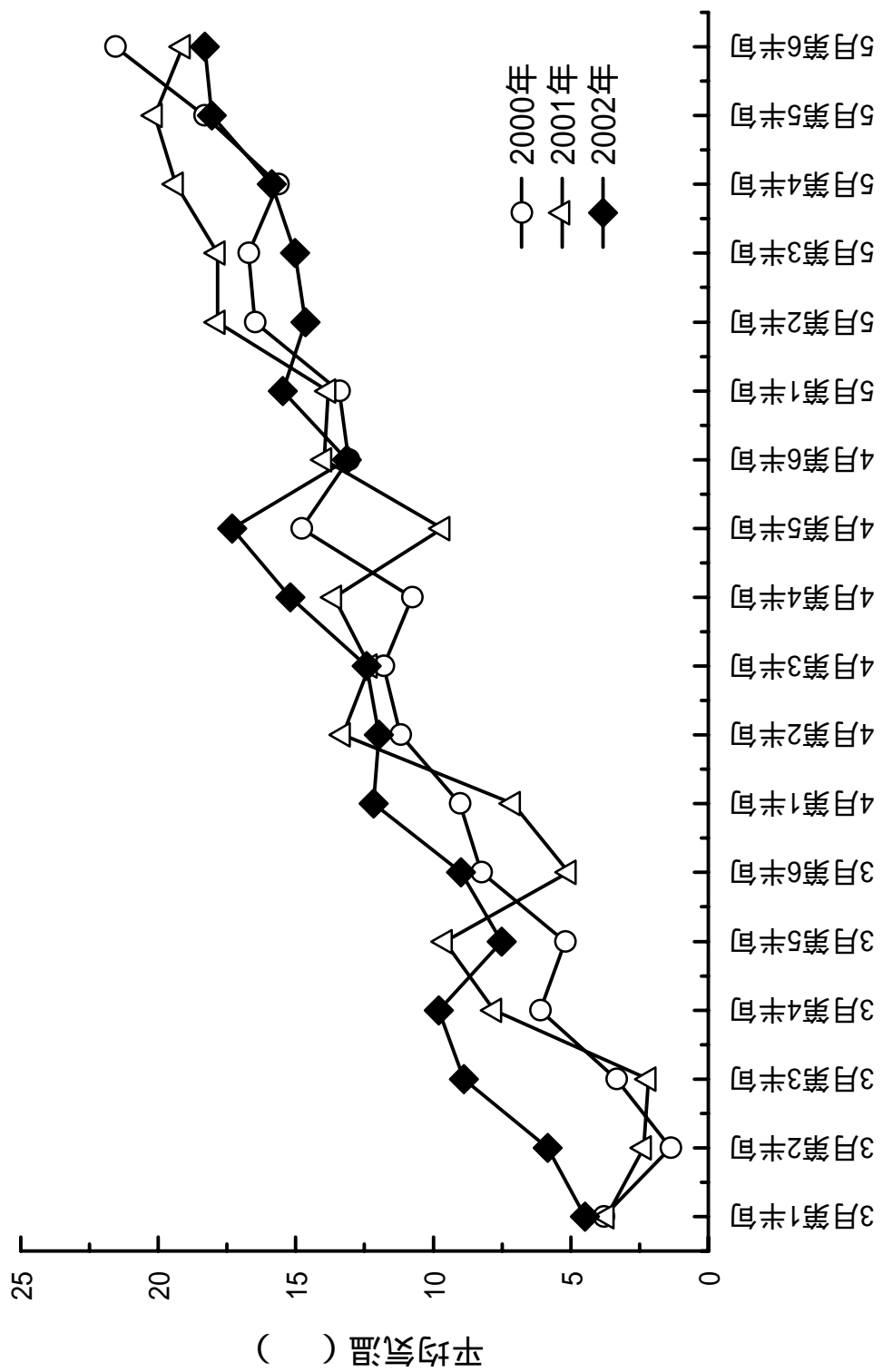
第11図 2002年春季におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代成虫の誘殺・羽化消長  
 A: 予察灯, B: 雌成虫を誘引源とした水盤トラップ, C: 野外飼育試験

第13表 各調査 アカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代

調査方法	1				成虫				
	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年	2000年	2001年	2002年
すくい	4月21日	4月16日	4月3日	5月15日	5月7日	4月26日			
野外飼育	4月21日	4月17日	4月6日	5月18日	5月13日	4月30日			
水盤	-	-	-	5月15日	5月9日	4月30日			
予察灯	-	-	-	5月19日	5月9日	5月3日			

第 14 表 有効積算温度

	2000 年	2001 年	2002 年
起算日 <sup>a</sup>	3月28日	3月23日	3月5日
孵化日	5月8日	5月6日	4月23日
羽化日	6月10日	6月4日	6月8日
<sup>a</sup> 気象庁高田測候所 において	0 cm		



第12図 気象庁高田測候所における半旬別平均気温の推移

### 3) 考察

アカヒゲホソミドリカスミカメ越冬世代の春の発生を野外での飼育，すくい取り，水盤トラップでの成虫の誘殺，予察灯で調査し，幼虫と成虫の出現時期を比較した(第13表)．前年の秋にコムギ苗に産下された休眠卵を野外条件下で越冬させ，春の発生状況を調査した方法は，飼育用ケージを用いているが，野外とほぼ同じ環境条件を再現できたと考えられる．畦畔での捕虫網によるすくい取りは，晴天の日の午後，本種の活動性が高いと考えられる時間帯に行った．八谷(1984)によると本種成虫，幼虫のすくい取り効率は10~20%程度で必ずしも高くないが，すくい取りを行った日毎に捕獲される幼虫の齢期が進んだことから(第12表)，畦畔雑草での幼虫や成虫の発生状況を把握できたと考えられる．雌を誘引源とした水盤トラップでの雄の誘殺は，雌が放出する性フェロモンを利用したものである．本種雌の雄に対する誘引性は，交尾の有無や羽化後日齢により異なることが報告されている(福山ら，2007)．本試験で誘引源として供試した雌については，羽化後経過日数と交尾の有無について調査を行っていない．2000年の調査において，5月21~25日の5日間，全く誘殺が認められなかったが(第9図B)，これは供試雌が誘引性を持たなかったためである可能性が高い．しかし，これ以外の期間については，雄の誘殺がある程度連続的に見られたことから(第9図B，第10図B，第11図B)，供試した10頭の雌のうちには性フェロモンを放出する個体が存在したと考えられる．したがって，雌を誘引源とした水盤トラップでの雄の誘殺は，野外での成虫の発生状況を反映したと思われる．

2000年の野外でのすくい取りによる1齢幼虫の初確認日と，野外条件で越冬させた休眠卵からの孵化開始日はともに4月21日であった(第13表)．また，2001年はそれぞれ4月16日と17日，2002年は4月3日と6日であり，きわめてよく一致した．

越冬世代の出現時期を年次間で比較すると，2001年は2000年に比べ，幼虫の孵化時期は5日前後，成虫の羽化時期は5~10日前後早かった(第13表)．2002年は，幼虫の孵化は2001年の4月16~17日に対して4月3~6日，成虫の羽化は同じく5月7

~13日に対して4月30日~5月3日であり、さらに1~2週間の早期化が認められた(第13表)。2000年、2001年の春期の気温は、3月第6半旬、4月第1、第5半旬を除いて、2001年の方が高めに推移した(第12図)。2002年は早春の気温がきわめて高く、3月第1半旬から5月第1半旬にかけて、半旬別平均気温は2000年の気温を常に上回り、2001年と比較しても顕著な高温傾向が認められた(第12図)。3ヵ年の発生時期の違いは、卵および幼虫の発育期における温度の違いに起因すると考えられる。休眠消去された卵の発育零点は10.4であり(本章第1節)、北陸地域のような積雪地帯において越冬卵の発育が再開されるのは、地表面の雪が完全に消えてからであると考えられる。気象庁高田測候所において日最深積雪が0cmとなったのは2001年(3月23日)は2000年(3月28日)より5日早く、2002年(3月5日)は両年に比べて著しく早かった(気象庁、2000、2001、2002)。したがって、休眠消去された越冬卵の発育開始時期には、大きな年次間差があったと考えられ、発生時期の違いの一因になったと思われる。

すくい取り、予察灯、雌を誘引源とした水盤トラップによる調査結果は、3ヵ年とも良く一致し、いずれの調査方法によっても越冬世代成虫の初発時期を把握可能であると考えられる。しかし、2002年の予察灯誘殺総数は、わずか5頭ときわめて少なく、2000年、2001年と異なり明瞭な誘殺ピークは観察されなかった(第11図A)。誘殺数が著しく少なかった原因は明らかではないが、予察灯による誘殺は気温による影響を受け、Frost(1952)は、気温が15.6以下になるとカスミカメムシ類はほとんど誘殺されなくなるとしている。2002年は5月第2半旬以降、半旬別平均気温は2000年、2001年よりも低めに推移しており(第12図)、低温が誘殺数に影響した可能性が考えられる。これに対して雌を誘引源とした水盤トラップは、初誘殺時期、誘殺ピークともに野外飼育試験およびすくい取り調査結果とほぼ一致しており(第13表、第11図B、C)、野外での越冬世代成虫の発生を正確に反映しているものと考えられる。2000年、2001年における調査結果も同トラップにおける誘殺消長が野外飼育試験およびす



くい取り調査結果と一致することを示している。本種越冬世代成虫の発生動向の把握には、予察灯よりも感度が高いとみられる雌を誘引源とした水盤トラップが適していると考えられる。雌を用いた生体トラップは、利便性の点で問題があるが、本種の性フェロモン成分はすでに同定されており (Kakizaki and Sugie, 2001), 合成性フェロモンが雌と同等の誘引効果を持つことが確認されている (樋口ら, 2004)。滝田 (2005) は、雑草地に設置した合成性フェロモントラップによって越冬世代の発生消長が把握可能であることを報告している。雌を誘引源とするトラップと同様に、合成性フェロモントラップは越冬世代の調査方法として有用であると考えられる。

有効積算温度に基づく発生時期の推定は、実際の孵化・羽化時期と大きく異なり、孵化時期では 17~20 日間、羽化時期では 26~43 日間の差異が認められた (第 13, 14 表)。有効積算温度による推定が実態と一致しなかった原因は明らかではないが、気温と越冬世代の生息環境の温度との間に差が存在するためではないかと考えられる。春季は植物が繁茂していないため地表面は直射日光を受け、気温に比べて地表面温度は高く推移する (渡辺, 1992)。本種休眠卵は、イネ科植物の葉鞘に産下され枯れた茎内で越冬する (第 2 章第 2 節)。また、孵化幼虫の重要な寄主と考えられるスズメノカタビラは草丈が低く、越冬卵、孵化幼虫ともに地表面付近の比較的高い温度にさらされている可能性が高い。渡辺 (1992) は、地表面で蛹で越冬するキンモンホソガ *Phyllonorycter ringoniella* をモデルとして、地表面有効積算温度の推定を試みており、アカスジカスミカメについても同様の試みが行われている (田中ら, 2006)。本種越冬世代に関しても、今後、このような環境温度を用いた孵化・羽化時期の推定を検討する必要があると考えられる。

### 第 3 節 牧草地、水田畦畔における発生消長

本種の年間世代数は、北海道においては 3 世代 (奥山, 1974)、秋田県においては 4

世代(新山,2002),新潟県においては4~5世代(永瀬,2000)であるとされている。しかし,これらの報告はいずれも本種の発生を概観したものであり,各世代の発生時期や周年の発生活長に関する詳細な調査結果は報告されていない。本節では,新潟県上越市において行った牧草地および水田畦畔における本種の周年の発生活長に関する調査結果について述べるとともに,年間世代数,各世代の発生時期について考察する。

## 1) 材料および方法

### (1) 牧草地および水田畦畔における発生活長調査

2000~2002年の3カ年に,北陸研究センター内のイタリアンライグラス圃場(面積約10a)および水田畦畔において,本種成・幼虫の生息数を調査した。調査は,捕虫網(径36cm,柄90cm)による50回振りすくい取りによって行い,捕獲虫を雌雄,幼虫齢期別に計数した。イタリアンライグラスは,品種「高系22号」(2000年),「高系23号」(2001年),「ナガヒカリ」(2002年)を用い,3カ年とも前年の秋に圃場を耕起し播種を行った。播種時期は1999年9月28日,2000年9月13日,2001年10月4日であった。2000年は5月11日,6月13日,7月10日,2001年は5月28日,7月5日,2002年は5月24日,6月25日に刈り取りを行い,収穫物は圃場から搬出した。水田畦畔における調査は,1筆の水田圃場の南側および北側の畦畔2本(2×50m)について行い,1本は調査期間中ほぼ無除草とし,1本は4月から8月にかけて3ないし4回の除草を行った。除草時期は,2000年4月24日,6月15日,7月4日,8月25日,2001年5月10日,6月18日,7月16日,2002年5月1日,6月13日,7月8日であり,草刈り機による刈り取りを行い,刈り取り残渣は搬出した。なお,当該水田ならびに隣接圃場は,調査期間を通じて殺虫剤無散布とした。調査は4月上中旬に開始し,イタリアンライグラス圃場は9月下旬まで,水田畦畔は10月下旬まで,原則として7日間隔で行った。

### (2) 有効積算温度を用いた世代区分

2000～2002 年の上越市におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ各世代の発生時期を推定した。各発育段階の発育零点および有効積算温度は、本章第 1 節の推定値（第 11 表）を用い、気象庁高田測候所の時別気温（気象庁，2000，2001，2002）に基づいて有効温量を積算した。積算は 1 時間単位で行い、毎時の気温について発育零点以上の温度差を 24 時間積算したものを 24 で除して、1 日当たりの有効温量（日度）とした。前節で述べたように、有効積算温度による越冬世代発生時期の推定は実態と一致しないため、越冬世代成虫の初確認日（第 13 表）を起算日とし、第 1 世代以降の成虫羽化開始時期について推定を行った。上越市において、本種は 11 月中下旬まで生息が確認されている（本論文第 2 章第 1 節）ので、有効温量の積算は 11 月末日まで行った。

## 2) 結果

### (1) 牧草地および水田畦畔における発生消長

2000 年； イタリアンライグラス圃場においては、越冬世代幼虫の発生は認められず、6 月第 2 半旬に第 1 世代幼虫とみられる 1・2 齢のピークが観察された（第 13 図）。6 月第 6 半旬から 7 月第 1 半旬にかけて第 1 世代成虫の増加が認められ、7 月第 1 半旬以降、幼虫の捕獲数が増加した。第 2 世代とみられる成虫の捕獲ピークは、7 月第 5 半旬～8 月第 1 半旬に観察され、8 月第 2 半旬に 1・2 齢幼虫の急増が認められた。8 月第 5 半旬の成虫数の増加後、8 月第 6 半旬に第 4 世代とみられる 1・2 齢幼虫の増加が認められたが、第 4 世代成虫の捕獲ピークは観察されなかった。無除草畦畔では、4 月第 5 半旬に越冬世代とみられる幼虫が捕獲された（第 14 図）。捕獲幼虫数は 5 月第 2 半旬に最多となり、5 月第 4～6 半旬に成虫の生息が確認された。第 1 世代幼虫の発生は、イタリアンライグラス圃場（第 13 図）とほぼ同時期であり、6 月第 2 半旬に 1・2 齢のピークが観察された。6 月第 6 半旬から 7 月第 1 半旬にかけて、第 1 世代とみられる成虫の増加が認められたが、7 月中旬以降、成虫、幼虫ともほとんど捕獲されなくなった。9 月第 5 半旬に成虫捕獲数の増加が認められた。除草畦畔においては、越

冬世代の明確な発生ピークは観察されず、6月第6半旬から7月第1半旬にかけて第1世代とみられる成虫の急増が認められた(第15図)。幼虫数は、7月第1半旬以降に増加し、7月第5半旬～8月第1半旬に成虫数の増加が観察された。これら成・幼虫の発生時期はイタリアンライグラス圃場(第13図)における捕獲ピークとほぼ一致した。8月は、成虫、幼虫ともに捕獲数が減少したが、9月第2半旬以降、成虫数が増加し、9月第5～6半旬に中老齢主体に幼虫捕獲数の増加が認められた。

2001年； イタリアンライグラス圃場においては、4月第5半旬から5月第3半旬にかけて越冬世代とみられる幼虫が確認され、成虫の初確認は5月第4半旬であった(第16図)。第1世代は、5月第6半旬以降に少数の幼虫が捕獲され、成虫数は6月第4半旬～7月第1半旬に増加が認められた。7月第1半旬に第2世代とみられる1・2齢幼虫が急増し、捕獲数が9800頭を越える多発生となった。第2世代成虫は、7月第5～6半旬に雄の増加が認められたが、捕獲ピークは明確ではなかった。8月第2半旬に第3世代とみられる1・2齢幼虫のピークが観察され、成虫数は8月第4～6半旬に増加が認められた。9月第1半旬に第4世代幼虫のピークが認められたが、9月中旬以降は、成虫、幼虫ともに捕獲数は減少した。無除草畦畔では、越冬世代の幼虫が4月第5半旬から5月第2半旬にかけて、成虫は5月第3～6半旬に捕獲された(第17図)。第1世代とみられる幼虫は、6月第1半旬から捕獲数が増加し、6月第4～6半旬に成虫数の増加が認められた。7月から8月中旬にかけて、成・幼虫ともに捕獲数は減少したが、8月第4～6半旬に成虫の増加が認められた。9月第1～4半旬に幼虫数の増加、9月第4～6半旬に成虫捕獲数の増加が観察された。除草畦畔においては、イタリアンライグラス圃場(第16図)および無除草畦畔(第17図)と同時期である4月第5半旬から5月第3半旬にかけて越冬世代幼虫が確認された(第18図)。越冬世代成虫は5月第3～6半旬にすくい取られ、第1世代とみられる幼虫は、6月第1半旬から捕獲数が増加した。成虫数は、6月第2半旬から捕獲数が増加し、6月第6半旬～7月第2半旬に成虫捕獲数の大きなピークが観察された。7月第1～2半旬に1・2齢幼虫が急増

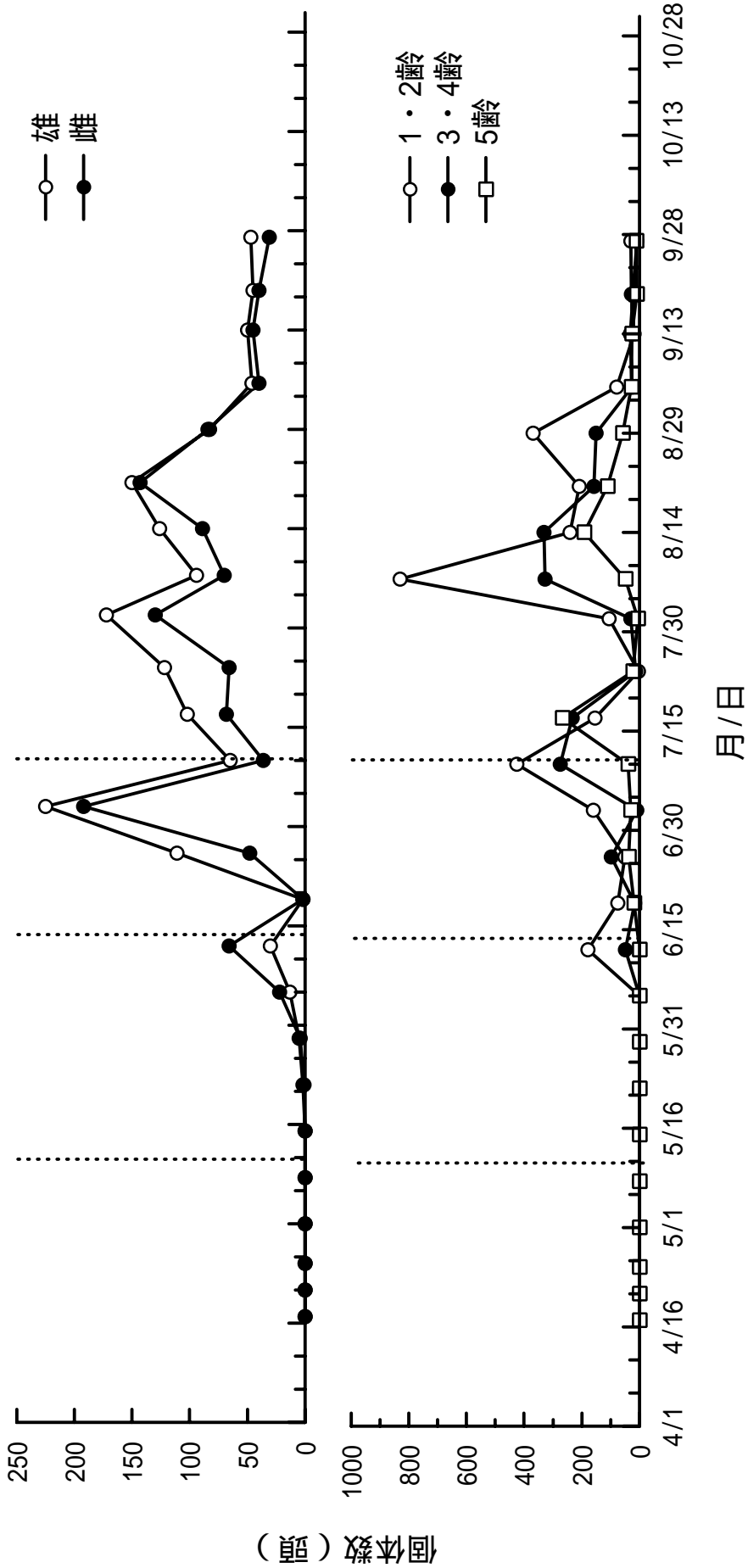
したが、7月中旬以降、幼虫捕獲数は減少し明確な発生ピークは観察されなかった。成虫数は、9月第4半句以降に増加が認められ、これは無除草畦畔（第17図）における成虫の増加時期とほぼ一致した。

2002年； イタリアンライグラス圃場では、越冬世代成・幼虫はほとんど捕獲されず、第1世代幼虫の捕獲数もきわめて少なかった（第19図）第1世代とみられる成虫は、6月第4半句に増加が認められ、第2世代幼虫は7月第1～3半句に捕獲数が増加した。7月第5半句に第3世代とみられる1・2齢幼虫の急増が認められたが、成虫は7月第4半句から8月第3半句にかけて大きな捕獲ピークを形成し、第2世代と第3世代を区分することはできなかった。無除草畦畔においては、4月第5半句に越冬世代幼虫がすくい取られた後、5月第1半句に成虫が確認された（第20図）が、捕獲個体数が少なく発生盛期は明らかではなかった。第1世代とみられる成虫は、6月第1～3半句に捕獲数が増加し、第2世代幼虫は6月第5半句に捕獲数が最多となった。7月中旬以降は、捕獲数が減少したが、9月第2半句以降に成虫数の増加が認められた。除草畦畔においては、越冬世代は成虫、幼虫とも確認されず、イタリアンライグラス圃場（第19図）と同じく6月第4半句に第1世代とみられる成虫の増加が認められた（第21図）。第2世代とみられる幼虫は、7月第1～3半句に捕獲数が増加し、8月第1～3半句に第3世代成虫の増加が認められた。8月第1～2半句に第3世代とみられる1・2齢および3・4齢幼虫の増加が認められ、無除草畦畔同様、9月第2半句以降に成虫捕獲数の増加が観察された。

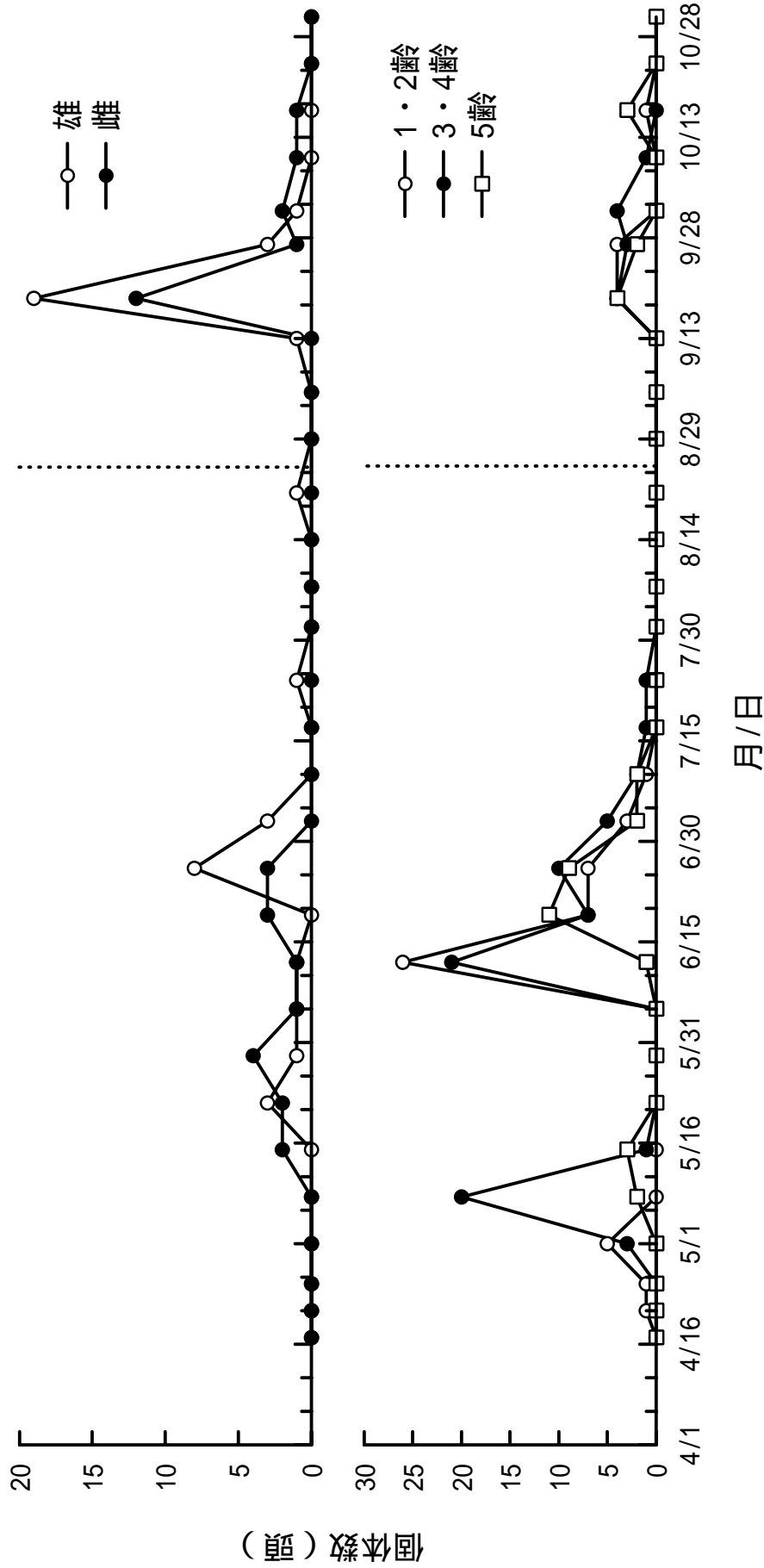
## （2）有効積算温度を用いた世代区分

3ヵ年の成虫の初確認日（第13表）を起算日として第1世代以降の羽化開始日を推定した結果を第15表に示した。第1世代の推定羽化開始日は、起算日が早い年次ほど早く、2000年が6月26日、2001年が6月21日、2002年が6月19日であった。第2世代以降については、3ヵ年ともほぼ同時期の発生と推定され、第2世代が7月第4～5半句、第3世代が8月第2～3半句、第4世代が9月第1半句であり、年次間の差

は最大で4日間であった。2000年10月10日、2002年10月17日には、第5世代が羽化し、それぞれ10月20日、11月1日に産卵前期間が終了すると推定された。これに対して、2001年は第5世代の羽化開始が11月1日と遅く、推定を行った11月末日までに産卵前期間は終了しなかった。

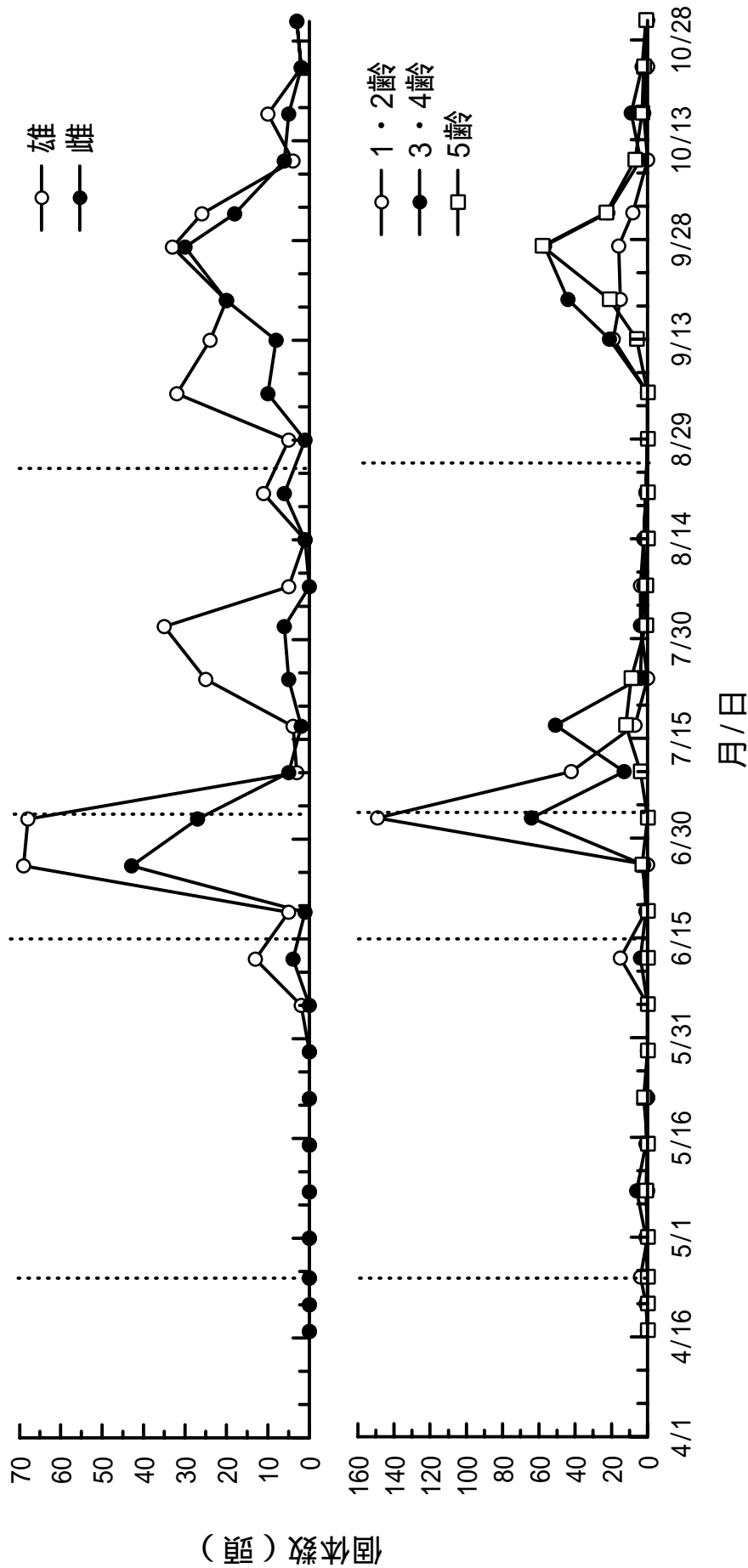


第13図 イタリアンライグラス圃場におけるアカヒゲホソミドリカスミカメすくい取り虫取り回数推移 (2000年) . 点線は刈り取り時期 (5月11日, 6月13日, 7月10日) を示す.

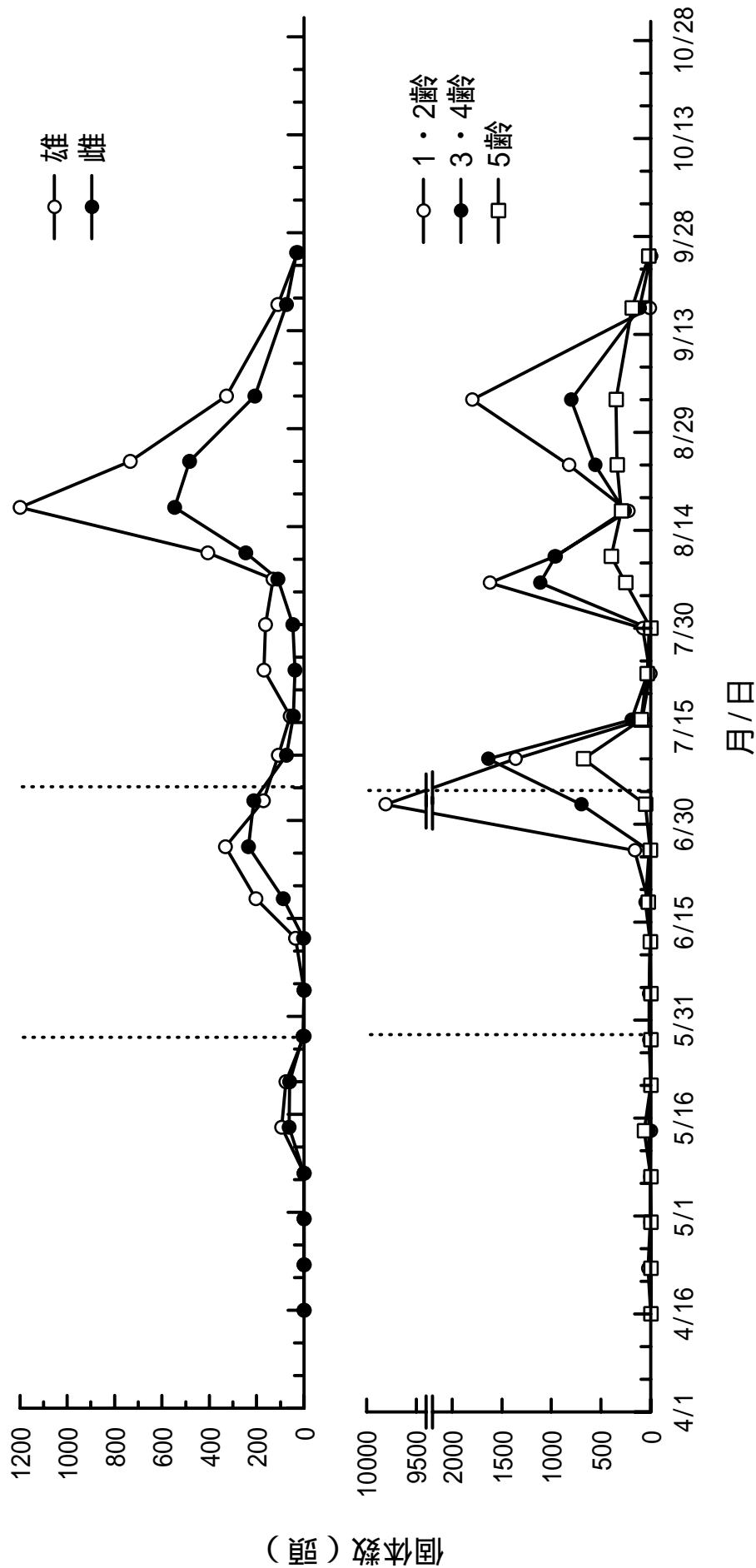


第14図 無除草畦畔におけるアカヒゴソミドリカスミカメすくい取り虫数の推移(2000年)。点線は除草時期(8月25日)を示す。

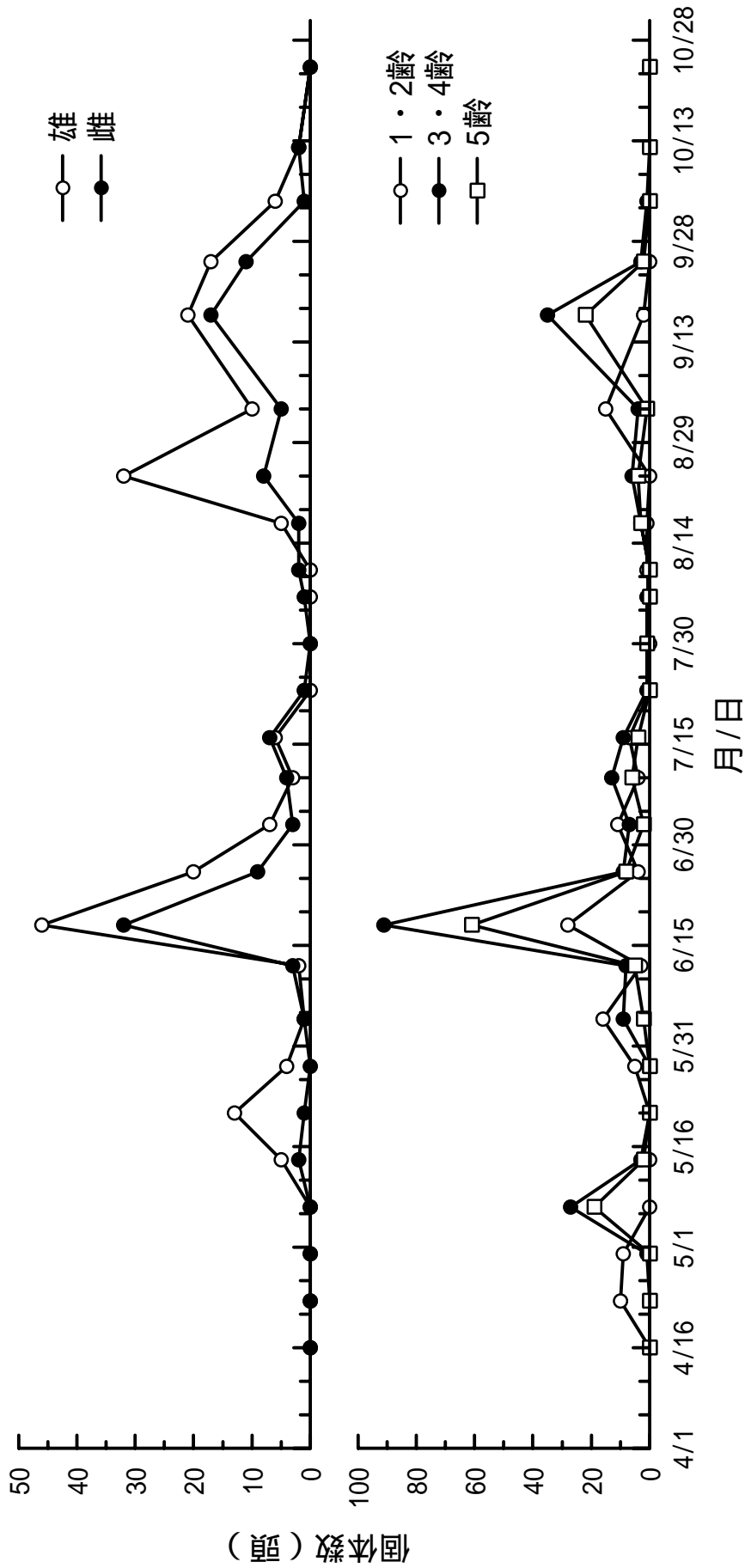




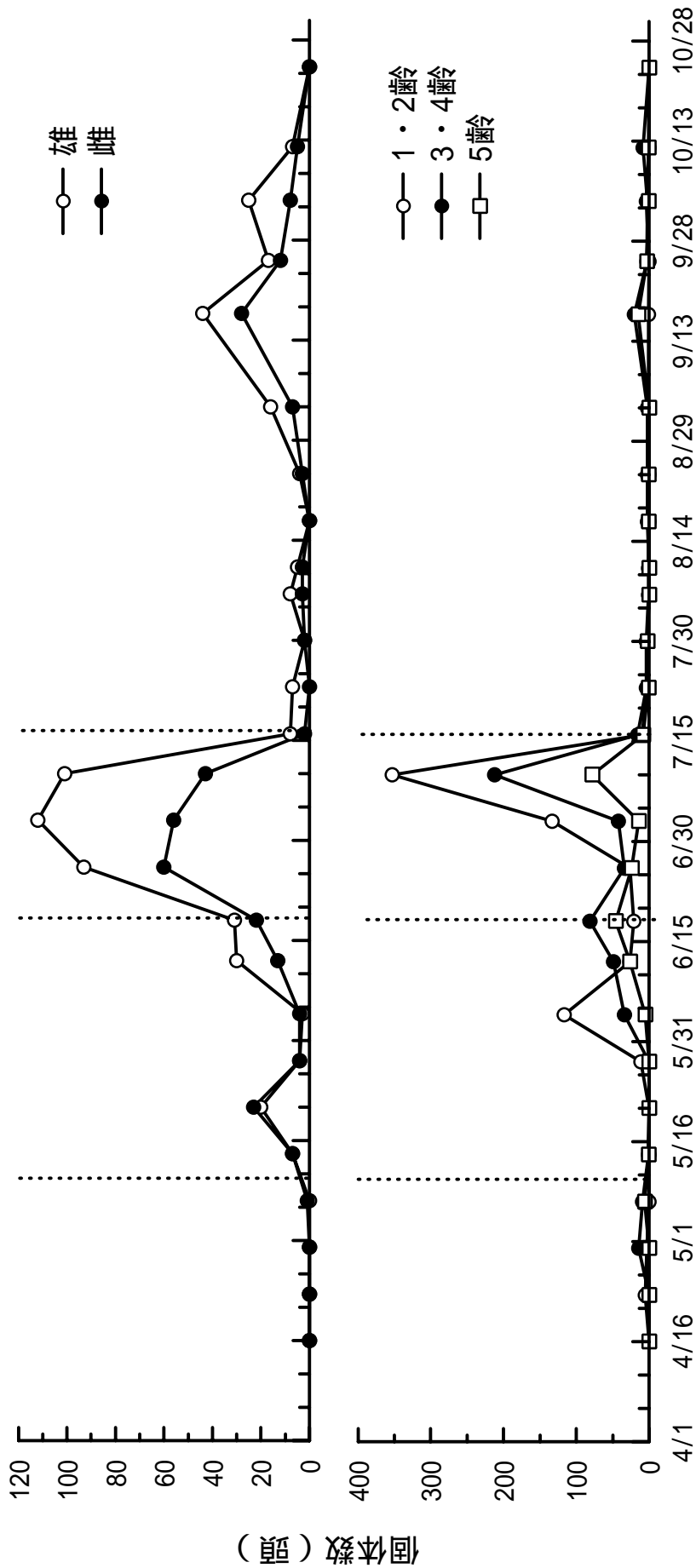
第15図 除草畦畔におけるアカヒゲソンドリカスミカメすくい取り虫数の推移（2000年）。点線は除草時期（4月24日，6月15日，7月4日，8月25日）を示す。



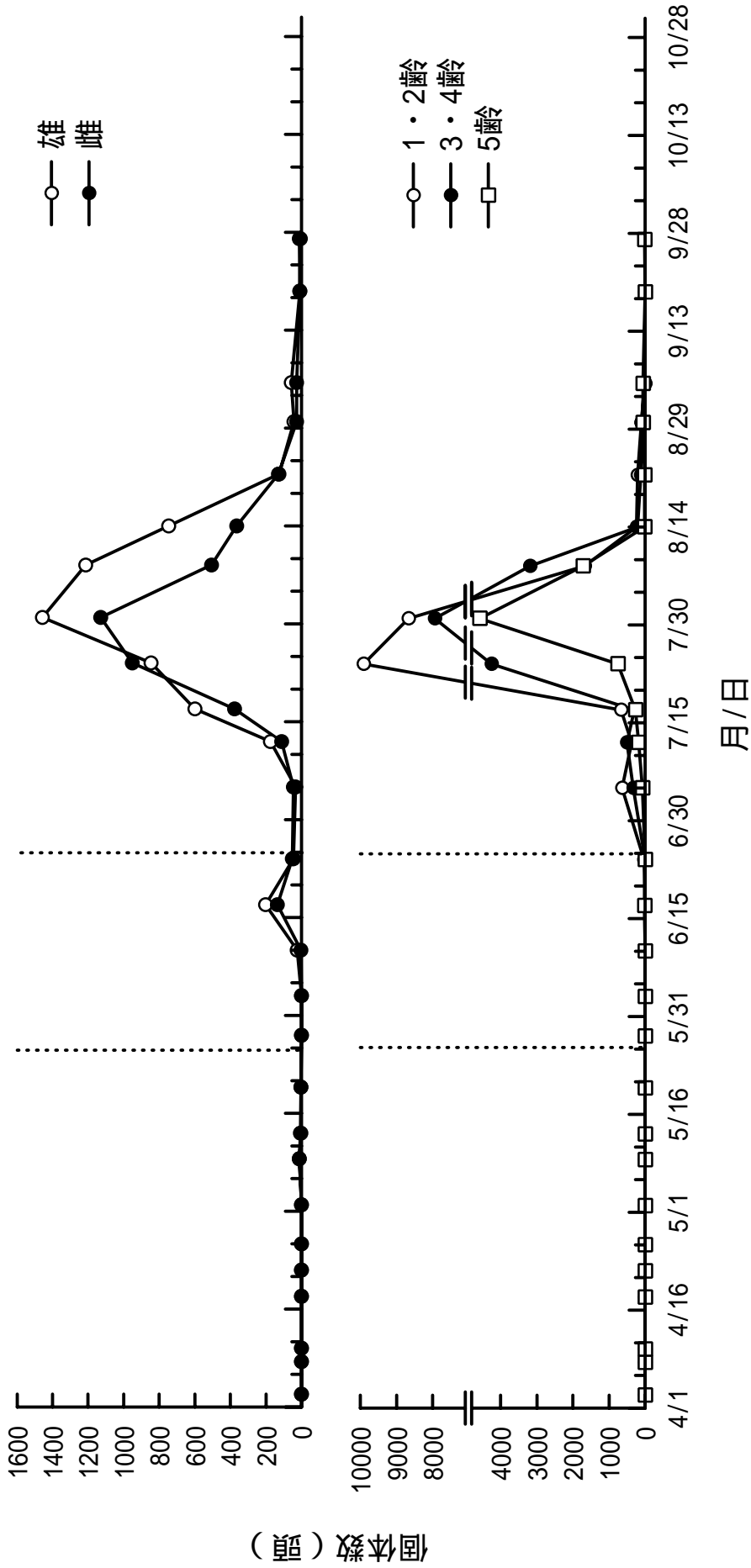
第16図 イタリアンライグラス圃場におけるアカヒゲソミドリカスミカメすくい取り虫数の推移(2001年)。点線は刈り取り時期(5月28日, 7月5日)を示す。



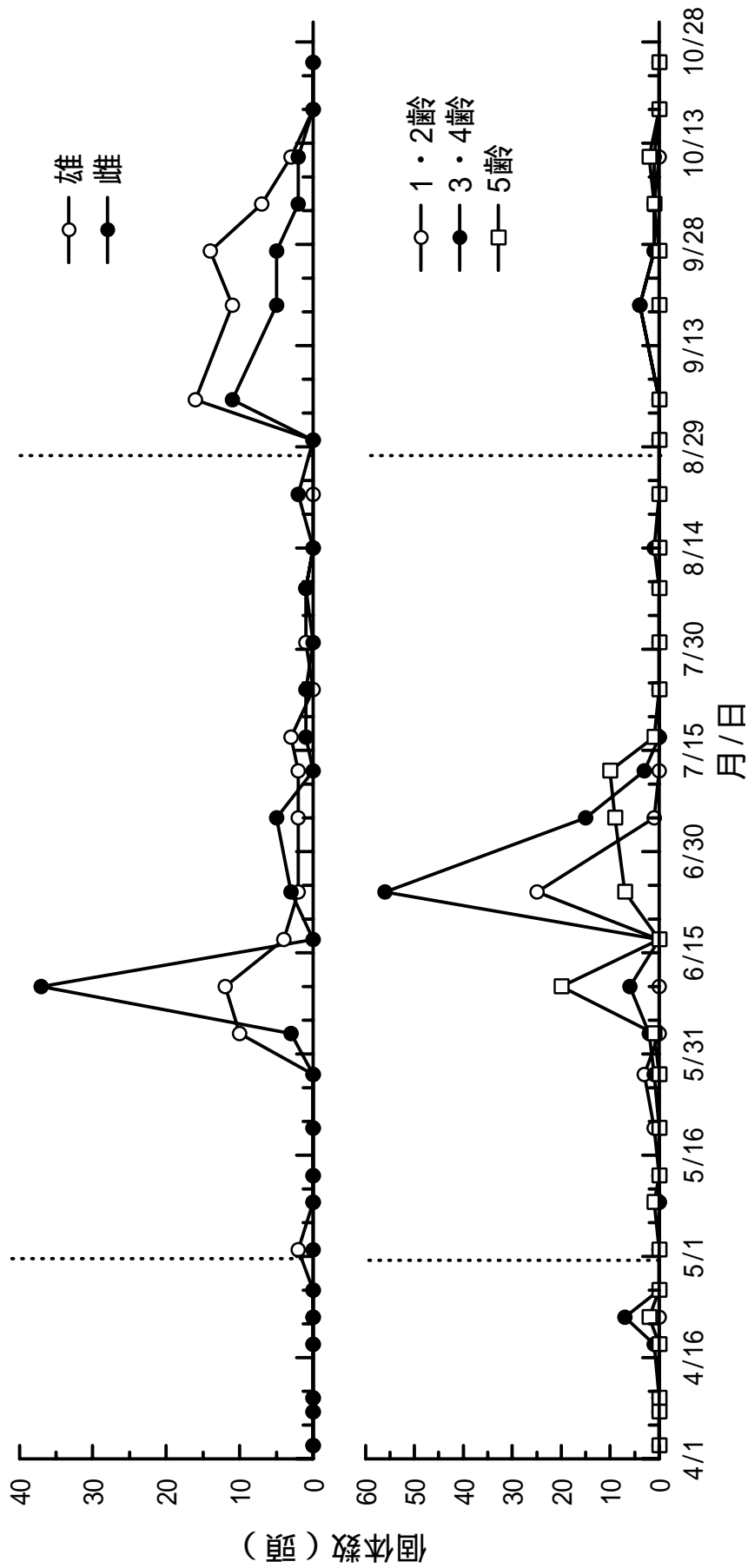
第17図 無除草畦畔におけるアカヒゲソミドリカスミカメすくい取り虫数の推移 (2001年)



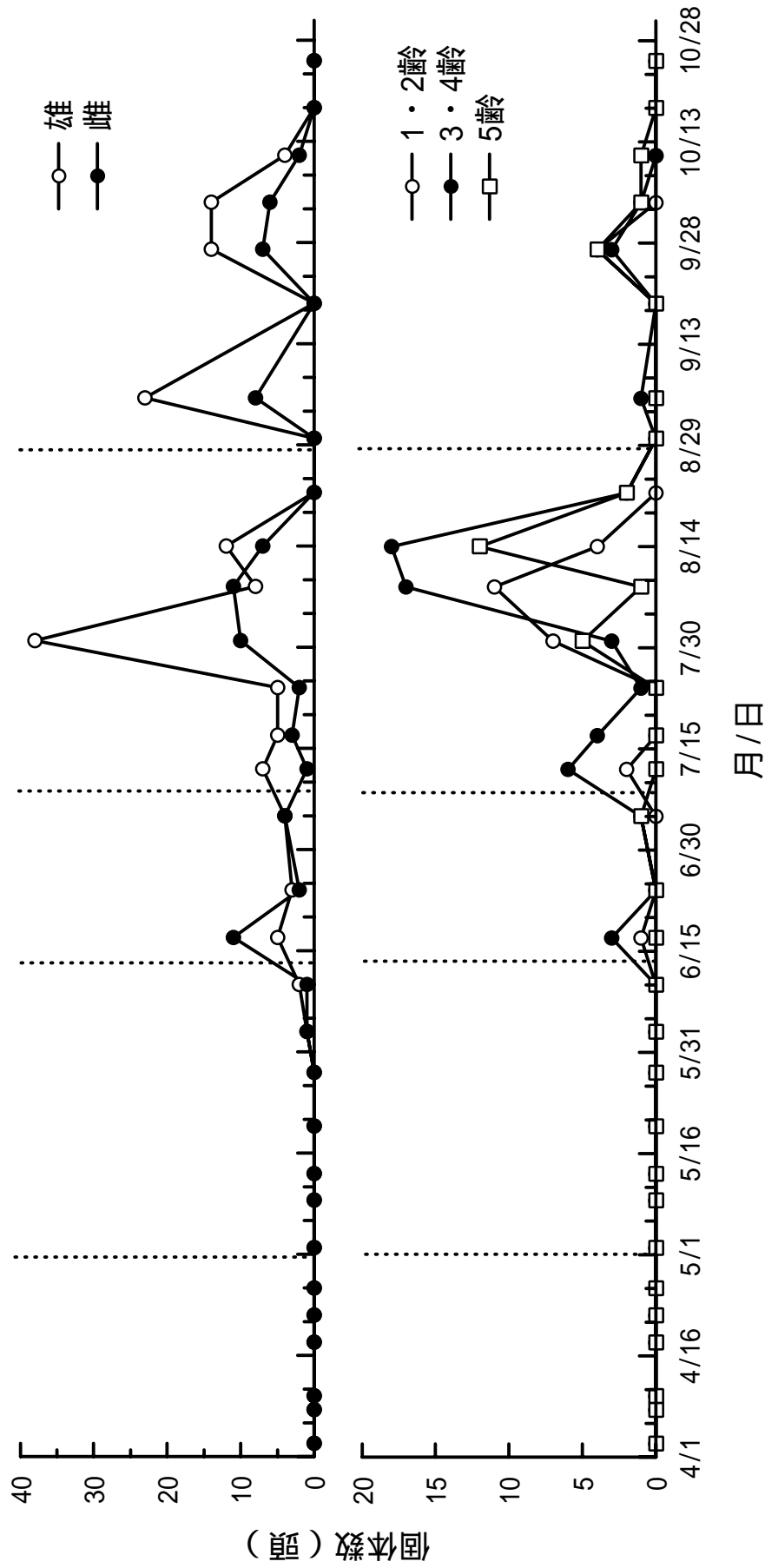
第18図 除草畦畔におけるアカヒゲホソミドリカスミカメすくい取り虫数の推移(2001年)。点線は除草時期(5月10日, 6月18日, 7月16日)を示す。



第19図 イタリアンライグラス圃場におけるアカヒゲソミドリカスミカメすくい取り虫数の推移（2002年）。点線は刈り取り時期（5月24日，6月25日）を示す。



第20図 無除草畦畔におけるアカヒゲホソミドリカスミカメすくい取り虫数の推移(2002年)。点線は除草時期(5月1日, 8月28日)を示す。



第21図 除草畦畔におけるアカヒゲホソドリカスミカメすくい取り虫数の推移(2002年)。点線は除草時期(5月1日, 6月13日, 7月8日, 8月28日)を示す。

アカヒゲ

第15表 イタリアンライグラス

ホソミドリカスミカメ 成虫発生時期

世代	すくい	成虫発生時期	推定羽化開始日 <sup>a</sup>
2000年			
越冬世代		5月第4～6半旬	(5月15日)
第1世代	6月第6半旬	7月第1半旬	6月26日
第2世代	7月第5半旬	8月第1半旬	7月22日
第3世代		8月第4～6半旬	8月13日
第4世代	9月第2半旬	10月第1半旬	9月4日
第5世代			10月10日
2001年			
越冬世代		5月第3～6半旬	(5月7日)
第1世代	6月第4半旬	7月第1半旬	6月21日
第2世代		7月第5～6半旬	7月18日
第3世代		8月第3～6半旬	8月9日
第4世代	9月第4半旬	10月第2半旬	9月4日
第5世代			11月1日
2002年			
越冬世代			(4月26日)
第1世代		6月第1～4半旬	6月19日
第2世代		7月第4半旬～	7月19日
第3世代		8月第1～4半旬	8月9日
第4世代	9月第2半旬	10月第2半旬	9月3日
第5世代			10月17日

<sup>a</sup> 越冬世代 羽化開始日 13表 として、1世代以降



### 3) 考察

すくい取り調査結果から推定される各世代の成虫発生時期を年次別に第 15 表に示した。すくい取りによる捕獲消長は、調査地点により大きく異なり、また全ての世代について発生時期を明確に見て取ることができる調査地点は 3 ヶ年を通じて存在しなかった。そこで、3 地点のデータを相互に補完することで各世代の発生時期の判断を行ったが、観察された成・幼虫の捕獲ピーク時期は、調査地点間で大きく異ならなかったことから、推定結果はほぼ実態を反映しているものと考えられる。2002 年の越冬世代は発生時期が明確ではなかったが、それを除くと 3 ヶ年とも越冬世代から第 4 世代まで、年 5 世代の成虫発生が認められた。2000 年、2001 年の成虫発生時期は各世代ともほぼ一致し、越冬世代が 5 月中下旬、第 1 世代が 6 月下旬～7 月上旬、第 2 世代が 7 月下旬～8 月上旬、第 3 世代が 8 月中下旬、第 4 世代が 9 月上旬～10 月上旬であった。2002 年は、前節で述べたように越冬世代の発生時期がきわめて早く、第 1 世代以降についても 2000 年、2001 年より発生時期が早まる傾向が認められたが、世代が進むにつれその差は小さくなった。

新潟県における本種の年間世代数は 4～5 世代であり、各世代の発生盛期は、5 月下旬～6 月上旬（越冬世代）、6 月下旬～7 月上旬（第 1 世代）、7 月下旬～8 月上旬（第 2 世代）、8 月中～下旬（第 3 世代）、9 月中旬以降（第 4 世代）とされている（石本, 2004）。これは、本調査結果と概ね一致しており、新潟県における一般的な周年の発生経過であると言える。しかし、2002 年において認められたように気象条件による発生の早期化など、発生時期には相当の年次変動があり得ることには留意する必要があると考えられる。

2000 年の除草畦畔において、9 月中下旬から 10 月上旬にかけて幼虫捕獲数の増加が認められた（第 15 図）。これらの幼虫は、第 3・4 世代成虫の発生時期からみて第 4 世代幼虫とは考えにくく、第 4 世代成虫の産下卵に由来する第 5 世代幼虫である可能性が高い。この幼虫数の増加に対応する成虫の羽化ピークは観察されないが、幼虫の

齡構成が中老齡主体であることからみて、成虫が羽化した可能性は高く、第5世代成虫が発生したと考えられる。

本種雌による休眠卵の産下は、日長と温度とによって左右され、短日条件であっても高温では休眠卵率が低下することが明らかにされている(樋口・高橋, 2005)。樋口・高橋(2005)は、1999~2001年に上越市において、野外採集個体が産下する卵の休眠卵率の調査を行い、3ヵ年とも9月上旬から休眠卵率が上昇し、9月下旬にはほぼ100%に達したが、2000年は9月中旬に一時的に休眠卵率が10%以下に低下したことを報告している。樋口・高橋(2005)は、休眠卵率の低下は2000年秋季の特異的な高温に起因すると考察しているが、本調査において認められた第5世代の発生は、この休眠卵率の低下によってもたらされたのではないかと考えられる。本調査において観察された第4世代成虫の発生時期は、3ヵ年とも9月第2半旬以降であることから(第15表)、第4世代の雌は通常は休眠卵を産下すると考えられる。したがって、第5世代の発生は、特異的に秋季の気温が高かった年次の特殊な事例とみられるが、気象条件によっては第5世代が発生しうることには注意を払う必要がある。第5世代の発生が、地域個体群の越冬量に与える影響については不明であり、今後の検討が必要である。

除草を行った畦畔における成虫の捕獲数は、2002年は無除草畦畔とほぼ同程度であったが(第20図, 第21図)、2000年(第14図, 第15図)、2001年(第17図, 第18図)は無除草畦畔よりも明らかに多かった。畦畔間には捕獲消長にも差が認められ、無除草畦畔では3ヵ年とも第1世代以降、捕獲数は減少し、第2世代成虫の明確なピークは認められないのに対して、除草畦畔では2000年、2002年に第2世代と見られる成虫捕獲数の増加が観察された。2本の畦畔は1筆の水田圃場の両側に位置しており、周辺環境に大きな違いはないことから、この発生量、発生消長の違いは、除草の影響によるものと考えられる。両畦畔とも4~5月は、スズメノカタビラやスズメノテッポウ *Alopecurus aequalis* などの植被率が高く、5~6月にはヌカボ *Agrostis clavata* やナギナタガヤ *Vulpia myuros* などの出穂がみられたが、無除草畦畔では、その後、

シロツメクサ *Trifolium repens* ,オオバコ *Plantago asiatica* ,ヒメジョオン *Erigeron annuus* などが繁茂し , イネ科雑草の植被率は次第に減少した . これに対して , 除草畦畔では双子葉植物の繁茂は抑制され , メヒシバやイヌビエ類等 , イネ科雑草が優占する状態が維持されており , このような植生の違いが本種の増殖に影響を与えたものと考えられる .

斑点米カメムシに対する防除対策として , 水田周辺の雑草管理の重要性が指摘されており , 畦畔除草による個体数の抑制や被害軽減の事例も報告されている ( 藤巻ら , 1980 ; 星野ら , 1991 ; 石川ら , 1995 ; 山代ら , 1996 ; 寺本 , 2003 ; 湯浅 , 2006 ) . 本種に関しても菊池・小林 ( 2001 ) や渡辺ら ( 2002 ) の報告がある . 一方 , 伊藤 ( 2007 ) は , 本種の好適寄主であるスズメノカタビラが刈り取りによっては十分に抑制できないことを示し , 刈り取り除草の効果に疑問を呈している . また , 八谷 ( 1999a ) は頻繁な草刈りによってスズメノカタビラがむしろ増えてしまう可能性を指摘している . 本調査結果は 除草によって逆に本種の個体数が増加する場合があることを示しており , 刈り取り除草は個体数抑制手段として常に有効とは言えないと考えられる . しかし , 2001 年のように 7 月中旬の除草後 , 成虫 , 幼虫とも捕獲数が急減し ( 第 18 図 ) , 明らかに除草によって増殖が抑えられたとみられる事例もあり , 除草の効果に関して結論を出すことはできない .

本種の増殖に対する除草の影響は , 除草時の発育ステージや優占草種 , 除草後の寄主植物の再生状況などによって左右されると考えられる . 除草によって効果的に本種個体数を抑制するためには , 除草の時期 , 頻度等について詳細な検討を行う必要がある . しかし , 多様な植生を持つ畦畔に対して , 共通して適用可能な除草法を提起することは困難であると考えられる . 近年 , 畦畔に非寄主植物を植栽することで , 斑点米カメムシの発生を抑制しようという試みが行われている ( 寺本 , 2003 ; 門間・菊池 , 2004 ) . 八谷 ( 1999b ) は , 畦畔にハーブ類を植栽している事例を挙げて , 本種に対する抑制効果が得られる可能性に言及しており , 今後は , このような非寄主植物の利用

について検討が進められるべきであると考えられる。

本章第2節において述べたように，有効積算温度による越冬世代の孵化・羽化時期の推定は，実際の発生活消長と一致しない．そこで，有効積算温度による世代区分は，第1世代以降を対象とすることとし，越冬世代成虫の初発時期と考えられる成虫の初確認日を起算日として，各世代の羽化開始日の推定を行った．有効積算温度による推定結果をすくい取り調査に基づく世代区分と比較すると，2001年の第4世代，2002年の第1世代において不一致が認められるものの，おおむね1半旬程度の差異で各世代の発生開始時期と一致した（第15表）．したがって，越冬世代成虫の初発時期を把握することで，有効積算温度による第1世代以降の世代区分が可能であると考えられる．

本種の発生予察において，各世代の発生時期を把握することはきわめて重要であるが，本調査結果において認められたように，水田外における発生活消長は，生息場所の環境条件によって大きく異なると考えられる．このことは，各世代の発生時期を把握する上で障害となる可能性がある．しかし，消長が不明瞭な場合であっても，越冬世代成虫の初発時期から有効積算温度による推定を行うことにより発生時期を的確に把握できるのではないかと考えられる．

#### 第4節 水田における発生活消長

新潟県における本種の水田での発生に関しては，石本（2004）が詳細な検討を行っており，水田への侵入時期やその後の成・幼虫の発生活消長等がすでに明らかにされている．しかし，水田外の生息場所における発生活消長との関連については，十分な検討が行われていない．本節では，水田において行った本種の発生動態調査について述べるとともに，前節において明らかにした牧草地および水田畦畔における発生活消長との関連について考察する．

## 1) 材料および方法

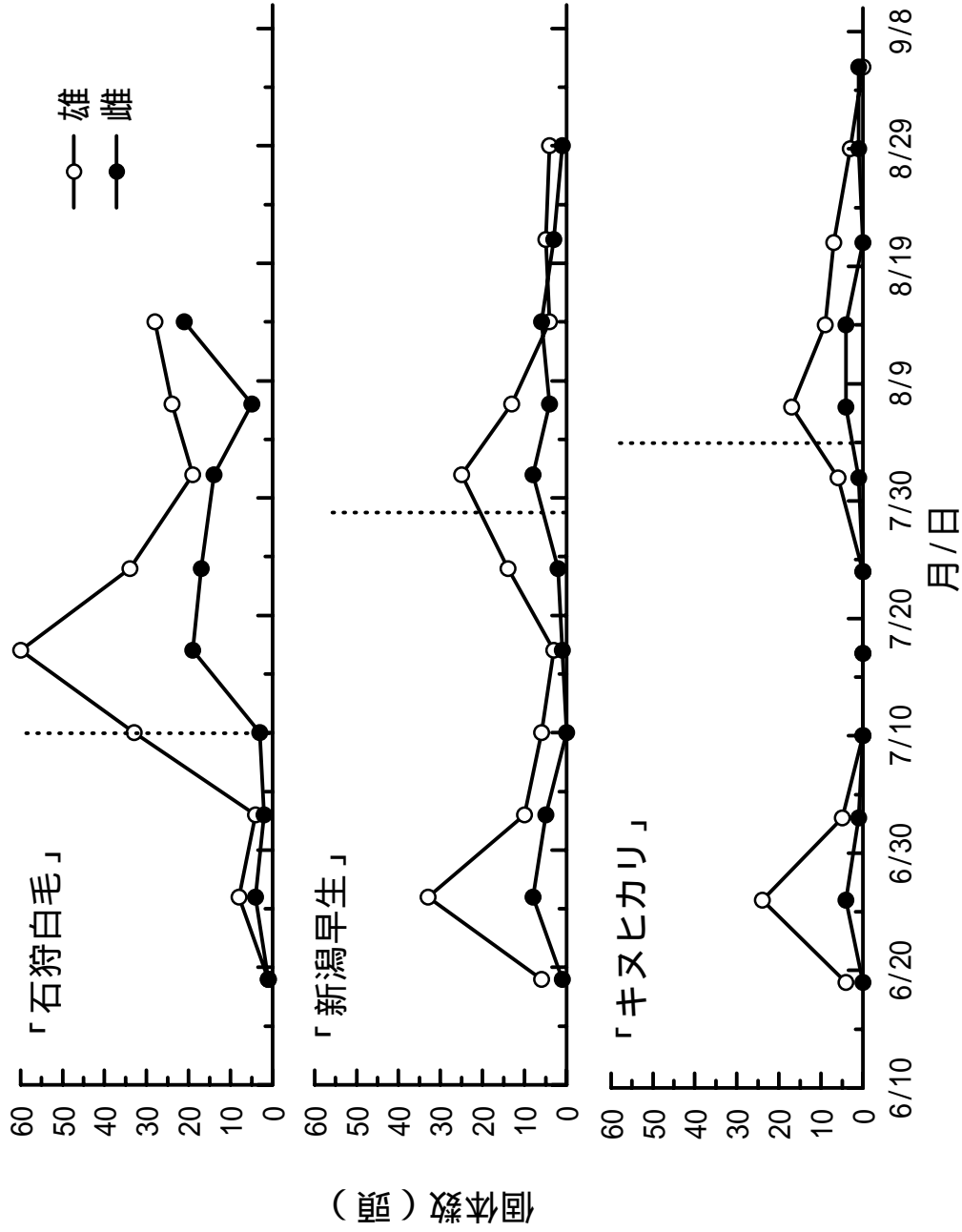
北陸研究センター内の水田において、本種成・幼虫の生息数調査を行った。調査対象とした水稲品種は、2000年は「石狩白毛」、「新潟早生」、「キヌヒカリ」、2001年および2002年は「わせじまん」、「ゆきの精」、「コシヒカリ」である。各品種は連続した3筆の水田（1筆面積約7a）において1筆に1品種を栽培した。移植は3ヵ年とも5月中旬に行い、栽培期間を通じて、隣接圃場を含め殺虫剤無散布とした。アカヒゲホソミドリカスミカメの生息数調査は、捕虫網（径36cm、柄90cm）で50回振りのすくい取りを行い、捕獲虫を雌雄、幼虫齢期別に計数した。調査は、3ヵ年ともに6月上旬から9月上旬にかけて行い、調査間隔は原則として7日間とした。

## 2) 結果

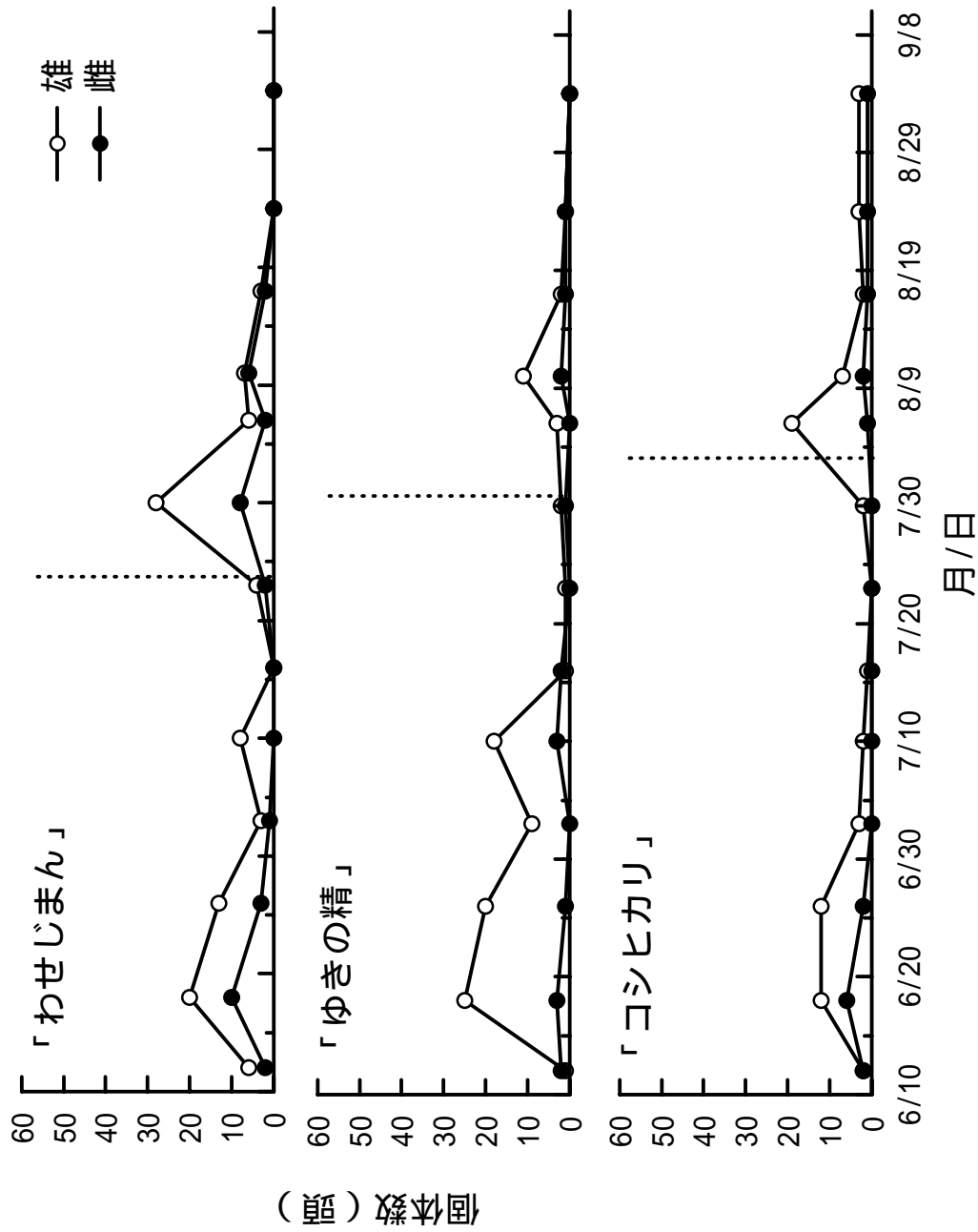
各年次における成虫のすくい取り調査結果を第22図、第23図、第24図に示した。すくい取り成虫数は、2000年が多く、2001年、2002年は同程度であった。2000年は、6月中旬から7月上旬にかけていずれの品種においても成虫数の増加が認められ、7月中旬にすくい取り虫数は一時減少したが、各品種の出穂に伴い再び増加した。「石狩白毛」における6月中下旬のすくい取り虫数は、他2品種に比べてやや少ないが、出穂後の成虫数の増加は著しく、7月中下旬にすくい取り虫数はいったん減少した後、8月中旬に再度増加する傾向が見られた。2001年は2000年とは供試品種が異なるが、「ゆきの精」、「コシヒカリ」はそれぞれ出穂時期のほぼ等しい「新潟早生」および「キヌヒカリ」とほぼ同様の傾向を示した。2002年は2001年とほぼ同様の傾向であったが、「わせじまん」では8月中下旬にすくい取り虫数の顕著な増加があり、成虫数の消長には明確な3つのピークが認められた。

幼虫のすくい取り調査結果を第25図、26図、27図に示した。いずれの年次、品種においても6月下旬から7月上旬にかけて、幼虫がすくい取られたが、その数は「石狩白毛」を除き少なかった。すくい取り虫数は、出穂の早い品種で多い傾向が認めら

れた。「石狩白毛」では、7月上旬、下旬、8月上旬に1・2齢幼虫のすくい取り数が増加し、日数の経過とともに齢期の進行が認められた。

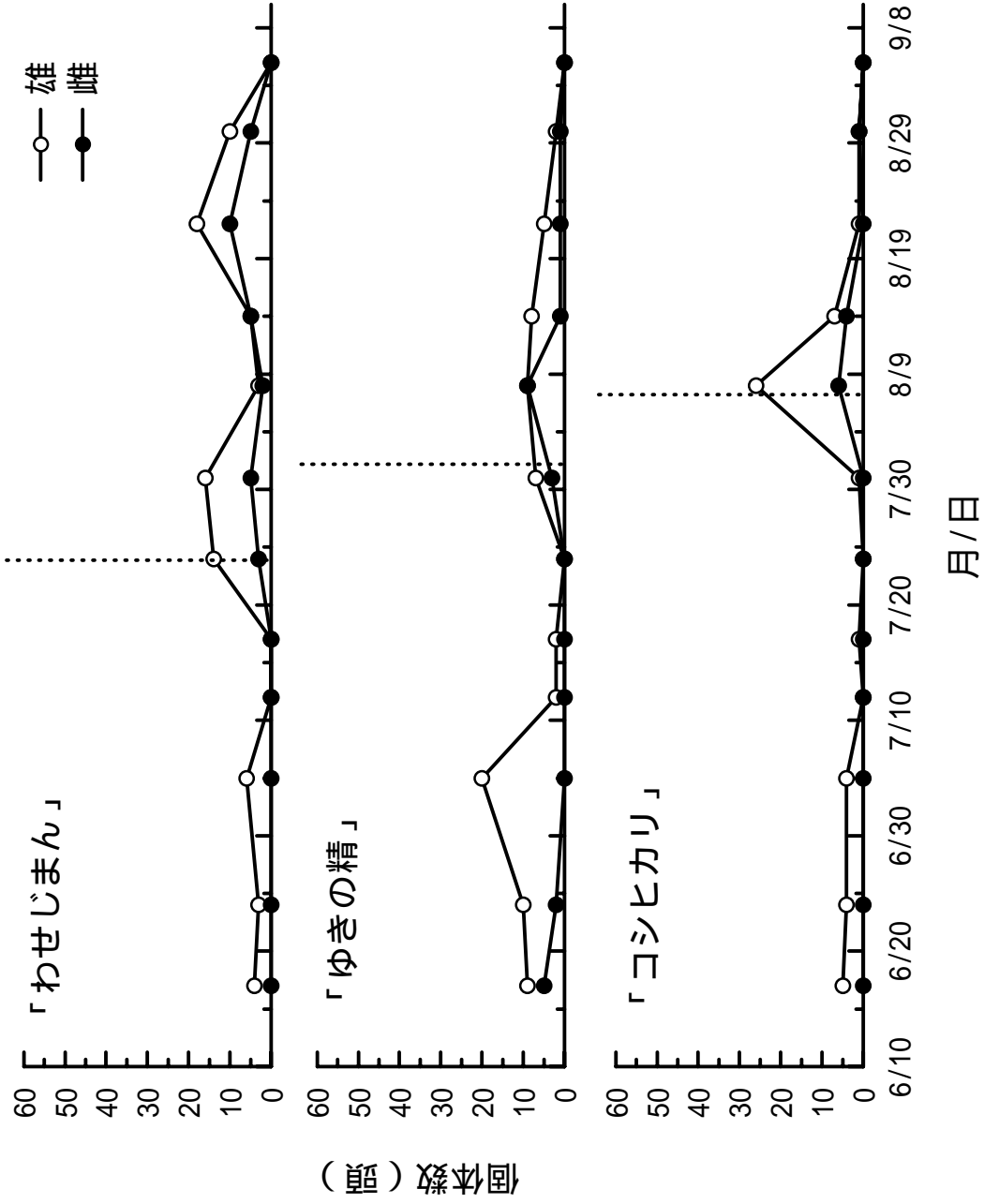


第22図 水田におけるアカヒゲホソドリカスミカメ成虫すくい取り数の推移 (2000年) .  
 点線は出穂期 (石狩白毛: 7月10日, 新潟早生: 7月29日, キヌヒカリ: 8月5日) .

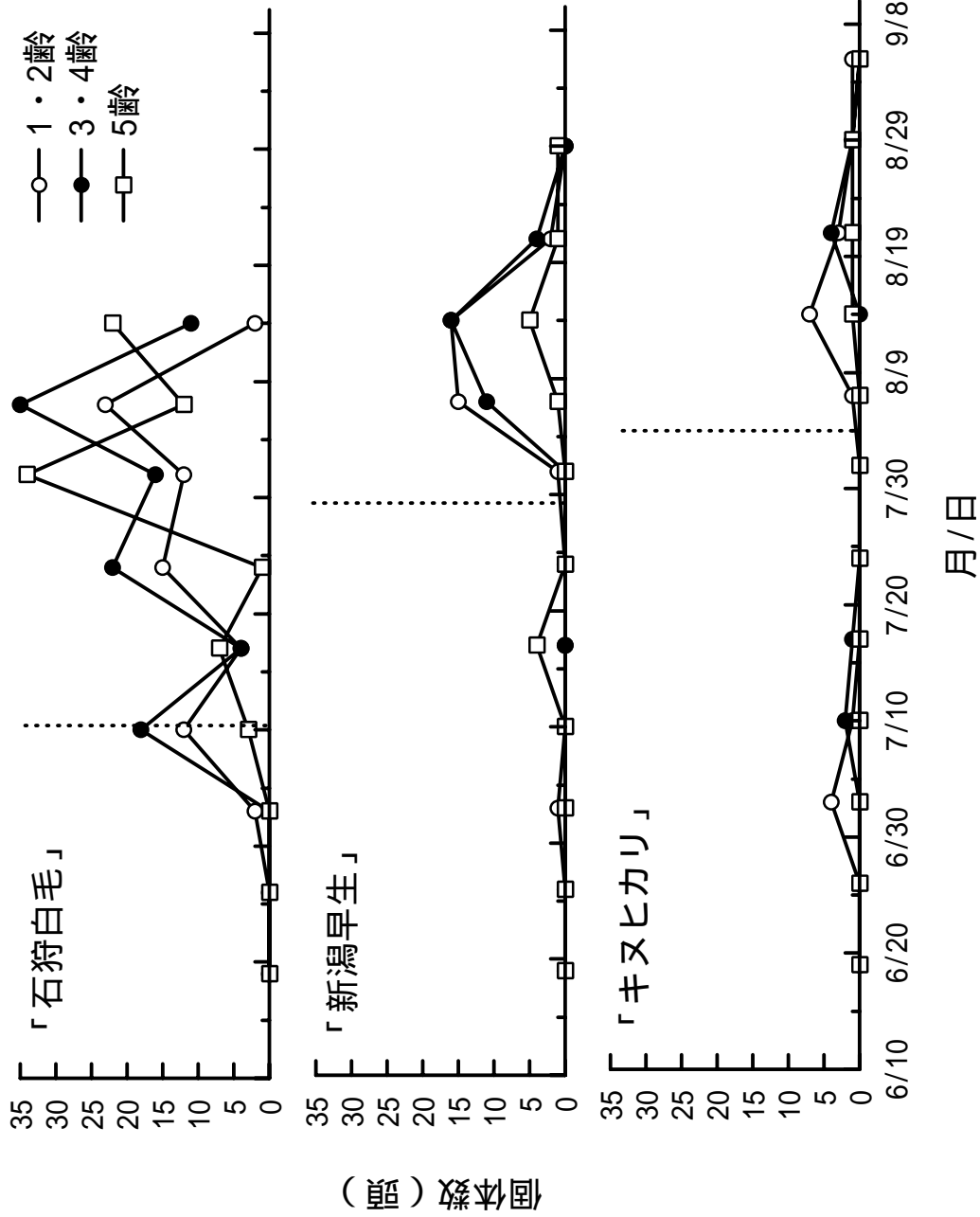


第23図 水田におけるアカヒゲソミドリカスミカメ成虫すくい取り数の推移(2001年)。  
 点線は出穂期(わせじまん:7月24日, ゆきの精:7月31日, コシヒカリ:8月3日)。

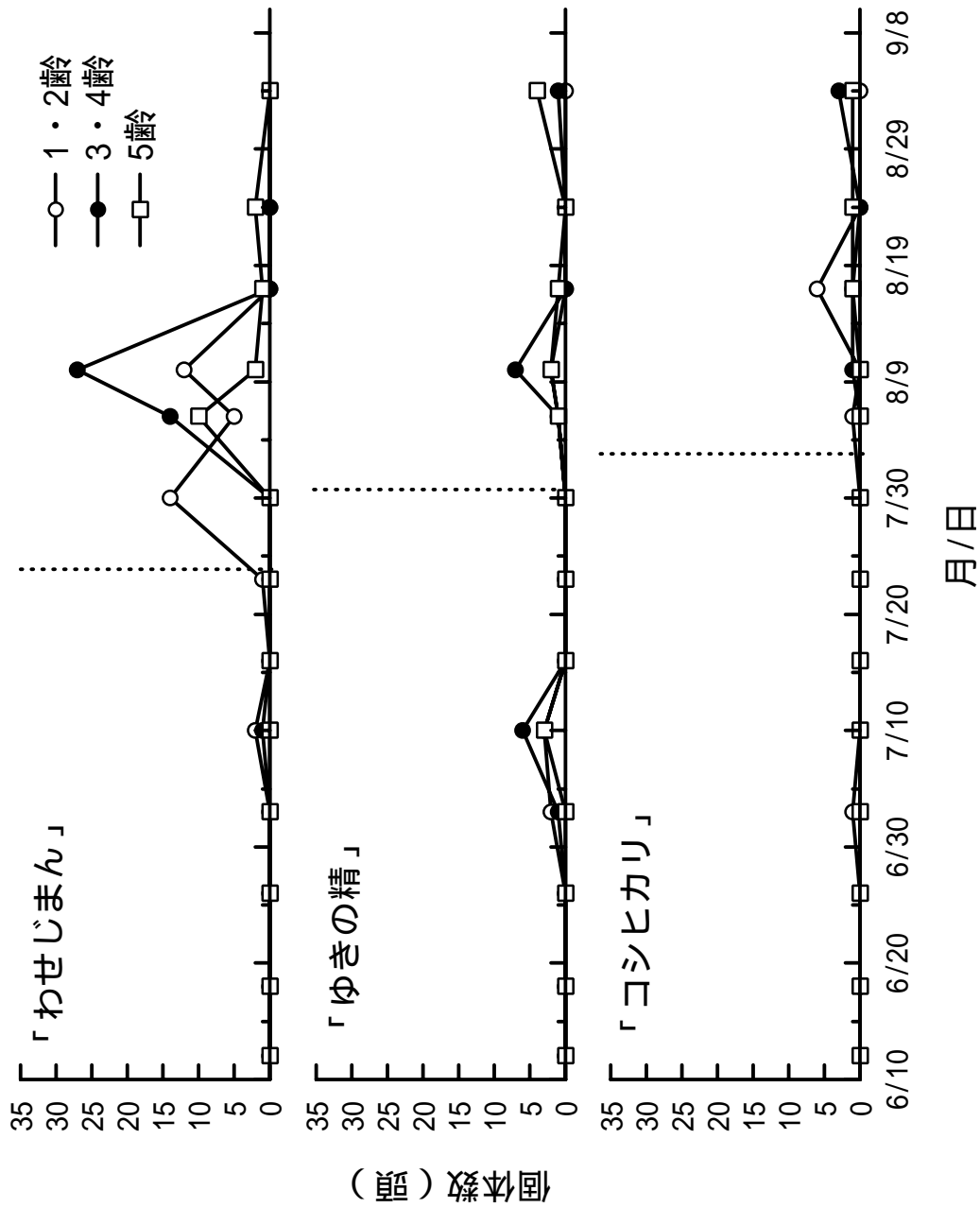




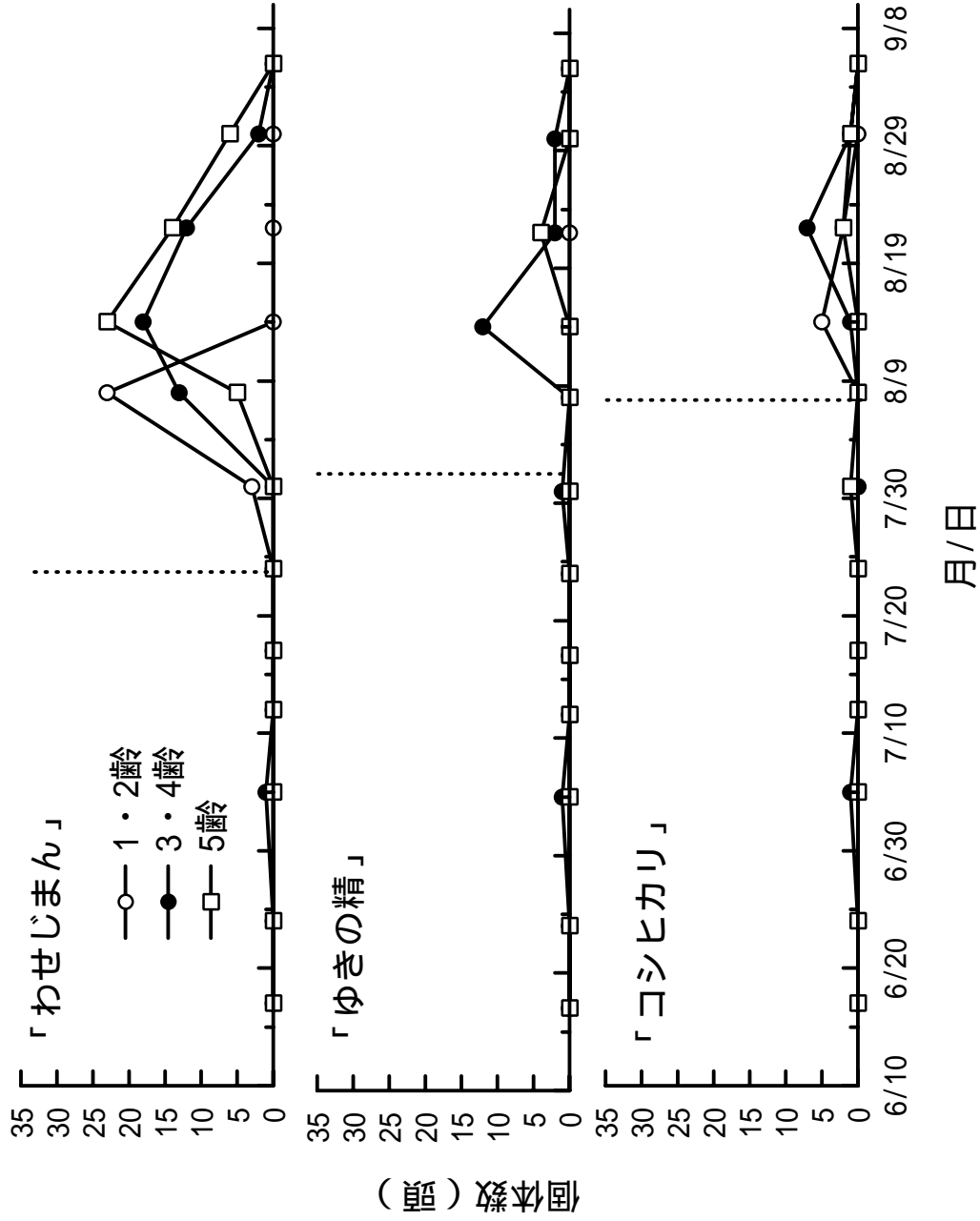
第24図 水田におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ成虫すくい取り数の推移 (2002年)。  
 点線は出穂期 (わせじまん：7月24日，ゆきの精：8月2日，コシヒカリ：8月7日)。



第25図 水田におけるアカヒゲソミドリカスミカメ幼虫すくい取り数の推移(2000年)。  
 点線は出穂期(石狩白毛:7月10日,新潟早生:7月29日,キヌヒカリ:8月5日)。



第26図 水田におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ幼虫すくい取り数の推移(2001年)。  
 点線は出穂期(わせじまん:7月24日, ゆきの精:7月31日, コシヒカリ:8月3日)。



第27図 水田におけるアカヒゲホソドリカスミカメ幼虫すくい取り数の推移 (2002年) .  
 点線は出穂期(わせじまん: 7月24日, ゆきの精: 8月2日, コシヒカリ: 8月7日) .

### 3) 考察

石本(2004)は、新潟県において出穂期の異なる3品種を対象に水田における本種の発生活長を調査し、6月中旬～7月上旬に成虫数の増加を報告している。また、成虫の増加に先立って幼虫の発生が認められなかったことから、この成虫発生は外部からの侵入個体によるものであり、第1世代成虫が主体であると推定している(石本2004)。本調査においても6月中旬から7月上旬にかけて、成虫捕獲数の増加が認められた(第22図、第23図、第24図)。この成虫数の増加時期は年次によって異なり、2000年は6月第6半旬～7月第1半旬、2001年は6月第4半旬～7月第2半旬であったが、いずれも前節で述べた第1世代成虫の発生時期(第15表)ときわめて良く一致した。2002年は調査を開始した6月第4半旬に成虫が捕獲されているため(第24図)、成虫数の増加時期は明らかではない。しかし、同年は第1世代成虫の発生時期が6月第1～4半旬と他の年次よりも早かったことからみて、水田内の成虫数増加時期は第1世代成虫の発生時期と一致していたと推察される。したがって、この時期の水田における成虫発生は、水田外の第1世代成虫の羽化に同調して起こるものと考えられる。また、石本(2004)が指摘しているように、成虫数の増加に先立って幼虫の発生は認められないことから(第25図、第26図、第27図)、これらの成虫が水田外からの侵入個体であることは明らかである。以上のことから、本種は第1世代成虫の発生時期に畦畔等の生息場所から、水田に侵入すると考えられる。

出穂前の水田における成虫数の増加は、他にも報告事例があり(奥山,1974;石本ら,2006;樋口・高橋,2006)、本種において一般的に認められる現象であるといえる。しかし、一般にイネの茎葉は本種成虫・幼虫の餌として好適ではないとされており(八谷,1999a;樋口・高橋,2003)、本調査においても次世代とみられる幼虫は「石狩白毛」を除いてごく少数しか確認されていない。少数ながら幼虫が発生していることから、産卵が行われたことは疑いないが、増殖に適さないと考えられる出穂前の水田に成虫が侵入する意味は不明である。

第1世代以降については、各品種の出穂直後に成虫数の増加が観察され(第22図, 第23図, 第24図), その後, 登熟中後期に幼虫の捕獲数が増加した(第25図, 第26図, 第27図). 石本(2004)は, 登熟初期に侵入個体が主体とみられる成虫数の増加があること, 登熟中後期にこの成虫が産下した卵に由来する幼虫が発生することを報告しており, 登熟初期の成虫発生は第2世代が主体であるとしている. 登熟初期の成虫数の増加時期を水田外における各世代の発生時期(第15表)と比較すると, 2000年の「新潟早生」, 「キヌヒカリ」, 2001年および2002年の「わせじまん」は第2世代の発生時期と一致した. また, 2002年の「ゆきの精」, 「コシヒカリ」は第3世代の発生時期とほぼ一致したが, 2002年は各世代の発生時期が早期化したこと(本章第3節)を考慮すると, 一般的には登熟初期の侵入個体は第2世代が主体と考えられる.

一方, 2000年の「石狩白毛」および2001年の「ゆきの精」, 「コシヒカリ」については, 成虫の増加時期が, 世代の谷間の時期に相当しており, いずれの世代であるか判然としなかった. このことは, 登熟初期における成虫数の増加が, 水田外における発生活消長ではなく, イネの出穂期によって左右されていることを示唆している. 石本(2004)は, 本種成虫がイネの出穂を契機として水田に侵入することを認め, その理由として成虫の穂に対する高い選好性(八谷, 1999b)をあげている. しかし, 第1世代において認められた水田外の発生との同調性が, 第2世代以降, 失われる原因は不明である.

Niiyama et al. (2007)は, 出穂期のイネの香気成分が本種成虫に対して誘引性を持つことを報告している. 本試験において認められた第1世代期および登熟初期における成虫侵入には, イネが持つ誘引性の変化が関与している可能性もあり, 今後詳細な検討が必要であると考えられる.

「石狩白毛」における発生はきわめて特徴的であり, 出穂期に成虫のみならず, 幼虫数の急増が認められた(第22図, 第25図). この時期の捕獲虫には中老齢幼虫が含まれており, 明らかに出穂前に侵入した成虫の産下卵に由来する幼虫と考えられる.

また、出穂後の若中齢幼虫数には7月第5半旬と8月第2半旬に2つのピークが認められ、5齢幼虫数もこれと同調して増減した。7月第5半旬の幼虫数のピークは出穂後の侵入成虫の次世代であると考えられるが、8月第2半旬以降の幼虫数の増加は、出穂前に侵入した成虫の次世代が羽化する時期に対応しているとみられる。これらのことは、「石狩白毛」において、水田内で2世代増殖が行われたことを示唆している。「石狩白毛」は北海道の水稲品種であり、新潟県では栽培されておらず、また他の品種を含め、7月上旬に出穂する作型も一般には存在しない。したがって、新潟県の水田において「石狩白毛」にみられたような発生が起きる可能性はほとんどないと考えられる。しかし、本調査結果は、出穂前に侵入した成虫の次世代が水田内で羽化し、さらに産卵を行い得ることを示しており、本種の水田における発生生態を考える上できわめて興味深い。「石狩白毛」において認められた特異な発生消長が出穂の時期によるものか、それ以外の品種特性によるものか、今後明らかにする必要があると考えられる。

## 第4章 交尾行動および交尾と産卵

アカヒゲホソミドリカスミカメは、雌が性フェロモンを放出し、雄を誘引することが知られている (Kakizaki and Sugie, 1997)。近年、その成分が明らかになったことから (Kakizaki and Sugie, 2001)、合成性フェロモンの発生予察への利用が検討されている (樋口ら, 2004; 石本ら, 2005; 滝田, 2005; 柿崎, 2006)。また、合成性フェロモンを用いた交信攪乱による防除に関する検討されており (Kakizaki, 2004)、環境保全型の防除手段として期待されている。このような合成性フェロモンを利用した技術の開発に当たっては、対象害虫の繁殖に関わる基礎的な知見の集積が不可欠である。本章では、本種の交尾と産卵に関わる生態的な特性、交尾個体の判定法ならびに繁殖行動の日周性に関する試験結果について述べる。

### 第1節 交尾と産卵に関する諸特性

Sakurai (1996) は、ヘリカメムシ科のホソヘリカメムシ *Riptortus clavatus* において、複数回交尾を行った雌は1回のみ交尾を行った雌と比較して、産卵数が多く、受精卵率が高くなることを報告している。一方、カスミカメムシ科の *Lygocoris pabulinus* では、交尾回数は総産卵数や受精卵率に影響を与えないとされている (Groot and Smid, 2000)。アカヒゲホソミドリカスミカメの交尾回数に関しては報告されていないが、正常な繁殖に必要な交尾回数を明らかにすることは、本種の発生生態を解明する上できわめて重要である。本節では、雌の羽化後日齢と交尾の関係、交尾回数および交尾と産卵の関係に関する調査結果について述べる。

#### 1) 材料および方法

##### (1) 供試容器



全ての試験は、コムギ芽出し苗 2 本を入れたガラス管（径 20×170 mm）を用いて行った。コムギ苗は播種後 1 週間程度経過したものを扱い、根部をウレタンフォーム（20×20×30 mm）で挟み、ガラス管下部に挿入した。ガラス管上部はナイロンメッシュで覆った。

#### （2）雌の羽化後経過時間と交尾

供試虫は、北陸研究センター内の雑草地で 2002 年 7 月に採集し、樋口・高橋（2000）の方法により室内で累代飼育したものである。5 齢幼虫を供試ガラス管を用いて個体飼育し、午前 6 時と午後 6 時に羽化の確認を行った。羽化確認時の成虫日齢には、0～12 時間の幅が存在するが、便宜的に羽化が確認された時点を羽化後 0 時間とみなした。羽化後 18, 30, 42, 54, 66, 78, 90, 102, 114 時間経過した雌を入れた供試ガラス管に、羽化後 3 日以上経過した雄 2 頭を放飼し、6 時間（12:00～18:00）継続観察して交尾の有無を調査した。各経過時間について 20 頭の雌を供試した。飼育は 25℃、16L：8D（明期 4:00～20:00）条件下で行い、コムギ芽出し苗は 1 日おきに更新した。

#### （3）雌の交尾回数

室内で累代飼育した 5 齢幼虫を個体飼育して得られた羽化後 3～4 日齢の未交尾雌を供試した。雌 1 頭を羽化後 3 日以上経過した雄 1 頭とともに供試ガラス管に放飼し、3 時間継続観察して交尾個体を確認した。供試雌 39 個体中、22 個体において交尾が確認され、以降の試験はこの 22 個体を対象として行った。初回の交尾から、3 時間後、24 時間後および 48 時間後に新たな雄 1 頭とともに 3 時間飼育を行い、直接観察により再交尾の有無を調査した。飼育は 25℃、16L：8D 条件下で行い、交尾の観察は明期に行った。

#### （4）交尾と産卵の関係

2003 年 6 月 10 日および 11 日に北陸研究センター内の雑草地において、5 齢幼虫を採集した。採集虫は、供試ガラス管に 1 頭ずつ放飼した。成虫の羽化を毎日調査し、羽化後 24 時間以内の雌を供試した。雌に対して、以下の 3 処理を行った。

未交尾雌：雌の単独飼育。

交尾制限雌：雄 1 頭とともに飼育し，最初の産卵の確認後雄を除去。

交尾非制限雌：常に雄 1 頭とともに飼育（雄が死亡した場合は補充した）。

飼育は，供試ガラス管を用いて行った。芽出し苗は毎日交換し，取り出した芽出し苗を実体顕微鏡下で分解して産卵の有無と産卵数を調査した。産下卵は，未交尾雌の場合を除いて全て取り出し，湿濾紙を敷いたシャーレに移して，25 条件下に保存した。本種受精卵は，非休眠卵の場合，25 前後の温度では 5 日前後で眼点が形成される（奥山，1982）ので，4～5 日後に眼点形成の有無によって受精・未受精の判定を行った。未交尾雌，交尾制限雌，交尾非制限雌ともに 20 個体を供試した。また，雄は，室内で累代飼育した羽化後 3 日以上経過した個体を供試した。飼育は，25 ，16L：8D 条件下で行った。なお，交尾制限雌および交尾非制限雌において，受精卵の産下が全く認められなかったもの，あるいは産卵数が極端に少なかったものは，異常個体と考えてデータから除外した。

## 2) 結果

### (1) 雌の羽化後経過時間と交尾

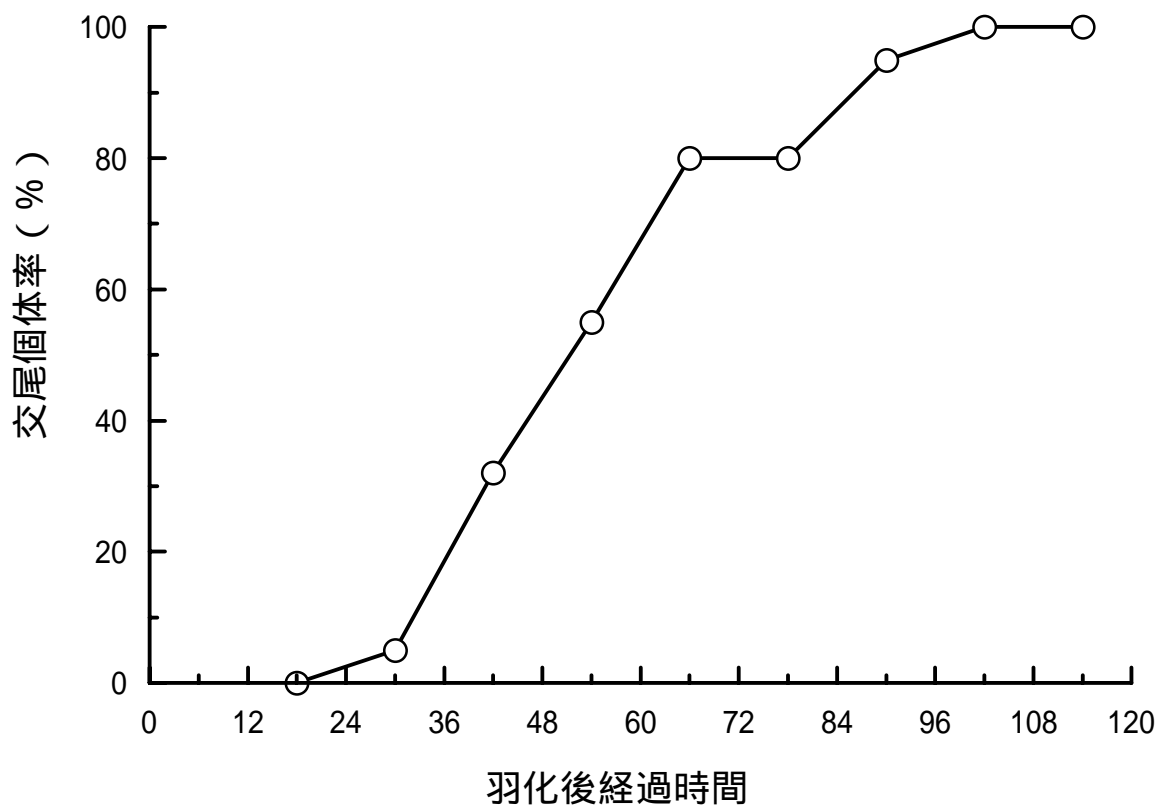
雌の羽化後経過時間と交尾雌率の関係を第 28 図に示した。羽化 30 時間後から交尾個体が観察され，時間の経過とともに雌の交尾率は斬増した。羽化 54 時間後には約半数の個体が交尾した。羽化後 102 時間以降は，観察を行った 6 時間以内に 20 個体すべてが交尾を行った。

### (2) 雌の交尾回数

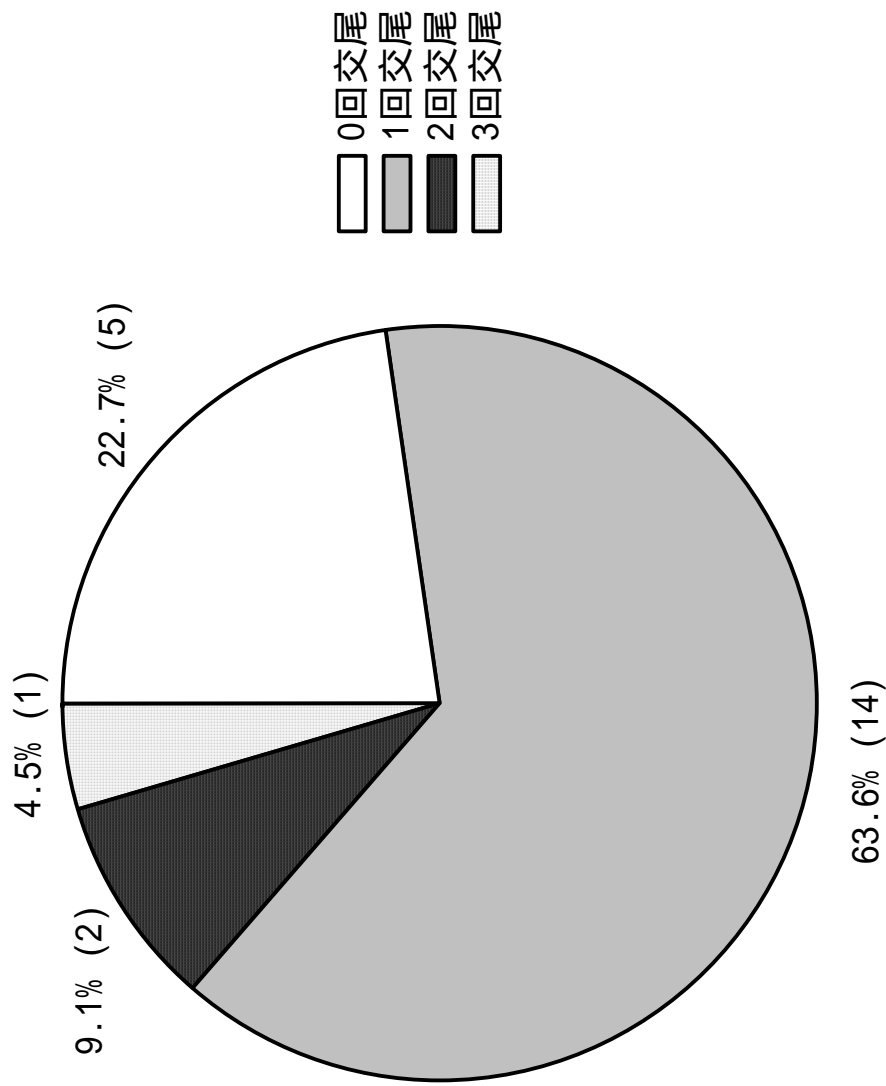
初回の交尾から，3 時間後，24 時間後，48 時間後に行った 3 回の交尾試験において，それぞれ 2，11，7 個体の雌が交尾を行った。初回の交尾を含めた供試雌の交尾回数を第 29 図に示した。交尾回数 2 回が 14 個体（63.6%），3 回が 2 個体（9.1%），4 回が 1 個体（4.5%）であり，再交尾を行った雌は全 22 個体中 17 個体（77.3%）であった。

### (3) 交尾と産卵の関係

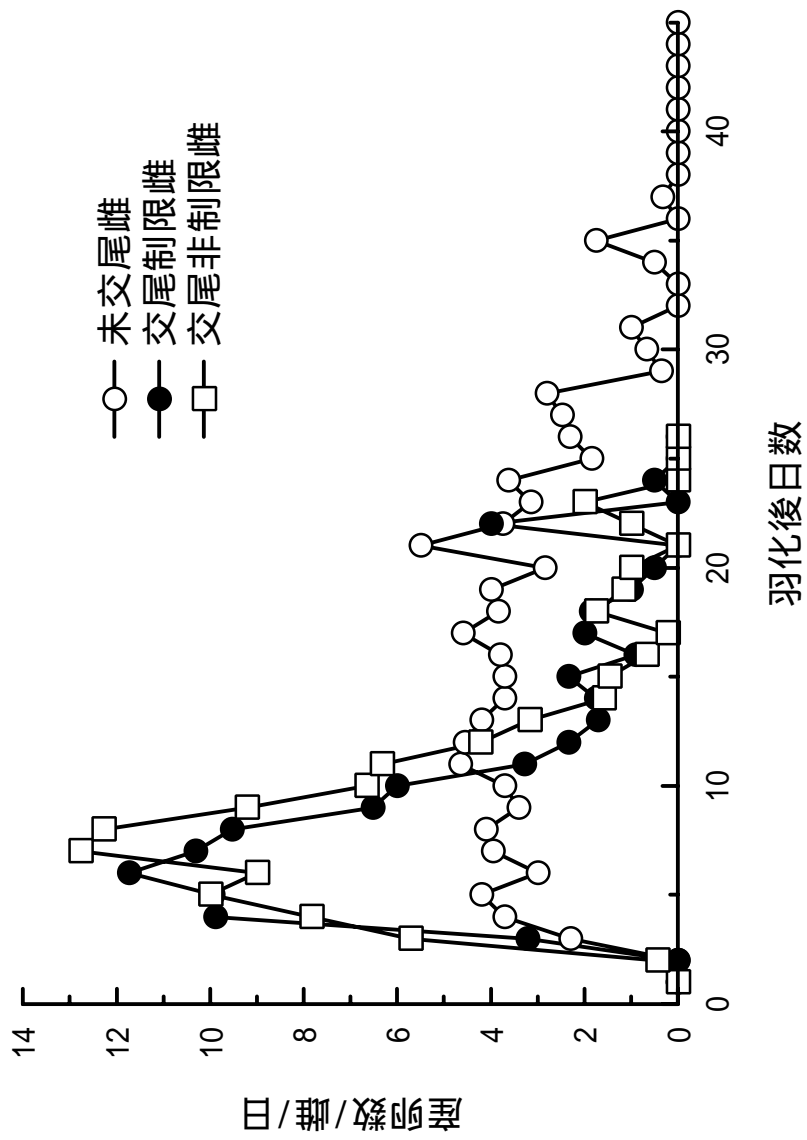
交尾と産卵に関する試験結果を第 16 表に示した。産卵前期間は、交尾制限雌が 3.5 日、交尾非制限雌が 3.4 日、未交尾雌が 3.9 日であり、処理間に有意差は認められなかった (Tukey-Kramer 検定,  $P > 0.05$ )。雌当たり平均総産卵数は、交尾制限雌が 80.1 個、交尾非制限雌が 97.5 個であり、交尾制限雌においてやや少ない傾向がみられたが、未交尾雌 93.2 個を含めて、処理間に有意差は認められなかった (Tukey-Kramer 検定,  $P > 0.05$ )。また、受精卵率は、交尾非制限雌 92.9%、交尾制限雌 94.4% とともに高く、両処理間に有意な差は認められなかった ( $\chi^2$  独立性の検定,  $P > 0.05$ )。日別産卵数の推移には、処理間に明確な違いが認められ、交尾制限雌および交尾非制限雌は、羽化後 5~10 日頃が産卵盛期となったが、未交尾雌の場合は明瞭なピークは観察されなかった (第 30 図)。また、生存曲線 (第 31 図) に見られるように、未交尾雌は交尾制限雌および交尾非制限雌に比べて、生存期間が顕著に長くなった。平均生存期間 ( $\pm$  S.E.) は、交尾制限雌および交尾非制限雌がそれぞれ  $16.8 \pm 0.97$  日、 $17.7 \pm 0.87$  日であるのに対して、未交尾雌は  $30.8 \pm 1.21$  日であり、有意な違いが認められた (Tukey-Kramer 検定,  $P < 0.05$ )。



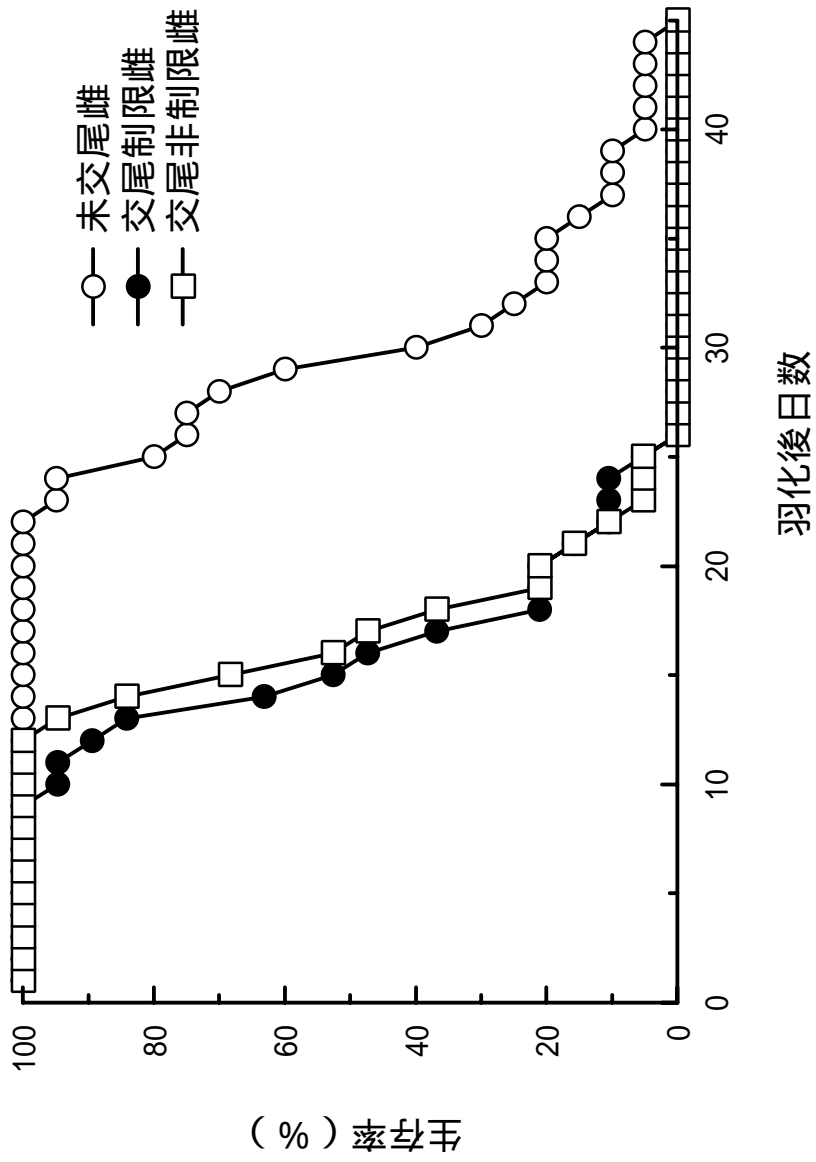
第28図 アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の羽化後経過時間と交尾個体率



第29図 アカヒゲソノミドリカスミカメ雌の交尾回数  
 初回の交尾から3, 24, 48時間後に行った3回の交尾試験における総交尾回数.  
 ( )内の数値は, 雌個体数を示す.



第30図 異なる交尾条件におけるアカヒゲホソミドリカスミカメ雌の日当たり産卵数の推移



第31図 異なる交尾条件におけるアカヒゲソミドリカスミカメ雌の生存曲線

第16表 異

交尾条件	供試雌数	産卵前期間 ±S.E.) <sup>a</sup>	総産卵数/雌	S.E.) <sup>b</sup>
未交尾雌	20	3.9 ± 0.20 a	93.2 ± 9.98 a	
交尾制限雌	19	3.5 ± 0.12 a	80.1 ± 5.23 a	
交尾非制限雌	17	3.4 ± 0.17 a	97.5 ± 6.82 a	

<sup>a,b</sup>同一英小文字 交尾条件間 (Tukey-Kramer 検定  $P > 0.05$ ).



### 3) 考察

昆虫の繁殖生態を解明する上で、成虫が羽化後どの時点で交尾可能となるかは、試験設計を立案する際の基礎的知見として重要である。そこで本研究では、交尾回数や交尾と産卵に関する試験に先立って、雌の羽化後経過時間と交尾との関係について検討した。第 28 図に示したように、羽化 30 時間後から交尾個体が観察され、時間の経過とともに雌の交尾率は上昇した。本種の産卵前期間は、25 条件下で 3.8 日とされているが(本論文第 3 章第 1 節)、本試験では、羽化 90 時間後以降(3.75 日)、交尾率は 90%以上となり、産卵前期間終了前後には、ほぼ全ての個体が交尾可能となることが確認された。

カスミカメムシ類の交尾回数については、*Lygus hesperus* (Strong et al., 1970), *Helopeltis clavifer* (Smith, 1977), *Nesidiocoris caesar* (Chatterjee, 1983), *L. pabulinus* (Groot et al., 1998)などで、複数回の交尾を行うことが報告されている。一方、Groot and Smid (2000) は、*L. pabulinus* 雌の交尾回数と総産卵数、産下卵の孵化率との関係について調査を行い、1 回のみ交尾を行った個体と複数回交尾を行った個体の間に差が認められないことを報告している。同様に *L. hesperus* は、1 回の交尾によって生涯にわたって受精卵を産下できることが報告されており(Strong et al., 1970)、カスミカメムシ類において、複数回の交尾による産卵数の増加や受精卵率の上昇は、これまでのところ報告されていない。本実験において、アカヒゲホソミドリカスミカメ雌は、複数回の交尾を行うことが確認されたが(第 29 図)、交尾と産卵に関する試験結果は、産卵前期間中の交尾だけでも、生涯にわたって受精卵を正常に産下できることを示している(第 16 表)。このことは、本種雌が受精卵の継続的な産下に複数回の交尾を必要としない可能性を示唆しているが、本実験においては、交尾行動の観察は行っておらず、交尾非制限雌および交尾制限雌における交尾回数は不明である。本種雌は、産卵前期間の半ば頃に約 50%の個体が交尾可能となっており(第 28 図)、交尾制限雌においても産卵開始までの間に複数回の交尾が行われた可能性は

ある．交尾回数が産卵数や受精卵率に与える影響に関しては，今後詳細な検討が必要であると考えられる．

Strong et al. (1970) は，カスミカメムシ科の *L. hesperus* について未交尾雌と既交尾雌の産卵前期間と総産卵数を調査し，両者の間に差が認められないことを報告している．本実験においても全く同様の傾向が認められ（第 16 表），アカヒゲホソミドリカスミカメ雌は交尾の有無に関わらず産卵を行うことが明らかとなった．しかし，未交尾雌においては，生存期間が顕著に長くなった（第 31 図）．また，日別産卵数の推移に関しても交尾雌との間に明確な違いが認められた（第 30 図）．同様の傾向は，*L. hesperus* においても認められている（Strong et al., 1970）．未交尾雌における生存期間の延長が何らかの生態的な意味を有するか否かは，本種の繁殖生態を考える上で興味深い問題である．

Kakizaki (2004) は，室内飼育条件下で高濃度の合成性フェロモンが本種の交尾を阻害することを確認し，また野外試験において合成性フェロモン処理が個体数の増加を抑制することを報告している．本種の交信攪乱による防除を考える上で，交尾や産卵の特性を明らかにすることは重要である．特に本試験において認められた未交尾雌における生存期間の延長は，交信攪乱の正否に大きな影響を与える可能性が考えられる．今後は，未交尾状態での交尾活性の持続期間や交尾日齢と産卵能力の関係等について，検討を進める必要があると考えられる．

## 第 2 節 交尾個体の判定法

Kakizaki (2004) は，アカヒゲホソミドリカスミカメにおいて，高濃度の合成性フェロモン処理により，雌を誘引源とするトラップへの定位阻害が起こることや次世代個体群密度が減少することを野外試験により実証した．また，室内試験において，合成性フェロモン処理により交尾率が低下することを示したが，野外における交尾阻害

効果については検証されていない．交信攪乱による防除技術を確立するためには，定位障害のみならず，交尾障害が成立しているか否かを野外条件で検証する必要があると考えられる．野外条件において交尾障害効果を検討するためには，雌の交尾の有無を判定する手法の確立が不可欠である．鱗翅目昆虫においては，精包の有無により未交尾，既交尾を判定する手法が用いられているが(竹内・宮下,1975;Wada et al.,1980;田中ら,1987;Wakamura et al.,1989;豊嶋ら,2001)，カスミカメムシ類についてはこのような手法は確立されていない．そこで，アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の交尾の有無を判定する手法について検討を行った．

## 1) 材料および方法

### (1) 解剖および精子の観察

雌の解剖は，実体顕微鏡下で鋭利なピンセットを用いて行った．雌の腹部を胸部から切り離し，生理的食塩水中で不要な外部骨格を除去したのち，交尾器ごと生殖器を分離した．取りだした生殖器は，スライドグラス上に移して生理的食塩水を滴下し，カバーグラスをかけ軽く圧迫して組織を部分的に破壊した．精子の観察は， $\times 100 \sim 400$  (接眼 $\times 10$ ，対物 $\times 10 \sim 40$ )の倍率で透過型顕微鏡を用いて行った．なお，解剖の対象としたのは全て生体である．

### (2) 交尾後日齢と精子の有無

北陸研究センター内の雑草地で2002年7月に採集し，樋口・高橋(2001)の方法により室内で累代飼育している系統を供試した．5齢幼虫をコムギ芽出し苗2本を入れたガラス管(径 $20 \times 170$  mm)を用いて個体飼育し，1日1回羽化を確認することにより，日齢の揃った未交尾雌を準備した．羽化後3~4日経過した雌を入れたガラス管に羽化後3日以上経過した雄1~2頭を放飼し，直接観察によって交尾を確認した．交尾終了後，雄を除去して，雌の個体飼育を継続し，交尾5，10，15日後に解剖して精子の有無を調査した．飼育は，25℃，16L:8D条件下で行い，コムギ芽出し苗は1日

おきに更新した。

### (3) 野外採集個体の交尾の判定

2004年6月20日に北陸研究センター内雑草地においてすくい取りを行い、雌を採集した。採集した雌は、コムギ芽出し苗2本を入れたガラス管を用いて5日間、個体飼育を行った。コムギ苗は毎日更新して産卵の有無を調査し、産下卵は湿濾紙を敷いたシャーレに移して、25℃条件下に置いた。本種受精卵は、非休眠卵の場合、25℃前後の温度では5日前後で眼点が形成される(奥山, 1982)ので、4~5日後に眼点形成の有無によって受精・未受精の判定を行った。産卵が認められた雌は、解剖して精子の有無を調査した。飼育は、全て25℃、16L:8D条件下で行った。

## 2) 結果

### (1) 解剖および精子の観察

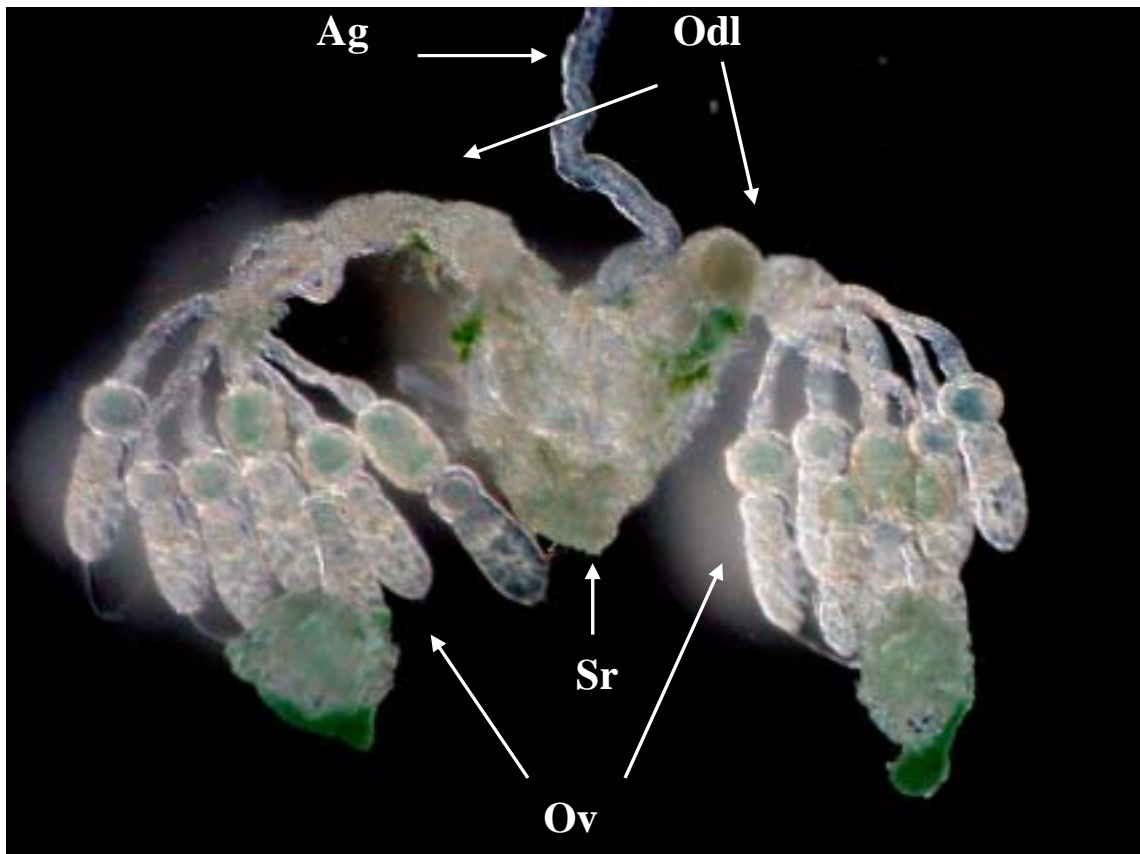
本種雌の生殖器には、左右7個ずつの卵巢小管(第32図, Ov), 2本の側輸卵管(第32図, Odl)および1本の付属腺(第32図, Ag)が認められた。側輸卵管の接続部付近には、受精嚢とみられる嚢状の器官が観察された(第32図, Sr)。また、側輸卵管の基部には、わずかにふくらんだ嚢状部分(第33図)が認められた。透過型顕微鏡下では、精子は活発に運動する糸状の構造として観察され、側輸卵管の嚢状部分に集中して存在していたが、受精嚢内には認められなかった。また、交尾直後の雌では、受精嚢が大きく膨張し、嚢内に白色球状の構造が観察されたが(第34図, Sp), 交尾後1日以上経過した個体では、受精嚢は収縮し、球状構造も認められなかった。

### (2) 交尾後日齢と精子の有無

1回交尾を行った雌の交尾後日数と精子の観察に関する試験結果を第17表に示した。交尾5日後では、20個体中19個体、10日後では20個体中15個体、15日後においては、13個体中12個体で精子が確認された。

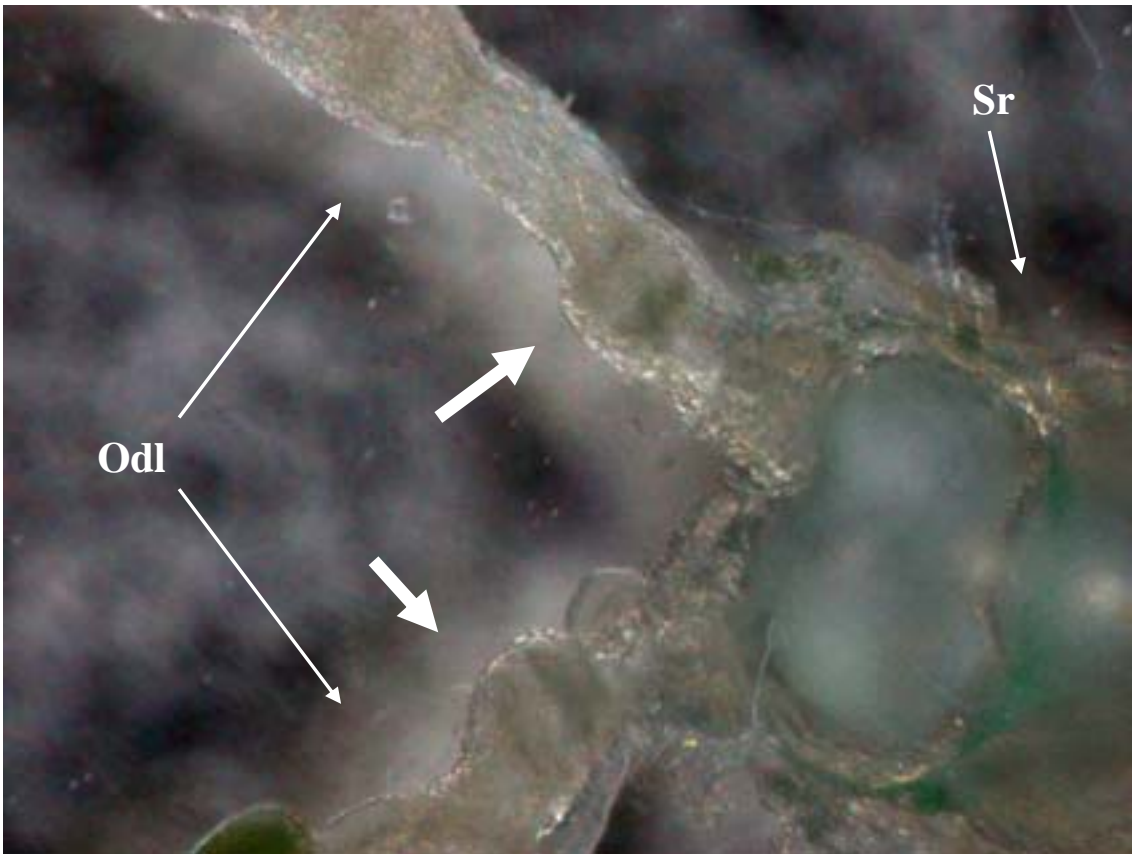
### (3) 野外採集個体の交尾の判定

採集した 56 個体中，飼育を行った 5 日間に産卵が認められたものは 48 個体であった。受精卵の産下が認められた個体は 23 個体であり，その全てにおいて精子が観察された（第 18 表）。未受精卵のみを産下した 25 個体においては，精子は確認されなかった。



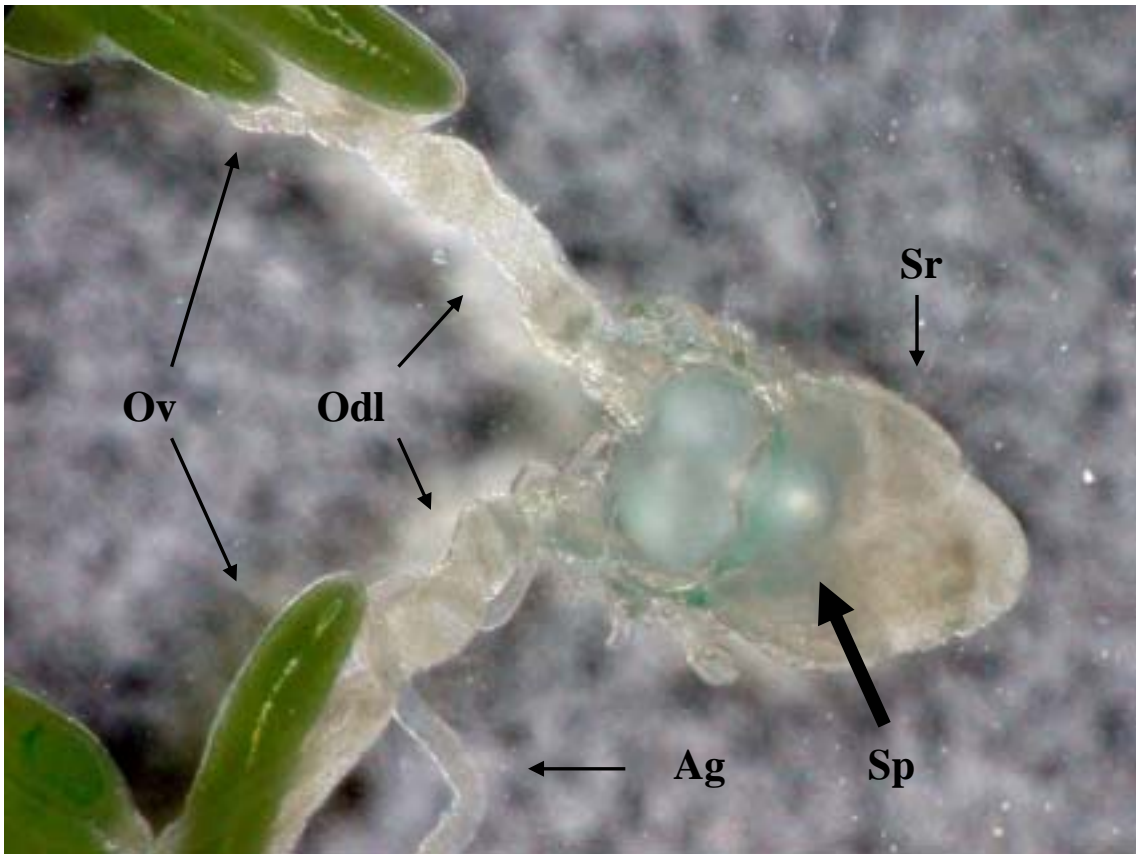
第 32 図 アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の生殖器

Ag : 付属腺、Ov : 卵巢小管、Odl : 側輸卵管、Sr : 受精囊



第 33 図 アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の側輸卵管基部の嚢状部分

OdI : 側輸卵管、Sr : 受精嚢



第 34 図 交尾直後のアカヒゲホソミドリカスミカメ雌の生殖器

Ag : 付属腺、Ov : 卵巢小管、Odl : 側輸卵管、Sr : 受精囊、Sp : 球状構造



第17表 アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の交尾後日数と精子確認状況

交尾後日数	供試雌数	精子確認雌数	精子確認雌率(%)
5	20	19	95
10	20	15	75
15	13	12	92

第 18 表 野外から採集したアカヒゲホソミドリカスミカメ雌の受精卵の産下と精子の有無

受精卵産下の有無	解剖雌数	精子の有無	
		有	無
受精卵産下	23	23	0
未受精卵のみ産下	25	0	25

### 3) 考察

オオタバコガ *Helicoverpa armigera* (豊嶋ら, 2001), コブノメイガ *Cnaphalocrocis medinalis* (Wada et al., 1980), シロイチモジヨトウ *Spodoptera exigua* (Wakamura et al., 1989), ニカメイガ *Chilo suppressalis* (田中ら, 1987), ハスモンヨトウ *Spodoptera litura* (竹内・宮下, 1975)などの鱗翅目昆虫では, 雌生殖器内の精包の有無によって既交尾・未交尾の判別が行われている。しかし, カメムシ類では, 交尾に伴う明瞭な形態的变化は報告されていない。そこで, 本研究では, 雌生殖器内の精子の確認による交尾個体の判別を試みた。本試験において, 本種既交尾雌からは, 高い確率で精子が確認され, 精子の観察により既交尾・未交尾の判別が可能であると考えられた。なお, 交尾直後の雌で認められた受精囊の膨張および囊内の球状構造(第34図)は, 実体顕微鏡下で容易に確認可能であり, 交尾を判定する指標の一つとなりうると考えられた。しかし, 交尾後1日以上経過した個体では, 受精囊は収縮し, 球状構造も観察されなくなることから, 受精囊の変化のみでは確実に交尾を判定することはできないと考えられる。

カスミカメムシ科の生殖器官の形態に関しては, *Lygocoris pabulinus* (Groot and Smid, 2000) や *Lygus hesperus* (Strong et al., 1970) などにおいて詳細に検討が行われている。これらの種では, 既交尾雌の受精囊内に精子が存在することが報告されているが, 本種においては受精囊内に精子は認められず, 精子は側輸卵管基部の囊状部分でのみ観察された。この囊状部分に関しては, カスミカメムシ科では報告がないが, ツマグロヨコバイ *Nephotettix cincticeps* において輸卵管基部の膨張部内に精子が存在することが報告されている(片山, 1975)。今回観察された囊状部分は, ツマグロヨコバイ輸卵管基部の膨張部と相同の器官であると考えられるが, 器官の名称等は不明である。この囊状部分の構造や機能に関しては, 今後, 詳細な解剖学的検討が必要であると考えられる。

野外個体を対象として交尾率を調査する場合, 交尾時期や交尾後の日齢を人為的に

制御することはできない。したがって、交尾後ある程度の期間が経過しても交尾個体を判別できることが必要である。そこで、1回交尾を行った雌を対象に、交尾後の経過時間と精子確認率の関係について調査を行った。その結果、交尾10日後において精子確認率が75%とやや低くなったが、その原因は不明である。しかし、交尾5日後では95%、交尾15日後であっても92%という高率で精子が確認されたことから、1回のみ交尾で交尾後、相当日数が経過しても既交尾個体の検出は可能であると考えられる。

本法の有効性を検証するために、野外から採集した雌について、既交尾・未交尾の判別を試みた。本章第1節において述べたように、本種雌は、未交尾であっても産卵を行う。そこで本試験では、産下卵の受精・未受精により既交尾・未交尾の判別を行い、精子の観察結果と比較検討を行った。産下卵により既交尾と判定された雌全てから精子が確認され、産下卵による判定結果と精子の観察結果は完全に一致した。このことから本法により野外個体群の交尾率を調査することは可能であると考えられた。

今回検討した手法は、比較的低倍率でかつ染色を行わない観察法であるため、精子が生存し運動していなければ確認が困難である。そのため、調査対象となる雌は生体でなければならないなど、一定の制約が存在する。しかし、本法は、特殊な機器を必要とせず、比較的簡便に未交尾、既交尾の判定が可能であり、解剖等の技術も容易に習得可能である。本種雌の交尾判定法として、試験研究現場に適用可能であると考えられる。

### 第3節 配偶行動の日周性

カスミカメムシ科に属する *Distantiella theobroma* (King, 1973), *Campylomma verbasci* (Thistlewood et al., 1989) は、雌が性フェロモンを放出して雄を誘引し、この誘引性には日周性があることが報告されている。アカヒゲホソミドリカスミカメ

においては、昼間よりも夜間に交尾が行われるとの報告 (Kakizaki and Sugie, 1997) があるが、誘引現象の日周性については明らかにされていない。そこで、野外に本種未交尾雌を誘引源としたトラップを設置し、雄の誘殺状況を時間単位で細かく調査することにより、雌による雄の誘引に日周性があるか否かを検討した。また、交尾行動の日周性についても詳細な調査を行い、本種の配偶行動における日周性について考察した。

## 1) 材料および方法

### (1) 雌の性フェロモン放出の日周性

#### 試験 - 1)

試験は、2006年に北陸研究センター内の休閑田(11.5×54 m)で行った。トラップは、本論文第3章第2節の方法に準じて淡青色の水盤を使用し、水盤内は逆性石けん水で満たした。2台のトラップを準備し、1台は本種雌、もう1台は合成性フェロモンを誘引源とした。

誘引源には、北陸研究センター内で採集し、樋口・高橋(2000)の方法により累代飼育した個体を供試した。これら飼育虫から得た羽化後3~4日経過した未交尾の雌10頭を合成樹脂製容器(7×13×9 cm)に放飼し、餌としてコムギ苗を与えた(本論文第3章第2節)。合成性フェロモンは、*n*-hexyl *n*-hexanoate, (E)-2-hexenyl *n*-hexanoate, *n*-octyl *n*-butyrateを100:40:3の比率で混合したものである(Kakizaki and Sugie, 2001)。混合した原体をヘキサンで希釈し、安定剤として酸化防止剤 butyl hydroxy toluene (BHT) 2%を加えて、フェロモン成分 0.01mg 相当をゴムキャップ (1F1888 Grey sleeve stopper, The West Company, Singapore) に含浸させた(樋口ら, 2004)。

合成性フェロモンを含浸させたゴムキャップまたは雌を入れた容器は、水盤トラップの水面上約10 cmの高さになるように針金で吊した。また、容器に直射日光が当たる

のを避けるため、容器の上部はベニヤ板（30×45 cm）で覆った。合成性フェロモンと未交尾雌を誘引源とした2台の水盤トラップを休閑田の中央部に20m間隔で設置した。2006年6月1日12時から3日12時まで2時間毎にトラップに誘殺される雄数を調査した。誘引源である合成性フェロモンを含浸させたゴムキャップおよび未交尾雌は、調査期間中交換しなかった。

#### 試験 - 2)

試験は、上記試験と同じ休閑田で行った。羽化後3~4日経過した未交尾雌10頭を誘引源とした水盤トラップを2006年6月22日8時に設置し、7月4日8時まで、4時間毎にトラップに誘殺される雄数を調査した。誘引源である雌は、2日毎に新しいものと交換した。

#### (2) 交尾行動の日周期性

試験は、ツマグロヨコバイ飼育用ケージ(34×25×34 cm, 藤原製作所)を用い、25℃、16L:8D(明期4時~20時)条件下で行った。ケージには、餌としてコムギ苗を生育させたプラスチックシャーレ(径9 cm)6枚を入れた。羽化後3日経過した未交尾雌雄各30頭をケージ内に放飼し、4時間後に交尾中の個体を計数するとともに、雌を回収した。回収した雌は、前節で述べた手法に従って生殖器内の精子の有無を調査して、未交尾、既交尾の判定を行い、回収時に交尾中であった個体とあわせて、交尾雌率を算出した。放飼開始時刻は、2時、6時、10時、14時、18時、22時とし、計6回の試験を行った。

## 2) 結果

#### (1) 雌の性フェロモン放出の日周期性

##### 試験 - 1)

合成性フェロモンを誘引源としたトラップには、6月1日の12時から18時まで、2日の6時から18時まで、3日の6時から12時まで連続的に雄の誘殺が認められた(第

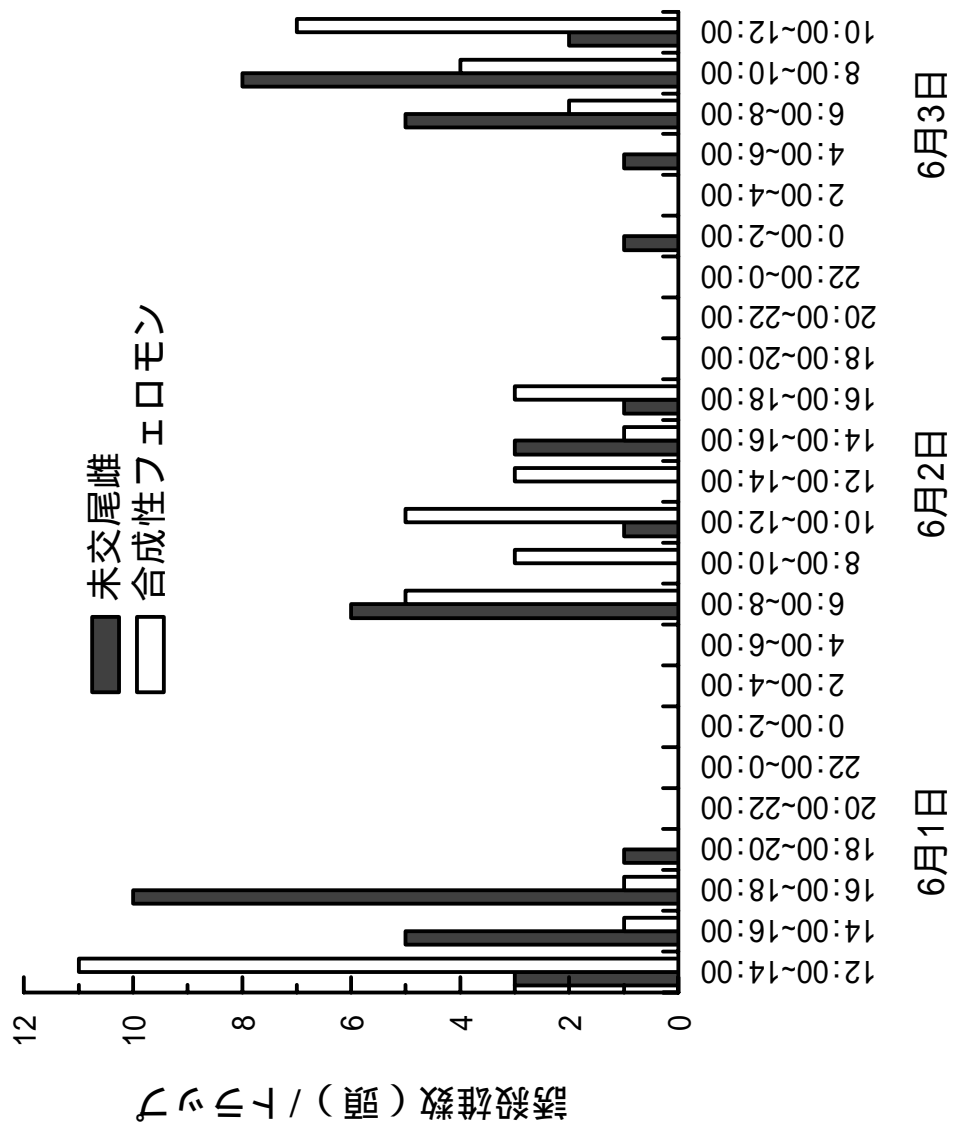
35 図). これに対して, 1 日 18 時から 2 日 6 時まで, 2 日 18 時から 3 日 6 時までには全く誘殺は認められなかった. 未交尾雌を誘引源としたトラップの誘殺も同様の傾向が認められ, 1 日 12 時から 20 時まで, 3 日 4 時から 12 時までには連続的に誘殺が認められた. しかし, 2 日の 6 時から 18 時までには誘殺されない時間帯があり, また, 3 日の 0 時から 2 時に 1 個体が誘殺された.

#### 試験 - 2)

未交尾雌を誘引源としたトラップにおいて, 6 月 22 日から 12 日間, 4 時間間隔で調査した誘殺雄数について, トラップ当たり 4 時間当たりの平均誘殺雄数を第 36 図に示した. 0 時から 4 時までに誘殺された雄数は, 12 時から 16 時までに誘殺された雄数より有意に少なかったが (Steel-Dwass 法,  $P < 0.05$ ), どの時間帯でも誘殺がみられた.

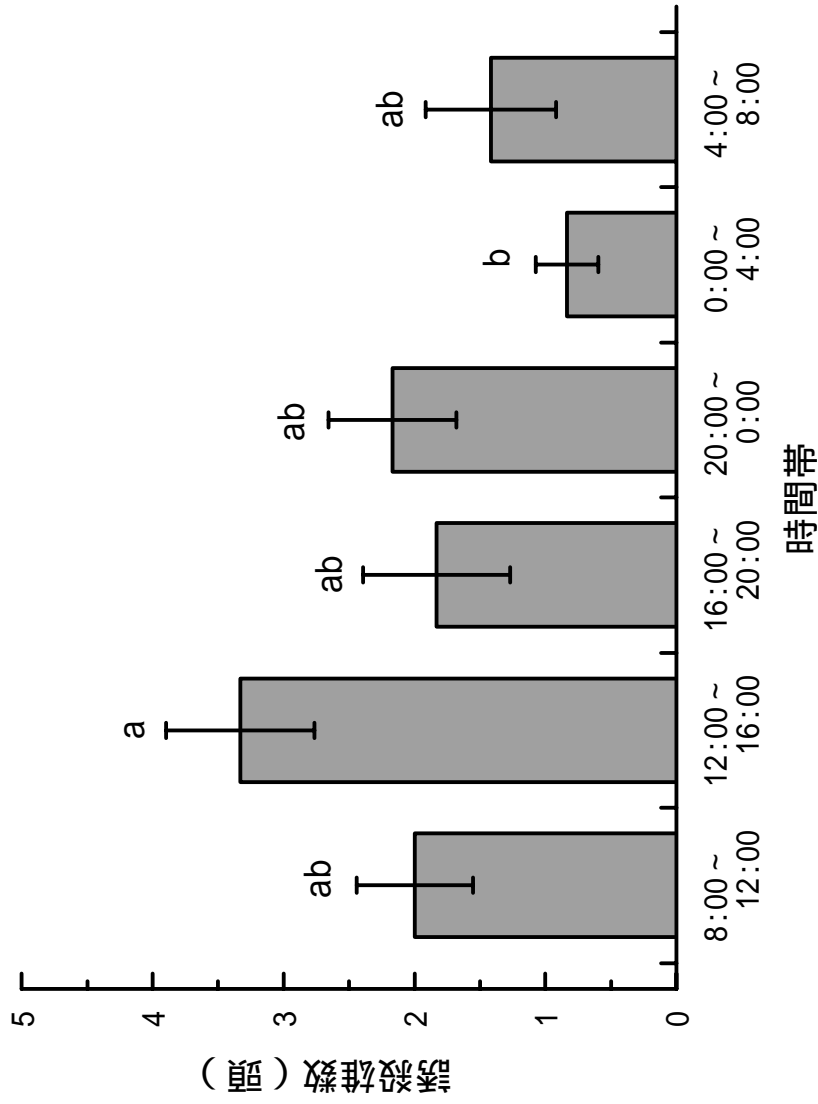
#### (2) 交尾行動の日周期性

時間帯別の交尾率を第 37 図に示した. 交尾雌率は, 61% (6 時 ~ 10 時) ~ 73% (22 時 ~ 2 時) の範囲内であり, 各時間帯における交尾雌率に顕著な違いはなく, 明期暗期による一定の傾向も認められなかった.

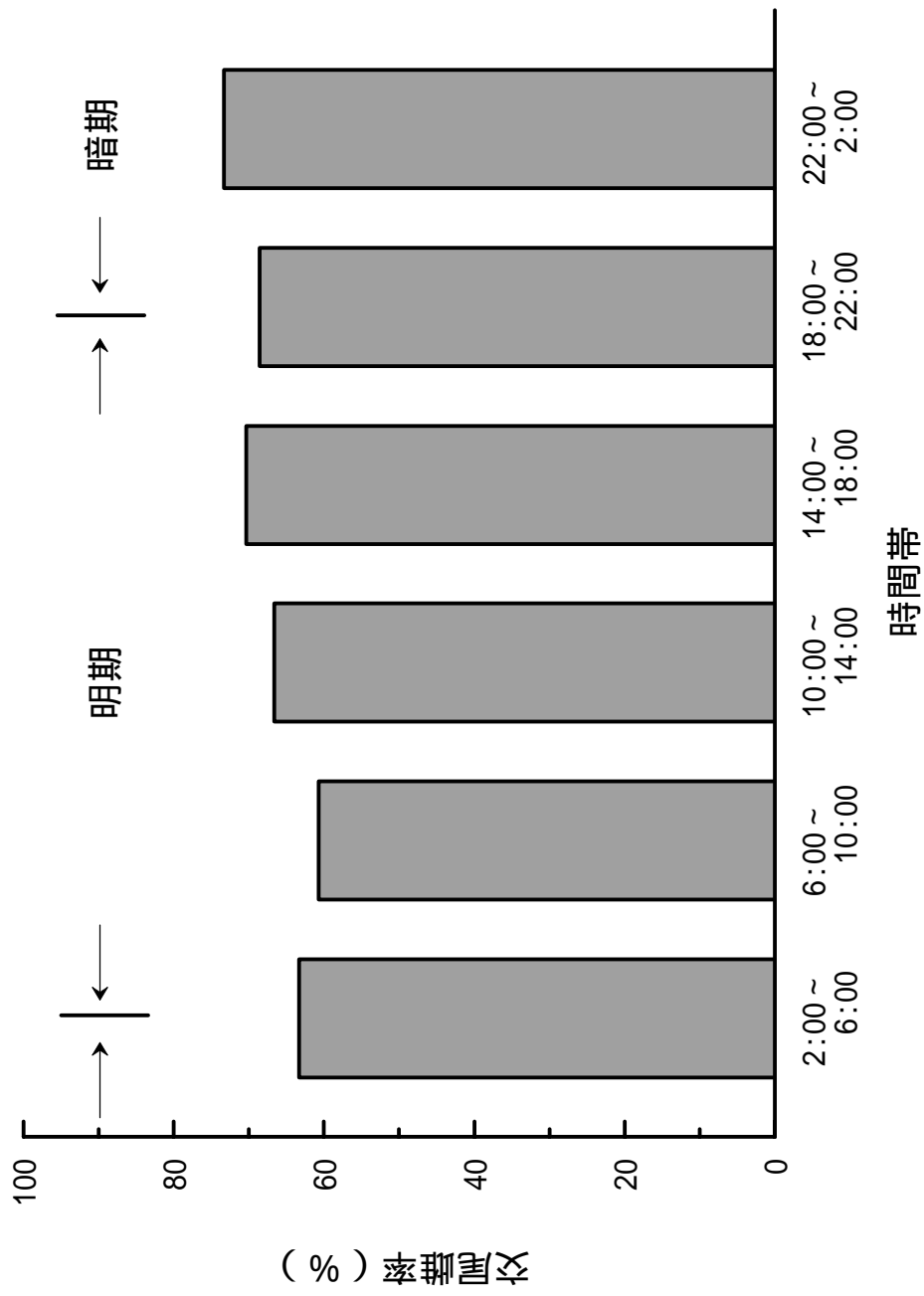


第35図 未交尾雌10頭および合成性フェロモンを誘引源とした水盤トラップにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメの時間帯別誘殺雄数

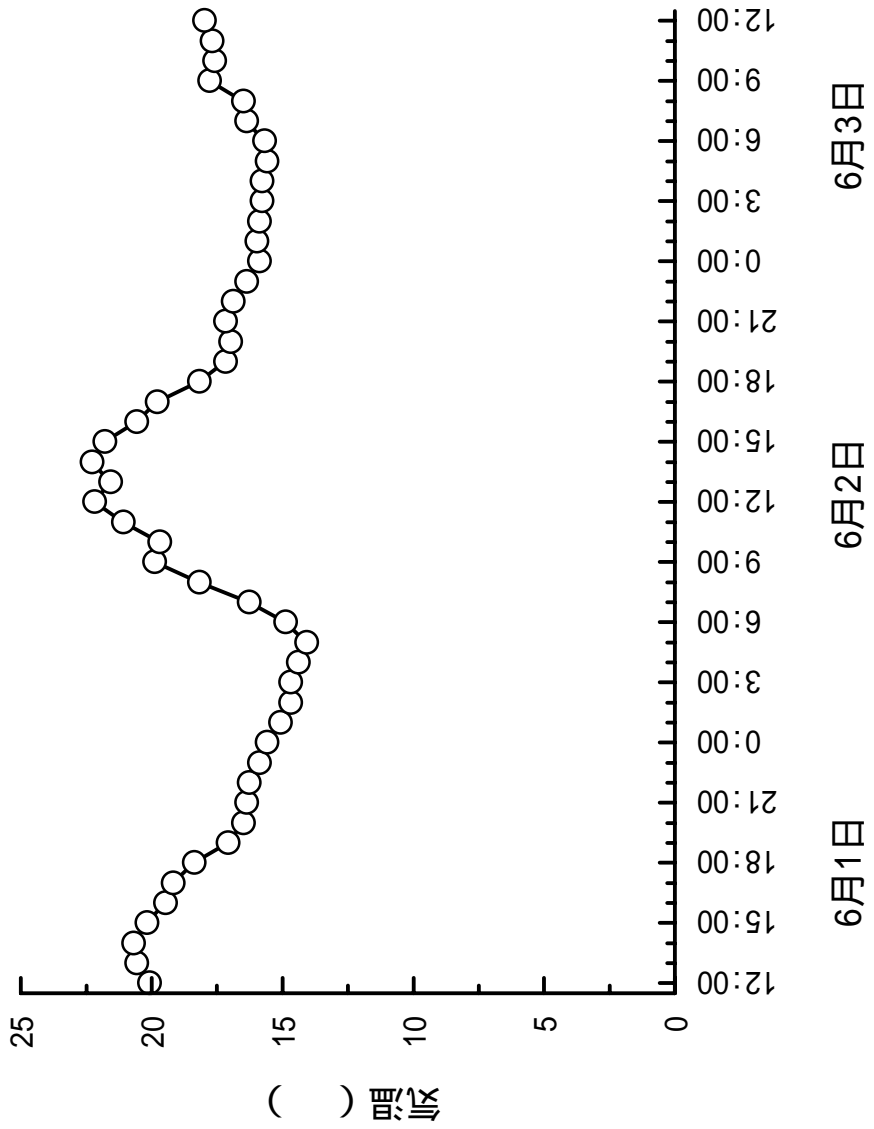




第36図 未交尾雌10頭を誘引源とした水盤トラップにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメの時間帯別誘殺雄数 (平均 ± S.E.)  
 同一英小文字は、各時間帯における誘殺雄数に有意差がないことを示す (Steel-Dwass 検定,  $P > 0.05$ ) .



第37図 アカヒゲホソミドリカスミカメ時間帯別交尾雌率



第38図 北陸研究センター気象観測露場における時刻別気温の推移

### 3) 考察

未交尾雌 10 頭を誘引源としたトラップの誘殺状況を 6 月 1 日 12 時から 2 時間間隔で調査した結果、夜間にはほとんど雄は誘殺されなかった(第 35 図)。合成性フェロモンを誘引源とした場合、フェロモンは常に放出されていると考えられる。この場合にも夜間には雄の誘殺は認められなかった(第 35 図)。これに対して、未交尾雌 10 頭を誘引源として 6 月 22 日から 12 日間、4 時間毎に誘殺状況を調査した結果、0 時から 4 時の間は誘殺雄数が減少する傾向があったが、どの時間帯でも誘殺が認められた(第 36 図)。この結果は、未交尾雌は常に性フェロモンを放出しており、雄もその性フェロモンに常に反応できることを意味している。

6 月 1 日からの調査(第 35 図)で夜間に誘殺が認められなかった原因は、本種雌雄の生理状態にあるのではなく、環境要因、特に温度が関与しているのではないかと思われる。北陸研究センター内で測定した調査期間中の 1 時間毎の気温の推移を第 38 図に示した。6 月 1 日の 19 時から気温は 18 度以下となり、23 時から 2 日の 6 時までには 16 を下まわり、最低気温は 5 時の 14.1 度であった。また、6 月 2 日の 19 時から気温は 18 以下となり、3 日 0 時から 6 時までには 16 以下で推移した。これに対して、6 月 22 日から 7 月 4 日までの調査期間中(第 36 図)は、1 時間毎の気温が 18 以下になることはなかった。石岡ら(2004)は、宙吊り飛翔法により本種の飛翔と温度の関係を調査し、雌では飛翔に関し 25 と 16 の間に差がみられ、16 では飛翔活性が低下すること、雄でも雌ほど顕著ではないが同様の傾向が認められることを報告している。また、カスミカメムシ類は、気温が 15.6 以下になると活動性が低下するため、ライトトラップにほとんど誘殺されなくなるという報告がある(Frost, 1952)。6 月 1 日からの調査で夜間に誘殺が認められなかったのは(第 35 図)、気温の低下により雄の活動性が抑制されたためであると考えられる。また、低温の影響で、雌が性フェロモンを放出しなくなった可能性も否定できない。なお、調査期間中、降雨や強風など成虫の行動を制御すると考えられるような気象要因はなかった。

以上の結果から，本種雌の性フェロモンの放出および雄の性フェロモンに対する反応に明確な日周性はないと考えられる．ただし，本試験は，野外において雌の雄に対する誘引現象を検討したものであり，性フェロモンの放出量について直接的な検討は行っていない．性フェロモンの放出量に日周性があるか否かは不明であり，今後の検討が必要であると考えられる．

Kakizaki and Sugie (1997) は，野外から採集した本種雌雄 110 対をケージに放飼し，自然日長，室温条件下で日没前の 18 時から 30 時間，交尾行動を観察した．その結果から，昼間よりも夜間に交尾が行われることを報告している．しかし，この方法では，雌雄がケージに入れられた直後に交尾が集中して起こり，試験結果をゆがめる可能性を否定できない．そこで，本研究においては，4 時間を 1 単位として時間帯別に交尾試験を行った．その結果，交尾雌率に時間帯や明期暗期による違いは認められず（第 37 図），本種の交尾行動に日周性は無いと考えられた．以上のことから，本種の配偶行動に日周性は存在せず，未交尾雌は成熟すると時間帯や昼夜に関わらず性フェロモンを放出し，成熟した雄は雌の性フェロモンに常に反応し交尾行動が成立するものと考えられる．

## 第5章 成虫の分散，定着

アカヒゲホソミドリカスミカメは，畦畔，休耕田，牧草地等で増殖し，出穂期頃に水田内に侵入し，稲穂を加害する（八谷，1999a）．したがって，本種の防除対策を講じるうえで，発生源から水田への移動実態を明らかにすることはきわめて重要である．昆虫の移動実態の調査には，虫体に標識をつけて放飼する標識再捕法が広く用いられているが，この手法を適用するためには，適切な標識法の確立が必要である．そこで，本研究では，まず，本種成虫に対する標識法について検討を行った．さらに，イタリアアンライグラス圃場において標識再捕試験を行い，本種成虫の分散，定着について検討した．

### 第1節 標識法の検討

カスミカメムシに対する標識法として，蛍光色素粉末を用いる方法が報告されているが（Khattat and Stewart，1974，1980；Fleischer et al.，1988），この方法は，色素を体表に付着させる際に虫体を傷つけたり，標識虫の行動や生存に影響を与えたりする可能性が指摘されている（Fleischer et al.，1988）．本種は，体長が雌で6.00-6.50 mm、雄で5.25-5.75 mm と小さく脆弱であるため（佐藤・安永，1999a），虫体を傷つけることなく，移動能力にも影響を与えない標識技術の確立が必要である．そこで，本研究では，Berry ら（1972）によって提案された金属元素ルビジウムを用いた標識法について検討を行った．この標識法は，ルビジウムを含む餌を摂食させて虫体内にルビジウムを取り込ませ，ルビジウム量を測定することにより標識虫を検出する手法であり，虫の体表面に直接処理をしないため，虫体を傷つけることなく標識できるという利点がある（Berry et al.，1972）．ルビジウムによる標識は，カスミカメムシ科の *Lygus lineolaris* の標識再捕試験に用いられており（Fleischer et al.，

1988), 本種においても適用できる可能性が高い。本節では, ルビジウムによる標識方法, 標識の検出方法, 標識の保持期間および標識処理の虫体への影響に関する検討結果について述べる。

## 1) 材料および方法

### (1) コムギ苗へのルビジウム散布方法

本種の飼育は, 樋口・高橋(2000)の飼育法に従い, コムギ苗を餌として行った。コムギ苗は, プラスチックシャーレ(直径9 cm)に, 育苗床土(くみあい育苗床土無肥料焼土)約70 gを入れ, 水に1時間浸漬したコムギ種子約150粒(乾燥重量約6 g)を播種し, 25℃, 16L:8Dで4日間育成したものである。

コムギ苗へのルビジウム散布は, Padgham and Cook(1984)を参考に, TritonX-100を0.1%含むルビジウム濃度 $10\text{ g l}^{-1}$ および $20\text{ g l}^{-1}$ の塩化ルビジウム5mlを1回分とし, クロマト用噴霧器(TOYO製)を用い1日2回, 2日間, 植物体に直接噴霧散布した。最後の散布24時間後に成虫を放飼した。

### (2) 虫体へのルビジウム処理方法

2001年7月から11月に北陸研究センター内のイタリアンライグラス圃場および雑草地において捕虫網で採集した5齢幼虫をコムギ苗で飼育し, 48時間以内に羽化した成虫を実験に供試した。 $10\text{ g l}^{-1}$ あるいは $20\text{ g l}^{-1}$ のルビジウム溶液を散布したコムギ苗シャーレ2枚を入れた木製のウンカ飼育用ケージ(26×38×36cm)10個に, これらの成虫をそれぞれ雌雄20-50頭ずつ放飼した。24時間後に各ケージ内のコムギ苗をルビジウムを散布していないものと交換し, 交換直後, 1日後, 2日後, 3日後, 5日後に各ケージから生存個体を取り出し, ルビジウム量測定まで冷凍保存(-15℃)した。本処理は25℃, 16L:8D条件下で行った。

野外の成虫の虫体内ルビジウム量を調べるため, 2001年6月にイタリアンライグラス圃場から雌雄各150頭を採集し, ルビジウム量測定まで冷凍保存した。

### (3) 虫体内のルビジウム量測定方法

虫体内のルビジウム量の測定は、Polavarapu ら (1992) を参考に行った。冷凍保存しておいた成虫をバイアル (10 ml) に 1 頭ずつ入れ、乾燥機で 60℃、24 時間乾燥後、60%硝酸 0.2 ml、30%過酸化水素水 0.2 ml を加え、75℃で 2 時間湯煎し、蒸発乾固させた。その後、バイアルに、セシウム  $1 \text{ g l}^{-1}$  を含む 2%硝酸を 2 ml 入れ、原子吸光分光光度計 (SHIMADZU 製 AA - 6200) で吸光度 (780 nm) を測定した。なお、本測定機器の検出限界値は  $50 \text{ mg l}^{-1}$  であり、これは上述のサンプル調整条件では、 $0.1 \mu\text{g}$ /頭に相当する。

野外で採集した成虫の虫体内ルビジウム量は、50 頭を 1 サンプルとし 3 反復で上述の方法により測定した。

### (4) ルビジウム処理による成虫への影響の調査

ルビジウム溶液を散布したコムギ苗を吸汁することにより、成虫に何らかの悪影響が現れる可能性がある。そこで、ルビジウム処理中の成虫の生存率を調査した。2001 年 7 月にイタリアンライグラス圃場および雑草地から採集した 5 齢幼虫をコムギ苗で飼育し、24 時間以内に羽化した成虫を実験に供試した。 $10 \text{ g l}^{-1}$  あるいは  $20 \text{ g l}^{-1}$  のルビジウム溶液を散布したコムギ苗 2 シャーレを入れたケージに雌雄 25 頭ずつを放飼し、24 時間後にそれぞれのケージ内の生存個体数を調査した。対照として、TritonX-100 (0.1%) のみを散布したコムギ苗について、同様の調査を行った。

次に、ルビジウム処理後の成虫に対する影響を調査するため、処理後の成虫の生存日数と雌の産卵能力を調査した。 $10 \text{ g l}^{-1}$  あるいは  $20 \text{ g l}^{-1}$  のルビジウム溶液を散布したコムギ苗および TritonX-100 のみを散布したコムギ苗それぞれ 2 シャーレを入れたケージに、野外から 5 齢幼虫を採集し 24 時間以内に成虫となった雄雌 30 頭ずつを放飼した。24 時間後に成虫を取りだし、雌雄 1 対をコムギ苗を入れた両切り試験管 (径 20 mm、長さ 170 mm) に放飼した。コムギ苗は根部を水に浸したウレタンフォーム (20 × 20 × 30 mm) で挟み試験管下部に挿入し、試験管上部はナイロンメッシュで覆った。



コムギ苗は毎日交換し、雌雄の生存日数とコムギ苗に産下されている卵数を調査した。雄が死亡した場合には、累代飼育している雄を追加した。各試験区とも 20 対について調査を行い、飼育条件は 25℃、16L : 8D とした。

## 2) 結果

### (1) 虫体内ルビジウム量の推移

10 g /-<sup>1</sup> および 20 g /-<sup>1</sup> のルビジウム処理を行った成虫の虫体内ルビジウム量を第 19 表に示した。処理直後の 1 頭当たり平均虫体内ルビジウム量は、20 g /-<sup>1</sup> 処理では、雌 6.98 μg、雄 4.91 μg、10 g /-<sup>1</sup> 処理では、雌 4.73 μg、雄 3.42 μg であった。雌雄間には、ルビジウム量に明らかな差が認められ、20 g /-<sup>1</sup> 処理では処理後 3 日目まで、雌のルビジウム量が有意に多かった（平均値の差の検定、 $P > 0.05$ ）。虫体内ルビジウム量は日数の経過とともに低下したが、20 g /-<sup>1</sup> 処理では処理後 3 日目まで、10 g /-<sup>1</sup> 処理では処理後 2 日目まで、すべての個体のルビジウム量が検出限界値（1 μg）以上であり、標識虫であることが確認できた。20 g /-<sup>1</sup> 処理では 5 日後、10 g /-<sup>1</sup> 処理では 3、5 日後に検出限界値を下まわる個体が多くなった。野外で採集した成虫の 1 頭当たりの平均ルビジウム量は、雌 0.0174 μg、雄 0.0084 μg であった。

### (2) ルビジウム処理による成虫への影響

10 g /-<sup>1</sup> および 20 g /-<sup>1</sup> のルビジウム溶液を処理したコムギに 24 時間放飼された成虫の生存率は、いずれも 90% 以上であり（第 20 表）、対照区との間に有意差は認められなかった（Fisher の正確確率検定、 $P > 0.05$ ）。ルビジウム処理後、無処理のコムギを用いて飼育した成虫の生存日数と雌当たりの総産卵数を第 21 表に示した。平均総産卵数は、20 g /-<sup>1</sup> 処理で 194.6 卵、10 g /-<sup>1</sup> 処理で 176.9 卵、無処理で 182.9 卵であり、処理区間に有意差は認められなかった（Tukey 法、 $P > 0.05$ ）。雌の平均生存日数は、20 g /-<sup>1</sup> 処理で 27.3 日、10 g /-<sup>1</sup> 処理で 24.5 日、無処理で 23.8 日、雄は 20 g /-<sup>1</sup> 処理で 28.1 日、10 g /-<sup>1</sup> 処理で 27.5 日、無処理で 27.0 日であり、雌雄とも処理区間に有意な差は見られなかった（Tukey 法、 $P > 0.05$ ）。

第19表 20g/-<sup>1</sup>および10g/-<sup>1</sup>の  
成虫 虫体内ルビジウム

溶液 24時間摂食

ルビジウム処 理後	雌雄	20 g/- <sup>1</sup>			10 g/- <sup>1</sup>		
		供試個体数	ルビジウム (g, S.D.)	/頭 <sup>a,b</sup> (%)	供試個体数	ルビジウム (g, S.D.)	/頭 <sup>a,b</sup> (%)
0	雌	58	6.98±2.22	a	13	4.73±2.20	a
	雄	42	4.91±1.31	b	12	3.42±0.72	a
1	雌	16	5.86±1.60	a	23	2.85±1.72	a
	雄	17	2.82±0.77	b	15	2.42±0.96	a
2	雌	34	2.69±1.78	a	18	1.36±0.62	a
	雄	29	1.80±0.77	b	28	1.33±0.62	a
3	雌	19	0.97±0.73	a	44	0.61±0.41	a
	雄	36	0.64±0.35	b	20	0.45±0.32	a
5	雌	19	0.18±0.07	a	35	0.37±0.51	a
	雄	24	0.20±0.07	a	30	0.23±0.11	a

<sup>a</sup>同一英小文字 雌雄間 有意差 (平均値 検定,  $P > 0.05$ ).

<sup>b</sup>ルビジウム 0.1μg以上の量のは

第20表 ルビジウム 散布	に した		24時間後 生存率	
	雌	雄	雌	雄
(g/l <sup>-1</sup> )	供試個体数	生存率	供試個体数	生存率
20	25	100.0 n.s.	25	96.0 n.s.
10	25	92.0 n.s.	25	96.0 n.s.
対照区	25	92.0	25	92.0
n.s.は		Fisher の		$P > 0.05$ ).

第21表 ルビジウム た 24時間摂食

散布 (g/- <sup>1</sup> )	供試対数	産卵数/雌 <sup>a</sup> ( S.D.)	生存日数		S.D.) <sup>a</sup>
			雌	雄	
20	20	194.6 ± 52.9 a	27.3 ± 5.2 a	28.1 ± 5.7 a	
10	20	176.9 ± 45.6 a	24.5 ± 3.5 a	27.5 ± 6.4 a	
対照区	20	182.9 ± 69.0 a	23.8 ± 5.3 a	27.0 ± 6.1 a	

<sup>a</sup>同一英小文字 処理区間 有意差 有 (Tukey法,  $P > 0.05$ ).

### 3) 考察

ルビジウムによる標識においては，野外虫と標識虫を識別する基準として，野外虫のルビジウム量の平均値に標準偏差を3倍したものを足した値を用いる方法が広く用いられている(Stimmann, 1974; Hopper and Woolson, 1991; Polavarapu et al., 1992; Van Steenwyk et al., 1992; Fleischer and Kirk, 1994). しかし，本調査においては，アカヒゲホソミドリカスミカメ野外成虫1頭当たりの虫体内ルビジウム量は測定機器の検出限界を下回り，個体ごとに測定を行うことができなかった．そのため，標識虫と野外成虫との判別基準を，測定機器の検出限界値である  $0.1 \mu\text{g}/\text{頭}$  に設定した．この基準値以上のものを標識虫と見なした場合， $20 \text{g}/^{-1}$  処理においては処理後3日目まで， $10 \text{g}/^{-1}$  処理では2日目までは，すべての虫が標識虫としての利用が可能であった．

虫体内ルビジウム量の減少パターンは，昆虫の種類，餌の種類，餌への処理濃度によって異なる．本種のように虫体内のルビジウム量が速やかに減少する例として，エンドウヒゲナガアブラムシ *Acyrtosiphon pisum* では4日後に(Frazer and Raworth, 1974)，カスミカメムシ科の *L. lineolaris* では2~4日で虫体内のルビジウムを検出できなくなることが報告されている(Fleischer et al., 1986)．これに対して，テントウムシ科の *Epilachna varivestis*，チチュウカイミバエ *Ceratitis capitata* では，成虫体内のルビジウム量は高いレベルで30日間以上維持され(Shepard and Waddill, 1976; Van Steenwyk et al., 1992)，ゾウムシ科の *Anthonomus grandis* では，少なくとも3ヵ月間は野外で標識虫の追跡調査が可能である(Wolfenbarger et al., 1982)．Mitchell et al. (1982) は，虫体内のルビジウム量の保持期間は成虫期に摂食量の多い種で短くなると考察している．アブラムシやカスミカメムシは成虫期にも幼虫期と同様に摂食を続けることから，ルビジウムの保持期間が短いのではないかと考えられる．

アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の虫体内平均ルビジウム量は，雌の方が雄より

多い傾向があり， $20\text{ g l}^{-1}$  処理区では処理後 3 日目まで雌の方が有意に多かった．虫体内のルビジウム量が雄よりも雌で多くなるのは一般的な現象であり (Knight et al., 1989)，ヤガ科の *Trichoplusia ni* (Stimmann, 1974) やハマキガ科の *Platynota idaeusalis* (Knight et al., 1989) では，雌の卵巣や卵にルビジウムが取り込まれることが関係するとの報告がある．また，Fleischer ら (1986) は，カスミカメムシ科の *L. lineolaris* では雌雄の体サイズの違いに起因するとしている．本種についても，雌の方が大きいこと (佐藤・安永, 1999a) が虫体内ルビジウム量の雌雄差の一つの要因ではないかと考えられる．

ルビジウムを昆虫の標識に利用する場合，虫体内にルビジウムを取り込ませることにより，その後の行動や生存，繁殖能力に何らかの影響が出ることは避けなければならない．ルビジウムは，一般に動植物に対する毒性は低く，昆虫に対して悪影響は少ないとされている (Polavarapu et al., 1992)．しかし，ハマキガ科の *P. idaeusalis* では，ルビジウム濃度  $6\text{ g l}^{-1}$  の人工飼料を与えた場合，幼虫の発育が遅延し，雌の生存日数と産卵数が減少することが報告されている (Knight et al., 1989)．アカヒゲホソミドリカスミカメの場合，24 時間のルビジウム処理中の成虫の生存率は，対照区と差が認められなかった (第 20 表)．また，処理後の成虫の生存日数と雌当たりの総産卵数に有意差は認められなかった (第 21 表)．したがって，今回試みた処理方法でアカヒゲホソミドリカスミカメに対するルビジウムの虫体への影響はないものと結論できる．

ルビジウムによる標識法は，直接虫体に触れないため，本種のように小さく脆弱な虫に対しても虫体を傷つけることがない．また，ルビジウム溶液を散布した植物を餌として与えるだけで，一度に大量の虫に標識することが可能である．成虫のルビジウムの保持期間が短いという問題点もあるが，寄主植物の刈り取り後の移動や，様々な生育段階の寄主植物に対する選好性を調査するためには利用できると考えられる．

## 第2節 牧草地における分散，定着

アカヒゲホソミドリカスミカメは、飛翔能力が高く、移動性に富むと考えられているが(八谷, 1999a), 移動実態に関する直接的な検討は十分行われていない。本研究では、好適な寄主植物と考えられるイタリアンライグラス圃場において、標識再捕試験を行い、本種成虫の分散，定着について検討を行った。

### 1) 材料および方法

#### (1) 標識法

本種成虫の標識は、本章第1節で述べた方法に従い、ルビジウム処理を施したコムギ苗を摂食させることによって行った。コムギ苗は、プラスチックシャーレ(直径 9 cm)に播種し、25℃, 16L:8D で4日間育成したものをを用いた。ルビジウム処理は、ルビジウム濃度 20 g/l<sup>-1</sup>の塩化ルビジウム溶液をクロマト用噴霧器( TOYO 製)を用いて1シャーレ当たり 5 ml, コムギ苗に直接噴霧散布することによって行った。ルビジウム溶液の散布は、1日2回、2日間にわたって行った。木製のウンカ飼育用ケージ( 36 × 25 × 37 cm)に成虫 100~200 頭前後を放飼し、ルビジウム処理を行ったコムギ苗 4 シャーレを与えて、25℃, 16L:8D 条件下で24時間飼育を行い、標識虫とした。

#### (2) 標識虫の放飼および捕獲

2002年、2003年の2年間、北陸研究センター内のイタリアンライグラス圃場において標識虫の放飼・捕獲試験を行った。イタリアンライグラス(品種:ナガヒカリ)は、前年の秋に播種し、肥培管理は慣行に従った。

2002年; イタリアンライグラス圃場(約 25 × 50 m)の中央部に 4 × 4 m の調査区画を設定した。7月25日に調査区を除く圃場全体から、捕虫網によるすくい取りによって成虫を採集した。採集虫はルビジウムによる標識を施した後、雌雄別に計数し、7月26日に調査区画の中央に放飼した。放飼にあたっては、標識虫を入れた木製のウン

力飼育用ケージの開口部を上に向けて静置し，静かに蓋を取り去ることにより自然分散させた．放飼 1 日後および 2 日後の午後 1 時から 3 時の間に，捕虫網（径 36 cm，柄 90 cm）による調査区内の 20 回振りすくい取りを行って成虫を採集し，冷凍保存（-15℃）した．なお，当該圃場は 5 月 24 日，6 月 25 日にイタリアンライグラスの刈り取りを行った．

2003 年； イタリアンライグラス圃場（約 25×50 m）を 25×25 m の 2 区に分割し，刈り取り時期の異なる試験区を設定した．両区とも 5 月 23 日に 1 回目の刈り取りを行った後，A 区は 6 月 9 日，7 月 10 日，B 区は 6 月 25 日にそれぞれ刈り取りを行った．両区とも中央部に 4×4 m の調査区画を設け，6 月 21 日，7 月 17 日，30 日に 2002 年と同様の方法により，標識虫を放飼し，1，2 日後に捕獲を行った．なお，標識のための成虫は，A，B 両区を区別せず，調査区画を除く圃場全体から採集した．

### （3）標識虫の判別

捕獲した成虫の標識の有無の判定は，虫体内ルビジウム量を個体単位で定量することによって行った．虫体サンプルは，60℃で 24 時間乾燥後，60% 硝酸および 30% 過酸化水素水各 0.2 ml を加えて 75℃で 2 時間湯煎した後，セシウム 1 g/l を含む 2% 硝酸 2 ml に再溶解し，原子吸光分光光度計（SHIMADZU 製 AA-6200）で 780 nm の吸光度を測定した．標識虫の判定基準は，本章第 1 節に従い，0.1 μg/頭とした．

### （4）個体群パラメータの推定

標識虫放飼後に行った 2 回のすくい取りにおいて捕獲された標識虫，非標識虫の個体数に基づき，個体群パラメータの推定を行った．推定には，サンプリング時の捕獲効率を一定と仮定する Yamamura(2003)のモデル B を適用し，最尤推定式により，標識虫の日当たり生残率，1 回目再捕獲時の非標識個体数および標識虫の捕獲効率を算出した．生残率とは，放飼された標識虫のうち再捕獲時まで生存し，かつ調査区画内に留まっていた個体の割合であり，捕獲効率とは，調査区画内の個体数に占める捕獲された個体の割合である．



## 2) 結果

標識再捕試験における放飼標識個体数，放飼後に捕獲された標識個体数および非標識個体数を第 22 表に示した．再捕獲された標識個体の割合（再捕率）は，2003 年 7 月 17 日放飼の A 区において，雌 0.04，雄 0.06 と極端に低く，2003 年 6 月 21 日放飼 A 区において雌 0.47 と高かったのを除き，概ね 0.2～0.3 であった．

個体群パラメーターの推定結果を第 23 表に示した 2003 年 7 月 17 日放飼の A 区は，雌雄とも 2 回目のサンプリング時に標識虫が全く捕獲されなかった（第 22 表）ため，個体群パラメーターの推定を行うことができなかった．日当たり生残率の推定値は，雌 0.44～1.05，雄 0.33～0.71 であり，いずれの試験においても雌の生残率が雄の値を上回った．捕獲効率は，雌 0.11～0.35，雄 0.17～0.53 であり，雄が雌に比較して捕獲効率が高い傾向が見られた．また，2002 年 7 月 26 日放飼の雌および 2003 年 7 月 30 日放飼 B 区の雌雄において，捕獲効率は 0.2 以下と低くなった．1 回目の再捕獲時における非標識個体数の推定値は 雌 65.5～1701.6 頭 雄 156.9～727.7 頭であった．

第 22 表 標識再捕試驗  
標識

放飼年月日	試驗区	雌雄	$M_0$	$m_1$	$m_2$	$u_1$	$u_2$	標識個体	再捕率
2002/7/26		雌	789	102	59	136	142		0.20
		雄	380	79	16	229	191		0.25
2003/6/21	A	雌	145	38	30	73	40		0.47
		雄	189	28	10	83	80		0.20
	B	雌	148	32	14	23	16		0.31
		雄	197	26	10	46	42		0.18
2003/7/17	A	雌	201	7	0	53	19		0.04
		雄	218	13	0	105	52		0.06
	B	雌	203	31	9	215	83		0.20
		雄	222	39	6	347	141		0.20
2003/7/30	A	雌	230	42	19	91	105		0.27
		雄	232	46	14	181	192		0.26
	B	雌	266	30	28	200	225		0.22
		雄	269	32	19	131	208		0.19

$M_0$ : 放飼標識個体数,  $m_i$ :  $i$  回目 捕獲

$u_i$ :  $i$  回目 捕獲

第 23 表 標識再捕試験

個体群

放飼年月日	試験区	雌雄	$U_1$	$\sqrt{V(U_1)}$		$\sqrt{V(\quad)}$	$\rho$	$\sqrt{V(\rho)}$	XJ 後日数
2002/7/26		雌	727.0	152.0	0.71	0.09	0.18	0.04	31
		雄	443.9	77.4	0.41	0.05	0.51	0.08	31
2003/6/21	A	雌	276.6	80.4	1.05	0.17	0.25	0.07	12
		雄	263.3	91.0	0.51	0.12	0.29	0.10	12
	B	雌	65.5	22.8	0.65	0.12	0.33	0.10	29
		雄	156.9	63.3	0.52	0.13	0.26	0.10	29
2003/7/17	A	雌	-	-	-	-	-	-	7
		雄	-	-	-	-	-	-	7
	B	雌	587.0	182.3	0.44	0.10	0.35	0.11	22
		雄	628.8	148.1	0.33	0.06	0.53	0.13	22
2003/7/30	A	雌	301.2	85.1	0.64	0.11	0.29	0.08	20
		雄	441.6	107.1	0.50	0.08	0.39	0.10	20
	B	雌	1701.6	606.5	1.05	0.23	0.11	0.04	25
		雄	727.7	251.8	0.71	0.16	0.17	0.06	25

$U_1$  : 1 回目

$V(U_1), V(\quad), V(\rho): U_1, \quad, \rho$

・ : 標識個体 日当 生残率 .  $\rho$  : 捕獲効率 .

### 3) 考察

今回行った標識再捕試験は、標識方法としてルビジウムによる体内標識を用いたことから、単一の標識であること、捕獲個体は個体群から除去されることなどの制約があり、適用可能な個体群パラメーターの推定方法は自ずから限定される。Yamamura(2003)は、このような‘single mark-release experiment’における簡便な個体群推定方法として2つのモデルを提起している。このうちモデルAは、調査期間中の個体数が常に一定であること、すなわち除去・移出などによる減少は移入等により補われることを前提としている。しかし、本試験は調査間隔が1日間と短いため、初回の捕獲による個体の除去が2回目の捕獲時までには補われるとは考えにくい。そこで、もう一方のモデルであるモデルBの適用を検討した。

Yamamura(2003)は、モデルBの前提として、(1) サンプルング時の捕獲効率が一定であること、(2) 放飼した標識虫の生残率、すなわち調査区画に生きて留まっている割合が調査期間を通じて一定であること、(3) 標識の脱落がないことの3条件をあげている。本調査では、捕虫網によるすくい取りによって再捕獲を行ったが、すくい取り効率は、植生の状態や気象等の影響を受けると考えられる。八谷(1984)は、本種のすくい取り効率と気象条件について検討を行い、風力、気温、天気のうち、風による影響が最も大きいとしている。本試験では、全調査を通じて再捕獲時に強風は観測されず、捕獲効率の変動は少なかったものと考えられる。(2)に関しては、調査期間が2日間と短いことから、標識虫の生存や分散に関わる要因に大きな変化はなかったと判断した。また、本試験におけるルビジウム処理条件では、標識後3日目まで標識虫を100%検出可能である(本章第1節)。本試験では、標識後2日以内の個体を調査対象としており、標識が脱落した可能性は低い。以上のことから、本試験結果は、モデルBの前提条件を満たしていると考えられる。

推定された個体群パラメーターのうち生残率は、放飼標識虫が生存し、かつ調査区画内に留まっていた割合を表している。調査期間中の標識虫の生存率は明らかではな

いが、2 日間の調査中に極端に死亡率が高くなった可能性は低く、生残率は調査区画における標識虫の残留比率にほぼ等しいと考えられる。また、算出された生残率は、標識個体の数値であるが、本試験では調査圃場から捕獲された個体を標識して放飼していることから、標識個体と非標識個体の間に生残率に差はないとみなすことができる。これらのことから、ここでは、生残率を調査圃場における本種成虫の定着性の指標として扱った。

日当たり生残率の推定値は、2003 年 6 月 21 日放飼の A 区および 2003 年 7 月 30 日放飼の B 区において、雌はほぼ 1.0 に等しいきわめて高い値を示した（第 23 表）。この結果は、本種雌がイタリアンライグラス圃場において、強い定着性を持ちうることを示している。小林・菊地（2004）は、イタリアンライグラス圃場において粉末蛍光顔料を用いた本種の標識再捕試験を行い、日当たり生残率は最大で 1.03 であったと報告している。この数値は、雌雄をこみにしたものであるが、本試験同様、強い定着性の存在を示唆している。イタリアンライグラスは、本種の好適な寄主の一つとされており（八谷，1999a）、本種成虫、特に雌は、好適な生息環境においては、分散よりも定着する傾向が強いのではないかと考えられる。

2003 年に実施した試験では、刈り取り時期の異なる試験区を設定し、寄主植物の状態と成虫の定着性について検討を行った。しかし、刈り取り後の日数と生残率の間に一定の傾向を見いだすことはできなかった。例えば、2003 年 7 月 17 日放飼の B 区、2003 年 7 月 30 日放飼の B 区では、刈り取り後日数の違いはわずか 3 日であるが、雌の生残率は 7 月 17 日放飼で 0.44、7 月 30 日放飼で 1.05 と大きく異なった。生残率の違いが何に起因するかは不明であるが、試験実施時の成虫の日齢や生理状態が影響を与えている可能性が考えられる。宙吊り飛翔法による本種雌の飛翔活性は、羽化後 3 日前後に高まることが報告されており（後藤・樋口，2004）、10 分以上の連続飛翔を行う雌は、羽化後 2～3 日齢にのみ認められるとの報告もある（菊地ら，2004a）。また、カスミカメムシ科の *L. lineolaris* では、連続飛翔時間は未成熟個体よりも成熟した

個体において長く、移動分散の主体は若い蔵卵した雌であるとされている (Stewart and Gaylor, 1994). 本試験では、標識虫の日齢や交尾の有無等は調査しておらず、今後は成虫の生理状態や日齢等についても検討する必要があると考えられる。

2003年7月17日放飼のA区においては、標識虫の再捕率はきわめて低く、2回目の捕獲で標識虫が1頭も捕獲されなかったため(第22表)、個体群パラメータを推定することができなかった。再捕率が低下した要因として、標識虫の移出と死亡の2つが考えられるが、非標識虫が一定数捕獲されていることから、標識虫の死亡率が極端に高かったとは考えにくい。したがって、再捕率の低下は、標識虫の調査区画からの移出が主要因ではないかと考えられる。2003年7月17日のA区は、刈り取りから7日後に放飼を行っており、イタリアンライグラスは十分に再生しておらず、このことが成虫の移動分散を促進した可能性が高い。ワタ *Gossypium hirsutum* を加害するカスミカメムシ科の *L. lineolaris* は、寄主植物であるヒメジョオンの刈り取りによって、きわめて速やかにワタへと移動する (Fleischer et al., 1988)。本種も寄主植物の刈り取り等により生息環境が悪化した場合は、活発に移動分散を行うものと考えられる。ただし、刈り取り12日後に放飼を行った2003年6月21日A区では、雌はきわめて高い定着性を示しており、イタリアンライグラスにおける刈り取り後の定着性の低下は、比較的速やかに回復するのではないかと考えられる。

本試験は、捕虫網によるすくい取りで再捕獲を行ったが、捕獲効率は、雌 0.11~0.35、雄 0.17~0.53 であり、雄が雌に比較して捕獲効率が高い傾向が見られた(第23表)。水田における本種のすくい取り調査では、雌よりも雄の方が捕獲数が多く、捕獲消長も明確であることが指摘されており(石本, 2004)、本種は雌よりも雄の方が捕獲されやすいと考えられる。現在、本種の発生予察は捕虫網によるすくい取り調査を主体として行われているが、調査結果の解釈に当たっては、雌雄間の捕獲効率の違いに注意を払う必要がある。捕虫網による捕獲数が雄にかたよることは、カスミカメムシ科の *Lygus hesperus* においても報告されているが (Bancroft, 2005)、捕獲効率の雌雄

間差が何に起因するかは不明である．行動や寄主植物上の生息部位の違いなどが関与している可能性があり，今後の検討が必要であると考えられる．

八谷(1984)は，水田において本種の捕虫網によるすくい取り効率の検討を行い，10～20%という数値を得ている．一方，小林・菊地(2004)は，水田におけるすくい取り効率は32～53%，イタリアンライグラス圃場では16～59%（平均40.5%）と推定している．本試験における推定捕獲効率は，これら既報の中間的な値であった．小林・菊地(2004)は，高い捕獲効率が得られた原因として，16 m<sup>2</sup>当たり60回振りという，緻密なすくい取りを行ったことをあげている．しかし，本試験におけるすくい取り回数は，16 m<sup>2</sup>当たり20回振りであり，八谷(1984)の6.7 m<sup>2</sup>当たり10回振りよりも，単位面積当たりのすくい取り回数は少ない．したがって，単位面積当たりのすくい取り回数では，捕獲効率の違いを説明できないと考えられる．本試験および上述の既報は，試験方法，捕獲効率の推定方法が異なり，いずれの結果がより実態に近いのか，判断することは困難である．捕虫網による本種成虫の捕獲効率については，さらに詳細な検討が必要であると考えられる．

後藤・樋口(2004)は，宙吊り飛翔法による飛翔能力の測定結果をもとに，本種は長距離を移動するタイプの昆虫ではなく，生息地内あるいは食草間で短距離の飛翔を繰り返すタイプであると考察している．一方，菊地ら(2004)は，本種は生息地における短距離の飛翔 trivial flight のみではなく，分散につながる長距離飛翔 true flight も行うとしている．本種と同属の *T. brevipes* , *T. uhleri* が海岸から4.8 kmの海洋上で捕獲されたとの報告もあり(MacCreary, 1965)，本種が高い移動能力を持つ可能性は否定できない．本試験は，4×4 m という小面積で行ったものであり，再捕獲された標識虫はほとんど移動しなかったと考えられるが，試験区画から移出した個体がどの程度移動したかは不明である．野外における本種成虫の移動距離については，これまで実証的な研究は行われておらず，今後の検討課題であると考えられる．

## 第6章 総合考察

本研究では、斑点米カメムシ類の一種であるアカヒゲホソミドリカスミカメを対象として、発生生態、基礎的生態に関する一連の調査を行った。第2章では、越冬態の主体は休眠卵であること、秋季に休眠卵を産下する植物種を明らかにした。また、休眠卵の覚醒に必要な温度、期間を明らかにするとともに、新潟県上越市における休眠からの覚醒時期を野外試験において確認した。第3章では、新潟県における年間世代数、各世代の発生時期を明らかにするとともに、各世代の発生時期は越冬世代成虫の初確認日を起点として有効積算温度による推定が可能であることを示した。また、水田においては、第1世代成虫の発生盛期に成虫が侵入するが、次世代幼虫は発生せず、その後、水稻の出穂直後に第2世代を主体とする成虫が侵入し、イネの登熟中後期に幼虫が増殖することを明らかにした。第4章では、雌の交尾可能日齢、交尾回数、交尾と産卵の関係を調査し、雌は複数回の交尾を行うが、産卵前期間中の交尾のみでも生涯にわたって受精卵の産下が可能であることを明らかにした。また、雌による雄の誘引現象および交尾行動に日周性は認められず、本種は配偶行動に日周性を持たないことを示した。第5章では、牧草地における成虫の定着性について検討を行い、雌は定着性が強いことを明らかにした。総合考察では、これらの知見を元に本種の生活史戦略について考察するとともに、残された問題点を以下に整理する。

本研究において、アカヒゲホソミドリカスミカメ休眠卵は10℃以下の低温に120日間以上さらされることにより休眠が消去されることが明らかになった(第2章第3節)。一方、本種成虫が休眠卵を産下する臨界日長は、新潟県上越市の個体群では13時間と14時間の間にあることが報告されている(樋口・高橋, 2005)。これらの結果から、本種の季節適応について考察する。

本種雌は、新潟県上越市において日長が14時間以下となる9月上旬以降に休眠卵を産下し、9月下旬には産下卵のほぼ100%が休眠卵となる(樋口・高橋, 2005)。第



2章第1節において述べたように、本種は成虫および幼虫態では越冬できず、10月以降に孵化した幼虫が休眠卵を産下できる可能性も低い。越冬のためには10月以降は休眠卵を産下することが必要であり、14時間以下の日長で休眠卵を産下するという光周反応は新潟県における季節推移に合致したものと言えよう。また、休眠卵の休眠消去には、長期の低温期間が必要であるが、新潟県上越市における平均気温は11月から3月まで10℃以下であり、10℃以下、120日間以上という休眠発育に必要な条件は満たされている。以上のことから、本種は休眠卵産下を誘起する日長条件および休眠消去に必要な温度、期間から見て、新潟県における越冬に適応していると判断される。

しかし、休眠卵の産下にはなお不明な点が残されている。本種雌による休眠卵の産下は、日長と温度とによって左右され、短日条件であっても高温では休眠卵率が低下する(樋口・高橋, 2005)。このことは、本研究において、秋季の高温によると考えられる第5世代幼虫の発生という形で確認されたが(第3章第3節)、このような高温に対する反応が持つ適応的な意味は不明である。一般に昆虫の発育零点は、寒地系の種で低く、熱帯系の種で高い傾向があるとされている(内田, 1957)。奥山(1975)は本種の発育零点が他の寒地系水稻害虫とほぼ類似した値を示すことから、本種は比較的低温環境に適応した種類であるとしている。寒冷地では通常、短日条件下で異常な高温にさらされることはない。したがって、短日、高温条件における非休眠卵の産下は、一種の生理的異常現象であると考えられることもできるが、何らかの適応現象である可能性も否定できない。また、本種は長日条件の6、7月に休眠卵を産下する個体が存在することが報告されている(Kudo and Kurihara, 1988; 樋口・高橋, 2005)。Kudo and Kurihara(1988)は、6、7月の休眠卵産下を誘起する要因として、不適当な餌条件、すなわち餌条件の劣化をあげている。しかし、この時期に産下された休眠卵がいつ覚醒するかは明らかにされておらず、このような長日条件における休眠卵の産下が、不適当な環境からのエスケープであるか否かは不明である。

本種は、1990年代に東北および北陸地域において急激に発生量が増加し、北日本が

ら北陸地域における斑点米カメムシ類の主要種となった(渡邊・樋口, 2006)が, それ以外の地域における被害の報告は少ない. 本種による被害がこれらの地域にほぼ限定されている原因は明らかではないが, 第2章第3節において論じたように, 休眠や越冬に関わる形質が関与している可能性も考えられる. 今後の本種の全国的な発生動向を考える上で, 休眠卵産下の誘起と休眠卵の覚醒についてさらに詳細な検討が必要であると考えられる.

本研究により, 新潟県における本種の周年の発生消長が解明され, 各世代の発生時期が明らかになった(第3章第2節, 第3節). さらに, 発育零点および有効積算温度に基づいて, 気温により各世代の発生時期を予測できることが明らかになり(第3章第3節), 発生の時期的な側面についてはほぼ判明したと言える. しかし, 発生量の推移や世代間の増殖率など, 発生の量的な側面については検討しておらず, 今後の課題として残されている. 本種の発生量は, 気象条件によって大きな影響を受けると考えられるが, 高温で発生量が多くなることが報告されている(石岡ら 2000; 松崎 2001). 一方, 極端な高温乾燥は発生を抑制するとの指摘もある(菊地ら, 2004b). 樋口・高橋(2004)は, 本種成虫の産卵能力, 生存期間や体サイズが発生世代によって異なっていることを明らかにし, 第3世代は, 越冬世代, 第1世代, 第2世代に比べて産卵数が少なく, 生存期間が短くなり, 体サイズが小さくなったことを報告している. また, 幼虫期の高温によって羽化成虫の体サイズが小さくなることを示し, 成虫形質の世代間差を生んだ要因として夏季の高温をあげている(樋口・高橋, 2004). 気温などの気象条件がアカヒゲホソミドリカスミカメの発生量に与える影響は不明な部分が多く, 今後詳細に検討する必要があると考えられる. また, 本種はイネ科植物を寄主とするが, 植物種によって幼虫の発育日数, 羽化率, 成虫の産卵数や生存期間が異なることが報告されている. 菊地・小林(2004)は, イネ科植物13種について本種の発育や産卵を調査し, イタリアンライグラス, スズメノカタビラ, スズメノテッポウ, コヌカグサ, ナガハグサ *Poa pratensis*, アキメヒシバが寄主として好適であったと報

告している．このような植物間の寄主適合性の違いは，発生量を左右する要因として重要であると考えられるが，野外におけるイネ科植物の利用実態については明らかにされていない．発生量を左右する要因を明らかにすることは，本種の生活史を明らかにする上でも，また発生予察や防除を考える上でも重要である．今後，本種の発生量に影響を与える要因について明らかにするとともに，野外における個体数の推移を詳細に調査することが望まれる．

本種雌は，室内試験条件では複数回の交尾を行うが，産卵前期間中の交尾だけでも，生涯にわたって受精卵を正常に産下することが可能であった(第4章第1節).25の飼育条件では，本種雌は羽化後30時間頃から交尾を開始し(第4章第1節)，産卵前期間は3.8日である(第3章第1節)．これらのことから，本種の繁殖においては，雌の羽化後2~4日間前後に行われる交尾が重要であり，それ以降の交尾は，産卵数の増加や受精卵率の維持に寄与しないと考えられる．本種の野外における交尾頻度は明らかにされていないが，未交尾雌と既交尾雌の雄に対する誘引性に関する試験結果(福山ら，2007)から見て，交尾回数は少ないと考えられる．福山ら(2007)は未交尾雌と1回交尾を行った雌の雄に対する誘引性の比較を行い，既交尾個体は誘引性が低下することを明らかにした．雄に対する誘引性の低下は，野外においては雌の交尾機会を減少させると考えられる．したがって，野外においては初回の交尾を行った雌が再交尾を行う可能性は低く，本種雌は室内試験条件では複数回の交尾を行うものの，野外における実際の交尾回数は少ないと推測される．以上のことから，本種雌は羽化後2~4日間前後に少数回の交尾を行うことで，受精卵の産下に必要な精子を獲得しているものと考えられ，雌の交尾は羽化後比較的早い時期に限定されていると推察される．このことは，羽化後日齢の異なる未交尾雌における雄に対する誘引性に関する試験結果(福山ら，2007)によっても示されている．未交尾雌の雄に対する誘引性は，羽化後日齢によって異なり，羽化後6日齢の雌は羽化後3日齢のものよりも誘引性が低下することが報告されている(福山ら，2007)．この試験結果は，本種雌が羽化後比較的

早い時期に限って性フェロモンを放出していることを示しており、雌の実質的な交尾日齢がかなり限定されていることを示唆している。

以上述べてきたように、本種は雌の羽化後比較的早い時期に限定された交尾を行い、少数回の交尾によって必要な量の精子を獲得して、産卵を行うという繁殖戦略をとっていると考えられる。しかし、本研究では野外における雌の羽化後日齢と交尾の関係については確認しておらず、今後さらに検討を進める必要があると考えられる。

第5章第2節において示したように、本種雌はイタリアンライグラス圃場において、高い定着性を示した。特に、刈り取り12日後の出穂が認められない条件でほぼ1に等しい高い生残率が示されたことは重要である。この結果は、イタリアンライグラスにおいて、穂が存在しない状態であっても雌の定着、産卵が行われることを示唆している。水田畦畔においても同様の傾向が認められた。2000年、2001年の除草畦畔において、6月中旬の除草以降に成虫数が増加し、その後、若齢幼虫の増加が認められた(第3章第3節)。若齢幼虫は、除草後15~20日頃に増加しており、卵期間を考慮すると除草後10日前後には産卵が行われたと考えられる。除草後、イネ科雑草は比較的速やかに再生するが、除草から10日程度経過した時点では、まだ出穂は認められず、本種成虫がイネ科雑草の穂や種子が存在しない条件で定着、産卵したことは明らかである。これらの結果は、本種成虫の分散、定着が、必ずしもイネ科植物の穂の存在によって決定されているわけではないことを示している。

中筋(1973)が指摘しているように、斑点米カメムシ類の生態的特徴の一つとして穂加害型であることがあげられる。ミナミアオカメムシ *Nezara viridula*、クモヘリカメムシは、イネ科植物の茎葉では幼虫は発育できない(永井・野中, 1976)。また、カスミカメムシ科のアカスジカスミカメは、イネ科植物の穎花に産卵することから(加藤・長谷川, 1950)、増殖に穂の存在は必須である。このように、一般に斑点米カメムシ類は、穂に対する選好性が強く、増殖においては穂や種子に依存する度合いが高いと判断される。本種においても、発育に種子の存在が重要であることが示されている。

石本・佐藤（2006）は、本種成・幼虫にコムギおよびイネの幼苗のみを与えた場合と幼苗とともにコムギ種子や玄米を与えた場合を比較し、種子を与えることで羽化率や産卵数が顕著に高まることを報告している。しかし、コムギ（石本・佐藤，2006）、イタリアンライグラスおよびナガハグサ（菊地・小林，2004）では、茎葉部のみで幼虫発育、成虫の産卵が可能であることが明らかにされている。また、Blinn and Yonke（1986）は、オニウシノケグサ、エノコログサ *Setaria viridis*、カモガヤ *Dactylis glomerata*、コヌカグサの葉身を用いて本種を飼育し、産卵可能であることを報告している。長澤・斉藤（2006）は、3種のイネ科雑草について穂の有無と本種の産卵数の関係を調査し、オヒシバでは穂の切除によって産卵数は減少するが、メヒシバおよびケイヌビエでは穂の有無による産卵数の違いは認められないとしている。これらの報告は、クモヘリカメムシやアカスジカスミカメなど、他の斑点米カメムシ類とは異なり、本種の増殖に穂あるいは種子の存在は必須ではないことを示唆している。

このような寄主植物の穂に対する依存性の違いは、成虫の移動性と密接に関連すると考えられる。すなわち、幼虫の発育や成虫の産卵に穂を必要とする他の斑点米カメムシとは異なり、本種は茎葉のみであっても増殖可能であるため、利用可能な茎葉がある限り、移動分散よりも定着を選択していると考えられる。このような寄主植物の利用形態やそれと関連する成虫の移動性は、他の斑点米カメムシ類とは異なる本種の特徴であると考えられる。

最後に本種の発生予察や防除を念頭に置いて、今後の研究方向について考察したい。

本種の水田における発生生態については、本研究ならびに石本（2004）の報告により、水稻の出穂期に成虫が水田に侵入し、次世代幼虫が発生すること、この幼虫の発生量には品種間差が存在することなどが明らかになった。さらに、次世代幼虫の発生量は、割れ粳の量によって左右されること、斑点米の形成には侵入成虫よりも次世代幼虫の寄与が大きいことが明らかにされており（石本，2004，2007）、水田における増殖および斑点米被害の発生過程はほぼ解明されつつある。これらの知見に基づき、薬

剤散布適期や散布回数に関する検討が進められ、イネの登熟中後期に発生する幼虫を対象とした防除が効果的であることが示されている(新山・飯富, 2003; 石本・永瀬, 2005)。しかし, 上記の知見は全て成虫侵入後の増殖に関わるものであり, 成虫の水田侵入過程, 特に, 侵入量を決定する要因については, ほとんど明らかにされていない。石本(2004)は, 出穂の早い品種ほど成虫の侵入量が多いことを示し, その原因として, 周辺の水田が出穂していない状況にあっては, 出穂の早い品種は成虫が集中しやすいことをあげている。しかし, 侵入量の品種間差を生む要因について実証的な研究は行われておらず, 今後解明していく必要がある。前述のように, 水田における本種の防除は, 侵入成虫を直接の防除対象とはしない方向へと進んでいるが, 侵入成虫によって加害主体である次世代幼虫が生み出されている以上, 侵入量を左右する要因を明らかにすることは重要である。

また, 水田外の生息場所から水田への侵入を考える場合, 成虫の移動分散が問題となる。本研究において, 本種成虫, 特に雌は定着性が高いことが明らかになったが, 移動距離については不明である。第5章第2節において言及したように, 本種の飛翔能力については, 宙吊り飛翔法による試験結果が報告されている(後藤・樋口, 2004; 菊地ら, 2004; 石岡ら, 2004; 菊地・小林, 2006)。しかし, 宙吊り飛翔法は, 実験室内で強制的に飛翔を行わせるものであり, 野外における実態を反映しているという保証はない。移動実態の把握には, 野外における試験が不可欠であり, 標識再捕法などにより移動距離を明らかにしていく必要がある。

本研究において, 本種の繁殖に関わる基礎的生態の一端が明らかになった。しかし, 配偶行動, 特に性フェロモンの持つ役割に関しては, なお不明な点が残されている。その一つは, 雄における性フェロモンの存在である。本種の性フェロモン成分として主要3成分を含む10成分が同定されているが, これらの成分は雌のみならず雄も保持していることが明らかにされている(Kakizaki and Sugie, 2001)。雄が同種他個体に対して誘引性を持たないことは確認されており(Kakizaki and Sugie, 1997), これら

フェロモン成分の機能については興味を持たれる。本種の合成性フェロモンの利用に関しては、フェロモントラップによる発生消長の把握（石本ら，2005；滝田，2005；柿崎，2006；木村ら，2006）とともに交信攪乱による防除も試みられている（Kakizaki，2004）。このような応用技術の開発には、基礎的な研究が不可欠であり、今後、本種性フェロモンが果たしている機能について明らかにする必要があると考えられる。

従来、斑点米カメムシの密度抑制のための畦畔除草は、カメムシ類の餌となる子実の除去を主眼として行われてきた。伊藤（1989）は、ホソハリカメムシの個体数抑制には、畦畔、休耕地等の雑草管理が重要であり、特に越冬成虫の摂食機会を奪う意味から4～5月の雑草管理が効果的であるとしている。また、山代ら（1996）は、畦畔除草がオオトゲシラホシカメムシの密度抑制に有効であることを示し、餌となる雑草の種子を結実させないことが増殖抑制に有効であったとしている。アカヒゲホソミドリカスミカメに関しても菊地・小林（2001）や渡辺ら（2002）などが畦畔除草による個体数の抑制や被害軽減を報告している。このことから、新潟県においては、斑点米カメムシ対策として6月中下旬および7月中下旬の一斉草刈りが奨励されている（農作物病害虫雑草防除指針，2007）。しかし、前述のように、本種は他の斑点米カメムシ類に比較して穂や種子に対する依存性が低く、イネ科植物の茎葉のみでも増殖が可能であり、刈り取り除草により安定した高い密度抑制が得られるとは思われない。新山・糸山（2006）は、畦畔、農道への除草剤散布により斑点米被害を回避しうることを示した。除草剤散布は、畦畔の軟弱化を招くなどの問題はあるものの、本種の発生源対策として高い効果を持つと考えられ、第3章第3節において論じたグランドカバープランツの利用と並んで、今後検討を進める価値があると考えられる。

## 摘 要

アカヒゲホソミドリカスミカメ *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (半翅目, カスミカメムシ科) は, 1970 年代から 80 年代までは北海道でのみ斑点米の原因種として重要視されていた。しかし, 近年, 東北や北陸地方において本種の発生量が急増し, 同地域における斑点米カメムシの主要種となっている。本種の発生生態に関しては, 北海道を除いてほとんど研究の蓄積がなく, 発生予察や防除技術確立のために発生実態の解明が急がれている。本研究は, 本種の発育, 繁殖, 休眠等に関わる基礎的な生物学的特性の解明と, 野外における発生生態, 周年の生活環を明らかにすることを目的として行った。得られた成果を以下に要約する。

### 1. 越冬実態

新潟県上越市において, 秋季にアカヒゲホソミドリカスミカメの生存虫調査を行った結果, 11 月上旬に成虫および若齢幼虫が確認された。これら成虫および幼虫による越冬の可能性を検討するために, 10 月下旬から 11 月にかけて野外で採集した個体を野外に設置したケージに放飼し, 翌年春に生存虫の有無を調査した。その結果, 成虫, 幼虫ともにケージ内で越冬し翌春まで生存する個体は確認されず, 新潟県上越市においては, 幼虫や成虫での越冬の可能性は低く, 越冬の主体は休眠卵であると考えられた。

秋季にアカヒゲホソミドリカスミカメが産卵を行うイネ科雑草の種類を調査し, イヌビエ属, メヒシバ属, オオクサキビ等に産卵していることが確認された。9 月に採集された卵の約半数は非休眠卵であったが, 10 月以降は全て休眠卵であった。これらことから, 本種は 9 月中下旬以降にこれらの雑草に休眠卵を産下し, 越冬するものと考えられた。

本種休眠卵を -5 ~ 10℃ に一定期間保存し, 加温後の孵化率および卵期間を調査す



ることにより、低温が休眠消去に与える影響を検討した。0～10℃において処理期間が長くなるに従い、孵化率は上昇した。0℃および5℃処理の場合、処理日数80日間以上で孵化率はほぼ100%に達し、120日間以上の処理で孵化が斉一となった。10℃処理では、孵化率は0℃および5℃処理とほぼ同じ傾向を示したが、処理日数の長短に関わらず卵期間にばらつきが見られた。以上の結果から、休眠消去のための適温は0～5℃付近にあり、同温度条件において休眠が消去されるには120日以上の期間が必要であることが明らかになった。10月下旬に休眠卵を半野外条件に保存し、定期的に加温して休眠状態を調査した結果、野外保存開始から136日後の3月上旬以降は休眠が完全に消去されていると考えられた。この結果は、120日以上の低温処理が必要であるとする室内試験の結果を裏付けるものと考えられた。

## 2. 野外における世代推移

アカヒゲホソミドリカスミカメの各発育態における発育と温度の関係について調査した。15～31℃の温度範囲では、15℃下における幼虫発育を除き、発育は概ね良好であった。各態の発育所要日数は温度の上昇にともなって短縮し、発育速度と温度との間には高い正の相関関係が認められた。発育速度と温度との回帰直線から発育零点および有効積算温度を算出した。

本種越冬世代の成虫羽化時期を水田畦畔における捕虫網によるすくい取り、野外条件下での幼虫飼育試験、雌を誘引源とする水盤トラップおよび予察灯の4種の方法によって調査した。調査は3年にわたって行ったが、成虫の発生時期には春季の気温の違いに起因すると考えられる大きな年次間差が認められた。予察灯および雌を誘引源とする水盤トラップにおける誘殺数は、この発生時期の年次間差をほぼ正確に反映していた。このことから、予察灯によって越冬世代成虫の出現時期を把握可能であると考えられた。

イタリアンライグラス圃場および水田畦畔において、本種の生息数調査を行った。

成・幼虫の捕獲ピークから，年間の世代数は5世代であると考えられた．各世代の成虫発生時期は，越冬世代が5月中下旬，第1世代が6月下旬～7月上旬，第2世代が7月下旬～8月上旬，第3世代が8月中下旬，第4世代が9月上中旬以降であった．また，各世代の発生時期は，越冬世代成虫の初確認日を起点として，有効積算温度による推定が可能であった．

出穂期の異なる3品種において，本種の発生活消長を調査した．いずれの品種においても6月中旬～7月上旬に成虫数の増加が認められた．この成虫数の増加は，水田外の生息環境における第1世代成虫の発生盛期と一致しており，水田外からの侵入であると考えられたが，次世代幼虫の発生はほとんど認められなかった．7月中旬以降は，各品種の出穂直後に成虫数の増加が観察され，その後，イネの登熟中後期に幼虫の捕獲数が増加した．以上の結果から，水田における加害の主体は，出穂直後に侵入する成虫およびその次世代幼虫であると考えられた．

### 3．交尾行動および交尾と産卵

アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の羽化後経過時間と交尾との関係を調査した結果，羽化30時間後から交尾個体が観察され，羽化102時間後以降は供試した全ての個体において交尾が認められた．本種の産卵前期間は25条件下で3.8日であることから，産卵前期間終了前後にはほぼ全ての個体が交尾可能となっていることが確認された．1回交尾を行った雌について，再交尾の可能性を検討した．初回の交尾から3，24，48時間後に行った3回の交尾試験において，22個体中17個体で再交尾が観察され，本種雌は複数回の交尾を行うことが明らかになった．交尾を産卵前期間のみに制限した雌，常時交尾可能とした雌および未交尾雌について，生涯産卵数や生存期間等の比較を行った．産卵前期間，総産卵数に関しては，交尾条件の異なる雌の間に有意な差は認められなかったが，生存期間は未交尾雌において顕著に長くなる傾向が認められた．また，受精卵率は，交尾を制限した場合94.4%，常に交尾可能とした場合92.2%であ

り、両者の間に有意な差は認められなかった。以上の結果から、本種雌は産卵前期間中の交尾のみでも正常な繁殖を行いうることが明らかになった。

本種雌の既交尾、未交尾を生殖器内の精子の有無により判別する手法について検討した。既交尾雌において、精子は側輸卵管基部の嚢状部分からのみ観察され、受精嚢等、それ以外の部位からは見いだされなかった。交尾後日齢の異なる雌について、精子の観察を行った結果、交尾5、10、15日後における精子確認個体率は、それぞれ95、75、92%であり、交尾後日数が経過しても精子が確認可能であった。野外から採集した雌について、産下卵による既交尾、未交尾の判定結果と精子の観察結果を比較検討した。両者は完全に一致し、精子の観察により野外個体の既交尾、未交尾を判定可能であることが確認された。以上のことから、側輸卵管基部の嚢状部分の精子の有無により、本種雌の既交尾、未交尾を判定可能と考えられた。

野外に未交尾雌を誘引源とするトラップを設置し、雌による雄の誘引現象に日周性があるか否かを調査した。1日のどの時間帯でも雄がトラップに誘殺されることから、雌は時間帯や昼夜に関わらず性フェロモンを放出し、雄も常時性フェロモンに反応すると考えられた。また、未交尾雌雄30対を飼育ケージに放飼し4時間後に交尾雌率を調査した結果、時間帯や明期暗期に関わらず交尾雌率は60%以上であった。以上の結果から、雌によるフェロモンの放出や交尾行動に日周性はないと考えられた。

#### 4. 成虫の分散、定着

アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫のルビジウムによる体内マーキングを試みた。成虫を塩化ルビジウム溶液を散布したコムギ苗に24時間放飼し、コムギ苗を摂食させることにより体内にルビジウムを取り込ませた。虫体ルビジウム含量の測定には、原子吸光分光光度計(780 nm)を用いた。ルビジウム含量は、処理後日数の経過とともに低下したが、処理2~3日後では標識個体を100%検出可能であった。また、ルビジウム処理による雌の産卵数、成虫の生存期間への影響はみられなかった。これらの結

果から、ルビジウムにより本種成虫を標識可能であり、本マーキング法は本種の標識再捕試験に適用できると考えられた。

イタリアンライグラス圃場において、本種成虫の標識再捕試験を行い、成虫の分散、定着の実態を調査した。成虫の標識には、ルビジウムによる体内マーキングを用いた。成虫の定着性の指標として、標識個体の生残率を推定した。雌雄の生残率には明確な違いが認められ、雌が雄よりも高い生残率を示した。また、雌においてほぼ 1.0 に等しいきわめて高い生残率が観察された。これらの結果から、本種成虫、特に雌は定着する傾向が強いと推定された。

## 謝 辞

本研究の取りまとめにあたり，懇切なご指導とご校閲を賜った東北大学大学院農学研究科松田一寛教授，同昆野安彦助教授，同堀 雅敏助教に心より感謝の意を表する．

独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構中央農業総合研究センター北陸研究センター北陸農業研究監宮井俊一氏には，研究の遂行にあたってご配慮とご鞭撻を賜った．北陸研究センター樋口博也氏には，本研究の遂行と取りまとめにあたり，終始懇切丁寧なご指導，ご助言を賜り，また本稿のご校閲をいただいた．信越化学工業株式会社合成技術研究所福本毅彦氏，望月文昭氏には，この研究の実施にあたり，アカヒゲホソミドリカスミカメの合成性フェロモン剤をご提供いただくとともに，試験に際し有益なご助言をいただいた．また，山形県農業総合研究センター滝田雅美氏（現：山形県最上農業技術普及課），吉村具子氏，新潟県農業総合研究所作物研究センター石本万寿広氏，佐藤秀明氏，長野県農事試験場野口忠久氏，富山県農業試験場村岡裕一氏（現：富山県砺波農業普及指導センター），吉島利則氏，青木由美氏には，共同研究に際し有益なご助言をいただいた．新潟県農業総合研究所作物研究センター永瀬 淳氏（現：新潟県病害虫防除所），富山県農業試験場松崎卓志氏（富山県新川農業普及指導センター，故人）には，本研究の開始にあたり貴重なご意見をいただいた．これらの方々に，深く感謝申し上げます．

農業環境技術研究所山村光司氏には，標識再捕試験の試験設計および解析にあたって丁寧なご助言，ご指導をいただいた．北陸研究センター高橋智紀氏（現：静岡県農林技術研究所），関口哲生氏には，ルビジウムの分析方法に関して有益なご助言をいただいた．また，同センター美馬純一氏（現：株式会社環境アセスメントセンター松本研究室），新谷喜紀氏（現：南九州大学園芸学部），長澤淳彦氏，東京農業大学福山真希氏には，研究を共同で進めていただき，絶えず貴重なご意見をいただいた．元農林水産省北陸農業試験場虫害研究室長大矢慎吾氏，北陸研究センター平江雅宏氏には，

貴重なご助言をいただくとともに研究の実施にご配慮をいただいた。北陸研究センター業務科の方々には，試験圃場の管理及び野外調査にあたりご協力をいただいた。また，同センター高木サチ子氏，矢澤かずえ氏には供試虫の飼育管理，調査補助をしていただいた。これらの方々のご協力なくしては，本研究の遂行は困難であった。ここに記して深く感謝の意を表する。

最後に，約 10 年にわたる研究を支えてくれた妻に深く感謝する。

## 引用文献

- 1) 安藤喜一(1978)ウリハムシモドキの卵休眠に関する研究 .弘大農報 30:131-215 .
- 2) Bancroft, J. S. (2005) Dispersal and abundance of *Lygus hesperus* in field crops. *Environ. Entomol.* 34 : 1517-1523 .
- 3) Berry, W. L., M. W. Stimmann and W. W. Wolf (1972) Marking of native phytophagous insects with rubidium : A proposed technique . *Ann. Entomol. Soc. Am.* 65 : 236-238 .
- 4) Blinn, R. and T. R. Yonke (1986) Laboratory life history of *Trigonotylus coelestialium*(Kirkaldy)(Heteroptera, Miridae). *J. Kans. Entomol. Soc.* 59 : 735-737 .
- 5) Campbell, A., B. D. Frazer, N. Gilbert, A. P. Gutierrez and M. Mackauer (1974) Temperature requirements of some aphids and their parasites. *J. Appl. Ecol.* 11 : 431-438 .
- 6) Chatterjee, V. C.(1983) Copulation and oviposition behaviour of *Nesidiocoris caesar* (Ballard) (Heteroptera: Miridae). *Entomon* 9 : 35-37.
- 7) Fleischer , S. J. , M. J. Gaylor , N. V. Hue and L. C. Graham (1986) Uptake and elimination of rubidium , a physiological marker , in adult *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) . *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79 : 19-25 .
- 8) Fleischer, S. J., M. J. Gaylor, N. V. Hue and L. C. Graham (1988) Dispersal of *Lygus lineolaris* (Hemiptera: Miridae) adults through cotton following nursery host destruction . *Environ. Entomol.* 17 : 533-541 .
- 9) Fleischer , S. J. and D. Kirk (1994) Kairomonal baits : Effect on acquisition of feeding indicator by diabroticite vectors in cucurbits . *Environ. Entomol.* 23 : 1138-1149 .

- 10) Frazer, B. D. and D. A. Raworth (1974) Marking aphids with rubidium. *Can. J. Zool.* 51 : 1135-1136.
- 11) Frost, S. W. (1952) Miridae from light traps. *J. N. Y. Entomol. Soc.* 60 : 237-240 .
- 12) 藤巻雄一・森山重信・小嶋昭雄 (1980) カメムシ類による斑点米の防除法の再検討 . 北陸病虫研報 28 : 51-53 .
- 13) 藤崎祐一郎 (1982) 宮城県における水田に生息するカメムシ類と斑点米発生の検討 . 宮城県農業センター研報 49 : 45-57 .
- 14) 福田直子 (2000) ソラマメの雪害要因と耐雪性機構に関する生理・生態的研究 . 北陸農試報 43 : 47-123 .
- 15) 福山真希・足達太郎・樋口博也・高橋明彦 (2007) アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の雄に対する誘引性 - 雌の交尾の有無と羽化後日齢の影響 - . 応動昆 51 : 135-137 .
- 16) Fuxa, J. R. and J. A. Kamm (1976) Effects of temperature and photoperiod on the egg diapause of *Labops hesperius* Uhler . *Environ. Entomol.* 5 : 505-507 .
- 17) 後藤純子・樋口博也 (2004) 宙吊り飛翔法で測定したアカヒゲホソミドリカスミカメの飛翔能力 . 応動昆 48 : 219-224 .
- 18) Groot, A. T., E. van der Wal, A. Schuurman, J. H. Visser, L. H. M. Blommers and T. A. van Beek (1998) Copulation behaviour of *Lygocoris pabulinus* under laboratory conditions. *Entomol. Exp. Appl.* 88 : 219-228.
- 19) Groot, A. T. and H. M. Smid (2000) Polyandry in the mirid bug *Lygocoris pabulinus* (L.) – effects on sexual communication and fecundity. *Invert. Reprod. Develop.* 38 : 143-155.
- 20) 八谷和彦 (1984) 捕虫網による水稻害虫のすくい取り効率に関する知見 . 北海道立農試集報 51 : 73-82 .



- 21) 八谷和彦 (1985) アカヒゲホソミドリカスミカメの要防除水準 . 北海道立農試集報 53 : 43-49 .
- 22) 八谷和彦 (1999a) 斑点米カメムシ (アカヒゲホソミドリメクラガメ) の研究と対策 . 農薬研究 176 : 1-12 .
- 23) 八谷和彦 (1999b) アカヒゲホソミドリメクラガメの水田への侵入と発生予察 . 植物防疫 53 : 268-272 .
- 24) 八谷和彦・橋本直樹 (2001) 「ほしのゆめ」における斑点米カメムシの要防除水準 . 北農 68 : 8-12 .
- 25) 橋本庸三・春木 保 (1988) アカヒゲホソミドリメクラガメの防除時期について . 北日本病虫研報 39 : 170-172 .
- 26) 林 英明 (1986) アカスジメクラガメの生態と防除 . 植物防疫 40 : 321-326 .
- 27) 林 英明 (1991) アカスジメクラガメの生態と防除に関する研究 第 4 報 発育期間 . 広島農試報告 54 : 19-23 .
- 28) 林 英明 (1997) 斑点米カメムシ発生相の変遷と防除対策 . 植物防疫 51 : 455-461 .
- 29) 林 英明・中沢啓一 (1988) アカスジメクラガメの生態と防除に関する研究 第 1 報 生息場所と発生推移 . 広島農試報告 51 : 45-56 .
- 30) 林 英明・梅田公治 (1985) イネを加害するアカスジメクラガメの生態について . 農薬研究 126 : 48-56 .
- 31) Higaki, M. and Y. Ando (2005) Effects of temperature during chilling and pre-chilling periods on diapause and post-diapause development in a katydid, *Eobiana engelhardti subtropica* . *J. Insect Physiol.* 51 : 709-716 .
- 32) 樋口博也 (1999) イチモンジカメムシ成虫の同種他個体に対する誘引作用 . 応動昆 43 : 205-206 .
- 33) 樋口博也 (2006) イタリアンライグラス圃場におけるアカヒゲホソミドリカスミカメの卵寄生蜂の寄生率の消長 . 応動昆 50 : 167-169 .

- 34) 樋口博也・高橋明彦(2000)アカヒゲホソミドリカスミカメの小麦苗による飼育．北陸病虫研報 48：23-25．
- 35) 樋口博也・高橋明彦(2002)アカヒゲホソミドリカスミカメ雌の羽化後経過日数，交尾，産卵の有無と雄に対する誘引性．北陸病虫研報 51：7-9．
- 36) 樋口博也・高橋明彦(2003)アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の飼育条件下での産卵能力と生存日数．応動昆 47：13-18．
- 37) 樋口博也・高橋明彦(2004)アカヒゲホソミドリカスミカメの世代による産卵能力，生存日数，体サイズの違い．北陸病虫研報 53：25-28．
- 38) 樋口博也・高橋明彦(2005)アカヒゲホソミドリカスミカメの休眠卵率の季節的な推移と休眠卵産下に関与する環境要因．応動昆 46：113-118．
- 39) 樋口博也・高橋明彦(2006)水田内に設置したアカヒゲホソミドリカスミカメ合成性フェロモントラップの設置高と誘殺消長．北陸病虫研報 55：23-26．
- 40) 樋口博也・高橋明彦・福本毅彦・望月文昭(2004)アカヒゲホソミドリカスミカメ合成性フェロモンの雄に対する誘引性．応動昆 48：345-347．
- 41) 本田浩史(2000)山形県におけるカメムシ類による斑点米被害の多発生要因と防除実態．農薬春秋 80：11-15．
- 42) Hopper ,K .R .and E .A .Woolson(1991) Labelling a parasitic wasp ,*Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) , with trace elements for mark-recapture studies . *Ann . Entomol . Soc . Am .* 84 : 255-262 .
- 43) 星野康人・鈴木龍栄門・長谷川春雄・本間睦夫・円山 実(1991)畦畔除草剤と殺虫剤による斑点米の発生防止試験．北陸病虫研報 39：63-65．
- 44) 井上 寿(1974)斑点米の原因となるカメムシ類の生態と特徴．農業および園芸 49：781-786．
- 45) 石川浩司・田中太一・駒形健二・関 正利(1995)農道畦畔の除草と殺虫剤散布による斑点米の発生防止．北陸病虫研報 43：13-16．

- 46) 石本万寿広 (2000) アカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発消長 . 応動昆 48 : 79-85 .
- 47) 石本万寿広 (2001) 新潟県における斑点米カメムシ類の発生と防除対策 . 今月の農業 45 : 34-37 .
- 48) 石本万寿広 (2007) イネの登熟段階と割れ粃の発生がアカヒゲホソミドリカスミカメ幼虫の発育に及ぼす影響 . 応動昆 51 : 107-114 .
- 49) 石本万寿広・永瀬 淳 (2005) アカヒゲホソミドリカスミカメに対する薬剤散布適期 . 北陸病虫研報 54 : 29-38 .
- 50) 石本万寿広・佐藤秀明 (2006) 種子の吸汁がアカヒゲホソミドリカスミカメの幼虫発育と産卵数に与える影響 . 応動昆 50 : 305-310 .
- 51) 石本万寿広・横山泰裕・樋口博也 (2005) 水田畦畔に設置したアカヒゲホソミドリカスミカメ合成性フェロモントラップの誘殺消長 . 北陸病虫研報 54 : 23-27 .
- 52) 石本万寿広・佐藤秀明・村岡裕一・青木由美・滝田雅美・野口忠久・福本毅彦・望月文昭・高橋明彦・樋口博也 (2006) 合成性フェロモントラップによるアカヒゲホソミドリカスミカメの水田内発消長の把握 . 応動昆 50 : 311-318 .
- 53) 石岡将樹・菊地淳志・小林徹也 (2004) アカヒゲホソミドリカスミカメの飛翔に影響を及ぼす各種要因 第2報 温度の影響 . 北日本病虫研報 55 : 143-145 .
- 54) 石岡将樹・木村利幸・木村勇司 (2000) 1999 年に青森県で多発した斑点米 2 . アカヒゲホソミドリカスミカメの多発に影響した気象要因と斑点米の発生特徴 . 北日本病虫研報 51 : 158-161 .
- 55) 伊藤清光 (1988) ホソハリカメムシ休眠成虫の隠れ行動に及ぼす摂食と温度の影響 . 応動昆 32 : 39-54 .
- 56) 伊藤清光 (1989) ホソハリカメムシの生活史に関する研究 . 農研センター研報 14 : 39-103 .
- 57) 伊藤清光 (2000) コムギ芽出し苗を用いたアカヒゲホソミドリカスミカメの継代

- 飼育法．北日本病虫研報 51:155-157．
- 58) 伊藤清光 (2007) 餌植物の有無がアカヒゲホソミドリカスミカメによる斑点米発生に及ぼす影響．応動昆 51:95-101．
- 59) 岩田俊一・葭原敏夫 (1976) 斑点米を発生させるカメムシ類 - 全国アンケートより - ．植物防疫 30:127-132．
- 60) James, B. D. and M. L. Luff (1982) Cold-hardiness and development of eggs of *Rhopalosiphum insertum*. *Ecol. Entomol.* 7:277-282．
- 61) 常楽武男・長瀬二郎 (1972) 富山県における稲穂を加害するカメムシ類とそれらの発生経過および分布．北陸病虫害研報 20:31-35．
- 62) 柿崎昌志 (1997) アカヒゲホソミドリカスミカメのスズメノカタビラによる簡易継代飼育法．北日本病虫研報 48:156-158．
- 63) Kakizaki, M. (2004) The sex pheromone components for mating disruption of the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae). *Appl. Entomol. Zool.* 53:153-137．
- 64) 柿崎昌志(2006)アカヒゲホソミドリカスミカメの性フェロモンと防除への利用．植物防疫 60:204-207．
- 65) Kakizaki, M. and H. Sugie (1997) Attraction of males to females in the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium* (Kirkaldy) (Heteroptera: Miridae). *Appl. Entomol. Zool.* 32:648-651．
- 66) Kakizaki, M. and H. Sugie (2001) Identification of the female sex pheromone of the rice leaf bug, *Trigonotylus caelestialium*. *J. Chem. Ecol.* 27:2447-2458．
- 67) 片山栄助 (1975) 稲のウンカ類およびツマグロヨコバイの卵巣発育と交尾との関係．応動昆 19:176-181．
- 68) 加藤静夫・長谷川仁 (1950) スーダングラスの害蟲アカスジメクラガメ．應用昆

- 蟲 6 : 149 .
- 69) Khattat, A. R. and R. K. Stewart (1974) A fluorescent powder for marking the tarnished plant bug. *Ann. Entmol. Soc. Quebec.* 19 : 147-150 .
- 70) Khattat, A. R. and R. K. Stewart (1980) Population fluctuations and interplant movements of *Lygus lineolaris*. *Ann. Entmol. Soc. Am.* 73 : 282-287 .
- 71) 菊地淳志・石岡将樹・小林徹也 (2004a) アカヒゲホソミドリカスミカメの飛翔に影響を及ぼす各種要因 第1報 羽化後日齢の影響 . 北日本病虫研報 55 : 140-142 .
- 72) 菊地淳志・小林徹也 (2001) 除草がアカヒゲホソミドリカスミカメの増殖に及ぼす影響 . 北日本病虫研報 52 : 143-145 .
- 73) 菊地淳志・小林徹也 (2004) 各種雑草とイタリアンライグラスにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発育と産卵 . 北日本病虫研報 55 : 149-154 .
- 74) 菊地淳志・小林徹也 (2006) アカヒゲホソミドリカスミカメの飛翔に影響を及ぼす各種要因 第3報 餌の影響 . 北日本病虫研報 57 : 134-135 .
- 75) 菊地淳志・菅野洋光・木村利幸・後藤純子・小野 亮・新山徳光・滝田雅美・松木伸浩・大場淳司・堀末 登 (2004b) 東北地域における斑点米カメムシ類の発生と被害実態調査 . 東北農研研報 102 : 101-180 .
- 76) 木村勇司・市田忠夫・石岡将樹 (2006) アカヒゲホソミドリカスミカメ成虫の合成性フェロモントラップおよびすくい取りによる発生消長の比較 . 北日本病虫研報 57 : 122-125 .
- 77) King, A. B. S. ( 1973 ) Studies of sex attraction in the cocoa capsid, *Distantiella theobroma* (Heteroptera: Miridae). *Entomol. Exp. Appl.* 16 : 243-254 .
- 78) 岸野賢一 (1974) ニカメイガ生活環の地理的変異に関する生態学的研究 . 東北農試研報 47 : 13-114 .

- 79) 気象庁 (2000) 2000 年版気象年鑑 . 日本気象協会 .
- 80) 気象庁 (2000) 気象庁月報平成 12 年 3 .
- 81) 気象庁 (2001) 気象庁月報平成 13 年 4 .
- 82) 気象庁 (2001) 平年値 (統計期間 1971 ~ 2000 年) .
- 83) 気象庁 (2002) 気象庁月報平成 14 年 5
- 84) Knight, A. L., L. A. Hull, E. G. Rajotte and S. J. Fleischer (1989) Labeling tufed apple bud moth (Lepidoptera: Tortricidae) with rubidium: Effect on development, longevity, and fecundity. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 82 : 481-485 .
- 85) 小林徹也・菊地淳志 (2004) 標識再捕法によるアカヒゲホソミドリカスミカメの個体数推定 . 北日本病虫研報 55 : 146-148 .
- 86) 小嶋昭雄・江村一雄・永井三善・杵鞭章平 (1972) 新潟県におけるカメムシ類による斑点米発生 . 北陸病虫研報 20 : 26-30 .
- 87) 黒蝕米対策研究班 (1975) 北海道における黒蝕米に関する研究 . 北農 42 : 1-90 .
- 88) 小南靖弘・高見晋一・横山宏太郎・井上 聡 (1998) 季節的積雪地帯における積雪下の CO<sub>2</sub> 濃度 . 雪氷 60 : 357-366 .
- 89) 河野幹幸・武藤利郎 (1961) 岐阜県において黒変米の原因となるカメムシ類について . 植物防疫 15 : 447-451 .
- 90) Krysan, J. L. (1982) Diapause in the nearctic species of the *virgifera* group of *Diabrotica* : evidence for tropical origin and temperate adaptations . *Ann. Entomol. Soc. Am.* 75 : 136-142 .
- 91) Krysan, J. L., T. F. Branson and G. Diaz Castro (1977) Diapause in *Diabrotica virgifera* (Coleoptera: Chrysomelidae): a comparison of eggs from temperate and subtropical climates . *Entomol. exp. Appl.* 22 : 81-89 .
- 92) Kudo, S. and M. Kurihara (1988) Seasonal occurrence of egg diapause in the rice leaf bug, *Trigonotylus coelestialium* Kirkaldy (Hemiptera: Miridae).

- Appl. Entomol. Zool.* 23 : 365-366.
- 93) Kudo, S. and M. Kurihara (1989) Effects of maternal age on induction of egg diapause in the rice leaf bug, *Trigonotylus coelestialium* Kirkaldy (Hemiptera: Miridae). *Jpn. J. Entomol.* 57 : 440-447.
- 94) Levine, E. (1988) Diapause termination and postdiapause development in eggs of *Hydraecea immanis* Guenee (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* 17 : 80-85.
- 95) Lushai, G., J. Hardie and R. Hrrington (1996) Diapause termination and egg hatch in the bird cherry aphid, *Rhopalosiphum padi*. *Entmol. Exp. Appl.* 81 : 113-115.
- 96) MacCreary, D. (1965) Flight range observations on *Lygus lineolaris* and certain other Hemiptera. *J. Econ. Entomol.* 58 : 1004-1005.
- 97) Mark W. H. and J. W. Michael (1995) Influence of postdiapause development on the voltinism of the European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in North Dakota. *Environ. Entomol.* 24 : 564-570 .
- 98) Masaki, S. (1963) Adaptation to local climatic conditions in the Emma field cricket (Orthoptera: Gryllidae) . 昆虫 31 : 249-260 .
- 99) 正木進三 (1974) 昆虫の生活史と進化 . 中央公論社 , 東京 , 208p.
- 100) 松本直幸・荒木隆男 (1982) 積雪条件下におけるイネ科牧草雪腐病菌の行動と発生推移 . 北海道農試研報 135 : 1-10 .
- 101) 松崎卓志 (2001) 斑点米カメムシ類の発生と防除対策 富山県における斑点米カメムシ類の防除対策 . 植物防疫 55 : 451-454 .
- 102) McNeil, J. N. and P. G. Fields (1985) Seasonal diapause development and diapause termination in the European skipper, *Thmelicus lineola*(Ochs.) . *J. Insect Physiol.* 31 : 467-470 .

- 103) Mitchell, E. B., W. L. MaGovern and W. L. Johnson(1982) Boll weevils : Labeling with rubidium for field dispersal studies. *J. Georgia Entomol. Soc.* 17 : 453-455 .
- 104) 門間由美子・菊地淳志 (2004) グランドカバープランツにおけるアカヒゲホソミドリカスミカメの発育と産卵. 北日本病虫研報 55 : 149-154 .
- 105) 永井清文・野中耕次 (1976) カメムシ類の生態ならびに防除に関する研究 第2報 主要種の各種植物における発育と選好程度. 九病虫研会報 22 : 88-91 .
- 106) 長澤淳彦・斉藤 毅 (2006) アカヒゲホソミドリカスミカメのイネ科雑草の穂に対する産卵. 北陸病虫研報 55 : 13-16 .
- 107) 永瀬 淳 (2000) 新潟県における斑点米カメムシ類の発生動向と対策. 農薬春秋 80 : 16-20 .
- 108) 中筋房夫 (1973) 稲穂を加害するカメムシ類の発生の特徴と要防除密度. 植物防疫 27 : 372-378 .
- 109) 新潟県 (2007) 農作物病害虫雑草防除指針. 630 pp .
- 110) 新山徳光 (2000) 1999 年の斑点米カメムシ類の多発生〔1〕アカヒゲホソミドリカスミカメ. 植物防疫 54 : 309-312 .
- 111) 新山徳光 (2002) アカヒゲホソミドリカスミカメの発生生態と防除. 今月の農業 46 : 24-24 .
- 112) Niiyama, T., T. Fujii, M. Hori and K. Matsuda (2007) Olfactory response of *Trigonotylus caelestialium* (Het.: Miridae) to rice plant and gramineous weeds. *J. Appl. Entomol.* 131 : 513-517 .
- 113) 新山徳光・飯富暁康 (2003) 秋田県におけるアカヒゲホソミドリカスミカメに対する薬剤散布適期. 北日本病虫研報 54 : 99-101 .
- 114) 新山徳光・糸山 享 (2006) 発生源への除草剤散布によるアカヒゲホソミドリカスミカメの防除. 北日本病虫研報 57 : 129-133 .



- 115) 奥山七郎 (1974) アカヒゲホソミドリメクラガメの生活史に関する研究 第 1 報 発生消長について . 北日本病虫研報 25 : 53 .
- 116) 奥山七郎 (1982) アカヒゲホソミドリメクラガメの休眠卵誘起と覚醒 . 北日本病虫研報 33 : 89-92 .
- 117) 奥山七郎・井上 寿 (1974a) 黒蝕米に関する研究 (2) アカヒゲホソミドリメクラガメの成 , 幼虫による黒蝕米の発現 . 北日本病虫研報 25 : 52 .
- 118) 奥山七郎・井上 寿 (1974b) 黒蝕米の発生とカメムシ類との関連について - 特にアカヒゲホソミドリメクラガメとの関係 - . 北海道立農試集報 30 : 85-94 .
- 119) 奥山七郎・井上 寿 (1975) アカヒゲホソミドリメクラガメの産卵 , 発育と温湿度との関係 . 北海道立農試集報 32 : 45-52 .
- 120) 奥山七郎・春木 保・八谷和彦 (1983) 北海道におけるアカヒゲホソミドリメクラガメによるコムギの被害 . 北日本病虫研報 34 : 26-29 .
- 121) 長田武正 (1999) 増補日本イネ科植物図鑑 . 566-577 . 平凡社 , 東京 .
- 122) Padgham , D . E . and A . G . Cook (1984) Rubidium marking of the rice pests *Nilaparvata lugens* (Stål) and *Sogatella furcifera* (Horváth) (Hemiptera : Delphacidae) for field dispersal studies . *Bull . Ent . Res .* 74 : 379-385 .
- 123) Polavarapu , S . , G . C . Lonergan and W . D . Seabrook (1992) Labelling the bluberry leaf tier , *Croesia curvalana* with foliar sprays of rubidium chloride . *Entomol . Exp . Appl .* 63 : 143-153 .
- 124) Sakurai , T. (1996) Effects of male cohabitation on female reproduction in the bean bug , *Reptortus clavatus* Thunberg (Heteroptera: Alydidae). *Appl. Entomol. Zool.* 31 : 313-316 .
- 125) 鮫島徳造 (1960) ミナミアオカメムシの発生と被害 . 植物防疫 14 : 242-246 .
- 126) 佐藤貴子・安永智秀 (1999a) 日本産 *Trigonotylus* 属 (異翅目 , メクラカメムシ科) の分類学的再検討 . *Rostria* 48 : 11-19 .

- 127) 佐藤貴子・安永智秀 (1999b) 日本産ホソミドリメクラガメ類の分類と同定 .  
植物防疫 53 : 265-267 .
- 128) Shepard , M . and V . H . Waddill ( 1976 ) Rubidium as a marker for mexican  
bean beetles ,*Epilachna varivestis* (Coleoptera: Coccinellidae) *Can .Entmol .*  
108 : 337-339 .
- 129) Smith, E. S. C. (1977) Presence of a sex pheromone in *Helopeltis clavifer*  
(Walker) (Heteroptera: Miridae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 16:113-116.
- 130) Stewart, S. D. and M. J. Gaylor (1994) Effects of age, sex and reproductive  
status on flight by the tarnished plant bug (Heteroptera: Miridae). *Environ.*  
*Entomol.* 23 : 80-84 .
- 131) Stimmann ,M .W .( 1974 )Marking insects with rubidium: Imported cabbageworm  
marked in the field . *Environ . Entomol .* 3 : 327-328 .
- 132) Strong, F. E., J. A. Sheldahl, P. R. Huhes and E. M. K. Hussein (1970)  
Reproductive biology of *Lygus hesperus* Knight. *Hilgardia* 40:105-143.
- 133) 高橋雄一 (1948) 農業害虫篇 . 養賢堂 , 東京 . 398 pp .
- 134) 竹内秀治・宮下和喜(1975)ハスモンヨトウの交尾時における精胞授受の経過 .  
応動昆 19 : 41-46 .
- 135) 滝田雅美 (2005) アカヒゲホソミドリカスミカメ合成性フェロモントラップ  
による雑草地での誘殺消長 . 北陸病虫研報 54 : 19-22 .
- 136) 田中福三郎・矢吹 正・田付貞洋・積木久明・菅野紘男・服部 誠・臼井健  
二・栗原政明・内海恭一・深見順一 (1987) 交信攪乱法によるニカメイガの防除 .  
応動昆 31 : 125-133 .
- 137) 田中祐輔・松岡延浩・重久眞至・今 久 (2006) Force-Restore モデルを用い  
たアカスジカスミカメ越冬源温度の推定 . 農業環境工学関連 7 学会 2006 年合同大  
会講演要旨集 .

- 138) 寺本憲之 (2003) 斑点米カメムシ類の個体数抑制を考慮した畦畔管理技術 .  
滋賀農総七農試研報 43 : 47-70 .
- 139) Thistlewood, H. M. A., J. H. Borden, R. F. Smith, H. S. Pierce, Jr and  
R. D. McMullen(1989) Evidence for a sex Pheromone in the mullein bug,  
*Campylomma verbasci* (Meyer) (Heteroptera: Miridae). *Can. Entomol.* 121 : 737-744 .
- 140) 豊嶋悟郎・小林莊一・吉濱 健 (2001) 交信攪乱剤ダイアモルアによるレタ  
スのオオタバコガ防除 . 応動昆 45 : 183-188 .
- 141) Trauber, M. and C. A. Tauber (1978) Evolution of Insect Migration and  
Diapause. 53-71, Springer-Verlag, New York.
- 142) 内田俊郎 (1957) 昆虫の発育零点 . 応動昆 1 : 46-53 .
- 143) 上野 清 (2004) 山形県において斑点米を発生させるカメムシ類の生態と防  
除に関する研究 . 山形農試研報 37 : 53-78 .
- 144) Van Steenwyk , R . A . , K . Y . Kaneshiro , N . V . Hue and T . S . Whittier ( 1992 )  
Rubidium as an internal physiological marker for mediterranean fruit  
fly(Diptera : Tephritidae) . *J. Econ. Entomol.* 85 : 2357-2364 .
- 145) Wada, T., M. Kobayashi and M. Shimazu(1980) Seasonal change of the  
proportions of mated females in the field population of the rice leaf roller,  
*Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Pyralidae). *Appl. Entomol.*  
*Zool.* 15 : 81-89.
- 146) Wakamura, S., M. Takai, S. Kozai, H. Inoue, I. Yamashita, S. Kawahara  
and M. Kawamura(1989) Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*  
(Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone . Effect  
of communication disruption in welsh onion fields. *Appl. Entomol. Zool.* 24 :  
387-397 .
- 147) 渡辺和弘 (1992) 三角法による地表面有効積算温度の推定 . 北日本病虫研報

- 43 : 146-148 .
- 148) 渡辺和弘・石井正市・土門 清 (2002) 耕耘によるアカヒゲホソミドリカスミカメ高密度発生源除去対策 . 北日本病虫研報 53 : 168-172 .
- 149) 渡邊朋也・樋口博也 (2006) 斑点米カメムシ類の近年の発生と課題 . 植物防疫 60 : 201-203 .
- 150) Wolfenbarger , D . A . , H . M . Graham , J . B . Nosky and O . H . Lindig (1982) Boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) : Marking with rubidium chloride sprays on cotton and dispersal from cotton . *J . Econ . Entomol .* 75 : 1038-1041 .
- 151) Yamamura, K. (2003) Population estimation by a one-release, two-capture experiment. *Appl. Entomol. Zool.* 38 : 475-486 .
- 152) 山代千加子・小嶋昭雄・藤巻雄一 (1996) 畦畔の雑草管理による斑点米の発生抑制効果 . 北陸病虫研報 44 : 47-50 .
- 153) 安永智秀・高井幹夫・山下 泉・川村 満・川澤哲夫 (1993) 日本原色カメムシ図鑑 . 全国農村教育協会 , 東京 . 380 pp .
- 154) 湯浅和宏 (2006) 水田畦畔雑草と斑点米カメムシ類および斑点米発生の関係 . 植物防疫 60 : 211-214 .