

アカホシカメムシ類とそれらの特異的捕食者 ベニホシカメムシに関する生態学的研究[†]

河野 勝行

(平成20年10月15日受理)

Ecological Studies on *Dysdercus* True Bugs (Heteroptera, Pyrrhocoridae) and Their Specific Predator *Antilochus coqueberti* (Heteroptera, Pyrrhocoridae)

Katsuyuki Kohno

目 次

	d 捕食行動についての観察結果……………50
	e 考察……………50
I 緒言……………16	IV アカホシカメムシ類の生活史特性……………52
II 研究史など……………18	1 アカホシカメムシに対する各種寄主植物の好適性の比較と成長特性……………52
1 日本産アカホシカメムシ類の分類……………18	a 目的……………52
2 日本産アカホシカメムシ類の分布……………21	b 材料と方法……………52
3 棉作害虫としてのアカホシカメムシ類とその生態……………22	c 結果……………53
4 アカホシカメムシ類の天敵……………24	d 考察……………56
5 アカホシカメムシ類の捕食者としてのベニホシカメムシ類……………25	2 ヒメアカホシカメムシに対する寄主植物の好適性の比較……………57
6 問題点の総括……………26	a 目的……………57
III 石垣島におけるホシカメムシ類の生態……………27	b 材料と方法……………57
1 アカホシカメムシ類とベニホシカメムシの寄主植物および生息地の利用様式……………27	c 結果……………57
a 野外調査の目的……………27	d 考察……………57
b 調査地域の概要……………27	3 ズグロシロジュウジカメムシに対する各種寄主植物の好適性の比較……………58
c 季節的な生活史を調査するための場所の選定……………28	a 緒言……………58
d 季節的発生消長に関する野外調査の方法……………31	b 材料と方法……………59
e 結果……………32	c 結果……………59
f 考察……………44	d 考察……………59
2 野外におけるベニホシカメムシによる捕食……………48	4 アカホシカメムシの産卵特性……………59
a 野外調査の目的……………48	a 緒言……………59
b 野外調査の方法……………48	b 材料と方法……………59
c 捕食対象についての結果……………48	c 結果……………59
	d 考察……………60

〒514-2392 三重県津市安濃町草生360

野菜IPM研究チーム

[†] 本論文は京都大学学位審査論文(平成19年3月, 論農博第2642号)を基に編集・加筆したものである。本報告の一部は, *Rostria*, 50, 31-34 (2001); *Entomol. Sci.*, 5, 391-397 (2002); *Appl. Entomol. Zool.*, 38, 103-108 (2003); *Rostria*, 51, 50-52 (2003); *Appl. Entomol. Zool.*, 39, 183-187 (2004); *Appl. Entomol. Zool.*, 39, 661-667 (2004); *Entomol. Sci.*, 8, 313-322 (2005)において発表した。

V	ベニホシカメムシの生活史特性	61
1	ベニホシカメムシの植食性	61
a	目的	61
b	材料と方法	62
c	結果	62
d	考察	62
2	ベニホシカメムシの餌種選好性	63
a	目的	63
b	材料と方法	63
c	結果	64
d	考察	66
3	ベニホシカメムシの発育・繁殖特性	66
a	目的	66
b	材料と方法	66
c	結果	68
d	考察	69
4	ベニホシカメムシの捕食特性	71
a	目的	71
b	材料と方法	71
c	結果	72
d	考察	76
5	捕食実験に使用したカメムシ類についての補足	76
VI	シロジュウジカメムシ種群2種の種間関係	78
1	琉球におけるシロジュウジカメムシ種群2種の分布の実態	78
a	目的	78
b	方法	79
c	結果	79
d	考察	79
2	シロジュウジカメムシ種群2種の分布に影響を与えた要因	80
a	目的	80
b	材料と方法	81
c	結果	81
d	考察	81
VII	総合考察	83
1	アカホシカメムシ類の生活史戦略	83
2	ベニホシカメムシの生活史戦略	86
3	捕食性天敵としてのベニホシカメムシ	87
VIII	摘要	88
	引用文献	91
	Summary	97

I 緒言

昆虫の生活史は、生息地のさまざまな物理・化学的あるいは生物的環境条件との関わりのなかで多様に進化してきたと考えられる。人類の出現以前からそれぞれの生息環境の中でさまざまに生活史を進化させた昆虫は、人類が農業を営むなかで自然環境を改変していくことにより、あるものは農業害虫としての地位を持つようになり、またあるものは農業害虫に対する天敵として認識されるようになったが、さらにまたあるものは人間の活動とはあまり関わりが無いため、よく知られないままになっている。

半翅目 (Hemiptera) 異翅亜目 (Heteroptera) において、ホシカメムシ科 (Pyrrhocoridae) を含むホシカメムシ上科 (Pyrrhocoroidea) はナガカメムシ上科 (Lygaeoidea) の祖先にあたる種群から、ナガカメムシ上科、ヘリカメムシ上科 (Coreoidea) とともに分化して進化したと考えられている (Schaefer, 1964, 1993)。ホシカメムシ上科はオオホシカメムシ科 (Largidae) とホシカメムシ科を含む (Schaefer, 1964, 1993; Schuh ら, 1995; Kerzhner, 2001)。ホシカメムシ上科の二つの科のうち、オオホシカメムシ科の種は知られている限りすべて植食性で、トウダイグサ科 (Euphorbiaceae) の植物群と深い関わりを持っているのに対して、もう一方のホシカメムシ科の種はアオイ目 (Malvales) の植物群と深い関わりを持つ種が多いものの、一部に捕食性の種群があることが知られている (Ahmad ら, 1987; Barrion ら, 2000)。したがって、ホシカメムシ科は食性の進化に関しても興味深い研究材料だと言える。

ホシカメムシ科のカメムシは、日本では琉球に分布する種が多く、九州以北には *Pyrrhocoris* 属の2種が分布するのみである (宮本ら, 1989; 安永ら, 1993)。そのためか、日本国内のホシカメムシ類はこれまでにあまり生態学的な研究の対象とされておらず、フタモンホシカメムシ *Pyrrhocoris sibiricus* Kuschakewitsch, 1866 の翅多型現象に関する一連の研究 (Sakashita ら, 1995, 1996, 1997, 1998a, 1998b, 1998c) があるものの、琉球に分布する *Dysdercus* 属や *Antilochus* 属、あるいは近年初めて記録された *Armatillus* 属 (Miyamoto ら, 2005) の種に関しては研究事例を見つけることができない。

Dysdercus 属は農作物として重要なワタやオクラ (いずれもアオイ科 Malvaceae) を含むアオイ目と深く関わりを持ち、*Antilochus* 属は *Dysdercus* 属のホシカメム

シ(Ahmadら, 1987)や *Dindymus* 属のホシカメムシ(Jacksonら, 2002)を捕食するという記録がある。アオイ目 - *Dysdercus* 属 - *Antilochus* 属という植物 - 植食者 - 捕食者の系は、捕食性昆虫を害虫である植食性昆虫に対する生物的密度抑制要因ととらえて応用昆虫学的な研究対象となりえると思われるが、これまでは断片的な報告があるのみで、十分な研究がなされていない。

わが国では明治時代後半にワタ *Gossypium* spp. の経済栽培が途絶えてしまったため(永原, 1990), 日本国内において棉作害虫に対する研究は全く行われなくなった。しかし、世界的に最も重要な天然繊維素材であるワタは世界の熱帯から温帯に至る地域で広く栽培されており、その栽培における害虫防除に関して化学合成農薬に大きく依存しているという現状がある(Bottrellら, 1977; Luttrellら, 1994など)。しかし、近年はワタ栽培においても害虫の総合的な管理(IPM)の考え方が取り入れられ、アメリカ、オーストラリア、ブラジル、ロシア、中国などを中心として様々な試みが行われるようになってきている(Luttrell, 1994; Fitt, 1994; Ramalho, 1994; Sugonyaev, 1994; Prasifkaら, 1999; Wuら, 2005)。これらの報告の中には *Dysdercus* 属のカメムシは害虫として断片的にしか登場しないが、これは熱帯および亜熱帯地域に分布する *Dysdercus* 属の分布域とこれらの報告がある地域が地理的にほとんど重ならないことによるものであると考えられる。アジア・アフリカ地域の発展途上国を含む熱帯・亜熱帯地域の棉作におけるIPM体系の構築は、現在における課題であり、*Dysdercus* 属のカメムシは防除の対象として考慮しなければならない害虫である(例えば、Chemengichら, 1998; Ochouら, 1998)。そのなかで、*Antilochus* 属のカメムシを *Dysdercus* 属のカメムシの生物的密度抑制要因ととらえてその生態的特性を明らかにすることは、熱帯・亜熱帯地域の棉作におけるIPM体系を構築し、化学合成農薬の使用を削減するために大きな意味を持つと言える。

安永ら(1993)によれば、石垣島にはアオイ目と関わりを持つ4種の *Dysdercus* 属のカメムシ、すなわちアカホシカメムシ *D. cingulatus* (Fabricius, 1775)、ヒメアカホシカメムシ *D. poecilus* (Herrich-Schaeffer, 1844)、シロジュウジカメムシ(シロジュウジホシカメムシ) *D. philippinus* Herrich-Schaeffer 1853、ズグロシロジュウジカメムシ(ズグロシロジュウジホシカメムシ、クロジュウジホシカメムシ) *D. decussatus* Boisduval, 1835と、捕食性とされる1種の *Antilochus* 属のカメム

シ(Ahmadら, 1987)、すなわちベニホシカメムシ *A. coqueberti* (Fabricius, 1803)が分布するとされている。石垣島ではオクラの栽培は行われているものの、ワタの経済栽培は行われていないため、実際の棉作圃場における実証的な研究はできないが、これまで生態的な研究がほとんど行われていないこれらのホシカメムシ類のさまざまな生態的特性や、野生アオイ目植物 - *Dysdercus* 属 - *Antilochus* 属という系の中でベニホシカメムシを生物的密度抑制要因ととらえた研究を石垣島で行うことは、実際に棉作が行われていて *Dysdercus* 属のカメムシによる被害が問題となっている東南アジア諸国において、ベニホシカメムシを *Dysdercus* 属カメムシに対する生物的密度抑制要因として応用することの基礎となると考えられる。

本論文では、第II章でこれまでに行われてきたアカホシカメムシ類やベニホシカメムシ類に関する研究について総括し、ここで実施する研究内容の位置づけを行い、第III章でアカホシカメムシ類とベニホシカメムシの野外における観察調査を行うことによって野外における生態を明らかにし、第IV章でアカホシカメムシ類について、第V章でベニホシカメムシについての室内実験を行うことによって生態的特性を明らかにし、第VI章では分類学的に問題が残されているシロジュウジカメムシ類について検討し、第VII章で全体を総括する。

この研究の遂行にあたり、以下に名前をあげた方々のご協力を得た。ここに厚くお礼申し上げる。研究を始めるきっかけになったのは、那覇市在住の木村正明氏、杉本雅志氏、浦添市在住の稲田悟司氏から生きた状態のベニホシカメムシ成虫を譲り受けたことである。この研究を始める以前に、国際農林水産業研究センター沖縄支所の私の前任者である榊原充隆氏により、ベニホシカメムシの生態に関する予備的な研究が行われており、未発表の様々な知見をお教えいただいた。カメムシ類の分類に関しては、埼玉大学の林正美教授、国立科学博物館の友国雅章部長、前九州大学の宮本正一氏、国際協力機構の安永智秀氏、東京農業大学の石川忠氏、元愛媛大学の菊原優作氏にご意見をうかがった。カメムシ類の標本の調査に関しては、このほかに北海道大学の原昌宏氏、農業環境技術研究所の安田耕司氏、吉松慎一氏、中谷至伸氏、大阪市立自然史博物館の金沢至氏のご配慮をいただいた。カメムシ類の生態に関しては、元高知県農業技術センターの高井幹夫氏、元群馬県農業試験場の原栄一氏、石垣島在住の福本三千円氏から様々な情報をいただいた。植物に関しては、元国際農林水産業研究センターの故野

田千代一氏, 国際農林水産業研究センター沖縄支所の小沢聖氏, 果樹研究所の小川一紀氏, 深町浩氏, 北海道農業研究センターの眞岡哲夫氏, 石垣島在住の深石隆司氏, 谷崎樹生氏にご教示いただいた。石垣島における野外調査では, 大和浩二氏, 島尻勝人氏, 平田正和氏, 識名安輝氏にご協力いただいた。実験用植物の管理では, 元国際農林水産業研究センター沖縄支所の大工美代子氏にお世話になった。農業生物資源研究所の今野浩太郎氏, 森林総合研究所の松本和馬氏には, 熱帯の生物の生態についてお話をうかがった。実験に使用したカメムシ類の一部は国際農林水産業研究センター沖縄支所の中田唯文氏に, 実験に使用した植物種子の一部は東北農業研究センターの山崎篤氏にご提供いただいた。ベトナム国における棉栽培の現地視察の際には, ベトナム国南部果樹研究所のHuynh Tri Duc氏, ベトナム国ワタおよび繊維作物研究所のMai Van Hao氏, Tran The Lam氏にお世話になった。元国際農林業協力協会研修員で松山市在住の藤原正博氏にはベニホシカメムシの捕食に関する実験の予備実験を行っていただいた。国際農林水産業研究センター沖縄招聘研究員でベトナム国ワタおよび繊維作物研究所のBui Thi Ngan氏には, アカホシカメムシの発育およびベニホシカメムシの捕食に関する実験の多くの部分を共同研究として行っていただくとともに, 石垣島における野外調査でご協力いただいた。元国際農林水産業研究センター沖縄支所の高橋敬一氏には, 日常の様々な生態学の問題に関する議論の相談相手になっていただいた。国際農林水産業研究センター沖縄支所の歴代支所長の鈴木正昭氏, 浅沼修一氏には様々なご配慮をいただいた。擬態および配偶干渉に関する理論については京都大学の西田隆義氏にご教示いただいた。この論文のとりまとめにあたり, 京都大学の藤崎憲治教授にはご指導いただくとともに, 励ましをいただいた。

最後になったが, 休日等に野外調査につきあってもらった妻と三人の息子たち, また遠くから研究を暖かく見守ってくれた両親にも感謝する。

II 研究史など

1 日本産アカホシカメムシ類の分類

アカホシカメムシ類 (genus *Dysdercus* Guérin Méneville, 1831) は, 南アメリカ原産の *D. peruvianus* Guérin Méneville, 1831 を模式種とする属で (van Doesburg, 1968; Kerzhner, 2001), 全世界の熱帯・亜熱帯地域に分布し, 寄主植物として経済的に非常に重要

なワタを含むアオイ目に依存していることと, 中型～大型種が多く, いずれの種も警告色のな外観を持っている (Myers, 1928) ことなどから, 古くから研究の対象とされてきた。分類学的な研究として, 旧北区, エチオピア区, 東洋区, オーストラリア区の旧世界に分布する種については Freeman (1947) の総説があり, 南北アメリカの新世界に分布する種については van Doesburg (1968) の総説がある。アカホシカメムシ類には汎世界的な分布を示す種はなく, それぞれの地域においてそれぞれ種分化している。

日本におけるアカホシカメムシ類に関する記述は, 松村 (1905) に始まると思われる。松村 (1905) には沖縄産アカホシカメムシ類として *D. cingulatus* 1 種のみがリストに上げられ, *D. poecilus* と *D. solenis* (Herrich-Schaeffer, 1843) が *D. cingulatus* の新参異名とされているが, その後この2種のいずれも独立種として認められている (Freeman, 1947; Miyamotoら, 2003など)。

その後, 松村 (1913) には, *D. cingulatus* がリストされるとともに, 沖縄産の標本をもとに *D. crucifer* が新種として記載されている。松村 (1913) に示されている図版から判断すると, この種は安永ら (1993) などによって現在は *D. philippinus* として扱われている種に該当する。松村 (1913) 以前に Stål (1870) が Pulo Loz 産の標本をもとに *D. crucifer* として新種を記載しているため, 松村 (1913) が記載した *D. crucifer* は新参同名となり国際動物命名規約上無効である。Schmidt (1932) は *D. sauteri* を新種として記載するにあたり, "*D. sauteri* は Stål (1870) が記載したのではなく松村 (1913) が記載した *D. crucifer* に相当する種である" と記述していることから, *D. crucifer* Stål, 1870 と *D. crucifer* Matsumura, 1913 の間には形態的な差異があると解釈される。しかしながら, *D. crucifer* Stål, 1870 と *D. crucifer* Matsumura, 1913 のいずれも, Freeman (1947) によって *D. decussatus* Boisduval, 1835 の新参異名とされている。

さらに Esaki (1926) は台湾産のホシカメムシ類として, *D. megalopygus* Breddin, *D. poecilus* (Herrich-Schaeffer), *D. crucifer* Stål, *Antilochus coqueberti* (Fabricius) をあげており, "*D. crucifer* Stål は琉球にも普通に見られ, まれに南日本でも見つかる" と記されている。*D. megalopygus* はその後 *D. cingulatus* の新参異名とされている (Freeman, 1947 など)。江崎 (1926) には琉球に分布する *D. crucifer* を *D. crucifer* Stål, 1870 としていることから判断すると, *D. crucifer* Stål, 1870

と *D. crucifer* Matsumura, 1913 の間に、形態的な差異が認められないことになる。

Takara (1957)には琉球に分布する *Dysdercus* 属として、シロジュウジカメムシ *D. philippinus*, アカホシカメムシ *D. megalopygus*, ヒメアカホシカメムシ *D. poecilus* の3種があげられており、シロジュウジカメムシの学名として *D. philippinus* が使用されているとともに、図版には安永ら (1993) 等によってズグロシロジュウジカメムシとして扱われている種の写真が示されている。江崎 (1937) は、パラオ諸島コロール島で採集された個体に *D. philippinus* の学名を使用すると同時に、琉球に分布するシロジュウジカメムシ類の学名として *D. philippinus* を使用しているので、Takara (1957) はそれをそのまま引用したものと思われる。これはあとで記述するように明らかに誤同定であるとともに、シロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシの間の違いの認知について混乱があることを示している。

この研究を始める時点での日本に分布するとされるアカホシカメムシ類は、宮本ら (1989), 安永ら (1993), 林 (2002) にあげられている4種、すなわち、アカホシカメムシ *D. cingulatus*, ヒメアカホシカメムシ *D. poecilus*, シロジュウジカメムシ *D. philippinus*, ズグロシロジュウジカメムシ *D. decussatus* である。前2種は *Paradysdercus* 亜属、後2種は *Leptophthalmus* 亜属に分類される (Kerzhner, 2001)。

しかしながら、Stehlikら (1999) は、日本および台湾に分布するとされる *D. philippinus* が *D. decussatus* の誤同定であると指摘している。安永ら (1993) に *D. philippinus* として示されている種の特徴は、Freeman (1947) に記述されている *D. philippinus* の形態的な特徴、すなわち、大型で黒色の頭部を持ち、赤色ないし黄色の小楯板を持つなどということとは明らかに異なっており、Freeman (1947) に記述されている *D. decussatus* の持つ大きな形態的な変異の中に含まれる。また Beccariら (1970) に示されている *D. decussatus* の図版は、安永ら (1993) に *D. philippinus* として示されているものと一致する。したがって、Freeman (1947) に記述されている形態的な特徴と Stehlikら (1999) の指摘に従えば、日本に分布するシロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシは同種として扱わなければならないことになる。また、Stehlik (1965) には模式産地に近いソロモン諸島で採集された *D. decussatus* の図が示されているが、それは日本に分布する2種のシロジュウジカメムシ類とは斑紋が大きく異なっている。以上に

記したことは、この2種を含む種群には分類学的な問題点が今なお残されており、Freeman (1947) あるいはそれ以前に *D. decussatus* の新参異名とされた種 (*D. cruciatus* Montrouzier, 1855; *D. fabricii* Montrouzier, 1855; *D. crucifer* Stål, 1870; *D. simplex* Walker, 1873; *D. papuensis* Distant, 1888; *D. decorus* Breddin, 1901; *D. crucifer* Matsumura, 1913; *D. simon* Taeuber, 1927; *D. jacobsoni* Blöte, 1931; *D. sumatranus* Schmidt, 1932; *D. sauteri* Schmidt, 1932) の中には、いくつかの独立種が含まれる可能性が高いことを意味する。

この論文では、日本に分布するシロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシを、この2種の中間的な形態を示す個体が知られていないことと、同定に誤りがあるとは言え、それぞれ独立の2種として扱われてきている (宮本ら, 1989; 安永ら, 1993; 林, 2002 など) ことから、それぞれを独立した種として扱うことにする。そして、複数の種を含むと思われる Freeman (1947) による *D. decussatus* は本論文の中では「シロジュウジカメムシ種群 (*Dysdercus decussatus* species group)」という表現で扱うこととし、和名でシロジュウジカメムシに該当する種を *Dysdercus* sp. 1、和名でズグロシロジュウジカメムシに該当する種を *Dysdercus* sp. 2 として扱うこととする。これらの点について、本研究の中でもさらに詳しく分類学的な種の扱いについて検討することにする。

アカホシカメムシには二つの亜種、すなわち、基亜種 *D. cingulatus cingulatus* (Fabricius, 1775) と *D. cingulatus nigriventris* Stehlik, 1965 が認められているが、亜種 *nigriventris* はソロモン諸島イザベル島特産で、日本を含むその他の地域のものとは基亜種に分類されている。

ヒメアカホシカメムシには黒色の斑紋の大きさに大きな変異が認められているが、この変異は連続的であり、交雑実験の結果からも、亜種に分けるほどではないとされている (Starr, 1989)。

林 (2002) 以降、Miyamotoら (2003) によって、東南アジア島嶼部に分布範囲を持つハレギアカホシカメムシ *D. solenis* が石垣島と西表島から記録されたが、石垣島や西表島では6月下旬の限られた時期にしか採集されていないので、石垣島や西表島に土着しているわけではなく、主な分布地であるフィリピンなどから南西の季節風に乗って飛来した個体が採集されたと推察されている。この種は *Paradysdercus* 亜属に分類されている。

このほかにも *D. mesiostigma* Distant, 1888も石垣島を含む琉球各地で採集されていることが知られている(原, 未発表; 河野, 未発表). Stehlíkら(1999)によれば *D. mesiostigma* Distant, 1888は *D. fuscomaculatus* Stål, 1863の新参異名だとされるが, Stål (1863)による *D. fuscomaculatus*の形態的な記述とDistant (1888)による *D. mesiostigma*の形態的な記述の間には一致しない部分があるので, この論文では, オオアカホシカメムシ *D. mesiostigma* Distant, 1888として扱う. この種は *Leptophthalmus* 亜属に分類されている.

以上のように, 日本に分布しているか, あるいは一時的に飛来したと推測される個体が記録されているアカホシカメムシ類は, *Paradysercus* 亜属のアカホシカメムシ, ヒメアカホシカメムシ, ハレギアカホシカメムシ, *Leptophthalmus* 亜属のシロジュウジカメムシ, ズグロシロジュウジカメムシ, オオアカホシカメムシの合計6種となる. ここで, これらの形態について簡単に記述する.

アカホシカメムシ

D. cingulatus (Fabricius, 1775)

Fig.1. 体長15mm内外. 頭部は赤色. 前胸背面は赤色で前縁は白色. 前翅は革質部が赤色で先端の膜質部が黒色となり, 革質部中央に黒色の斑紋がある. 小盾板は黒色である. 胸部腹面は黒色で, 腹部腹面は黒色で, 各節の基部が白色になっており, 縞模様になっている. 各脚は黒色.



Figs.1-6 Appearance of *Dysdercus* bugs inhabiting Japan; 1, *D. cingulatus*; 2, *D. poecilus*; 3, *D. solenis*; 4, *Dysdercus* sp.1; 5, *Dysdercus* sp.2; 6, *D. mesiostigma*.

ヒメアカホシカメムシ

D. poecilus (Herrich-Schaeffer, 1844)

Fig.2. 体長12mm内外. 前胸背は橙色で, 3分の1ほどは黒色, 前縁は白. 前翅は革質部が橙色で先端の膜質部が黒色となり, 革質部中央に黒色の斑紋があるが, この斑紋には大きな個体変異があり, 完全に消失するものもある. 各脚は黒色.

ハレギアカホシカメムシ

D. solenis (Herrich-Schaeffer, 1843)

Fig.3. 体長16mm内外. アカホシカメムシによく似ているが, 地色は橙色がかった明るい赤色で, 前翅革質部の黒色の斑紋の周囲が灰色になり, 小盾板が地色と同じ橙色がかった明るい赤色である点が異なる. 各脚は黒色だが, 各腿節基部はやや赤味がかかる.

シロジュウジカメムシ *Dysdercus* sp.1

Fig.4. 体長14mm内外. 成虫の頭部は赤色. 幼虫の頭部は赤色から黒色までの変異がある. 前胸背面は赤色で, 前部中央に黒色の斑紋があり, 前縁部が白色. 側縁部のくびれはほとんどない. 頭部と前胸背面は次種より艶が弱い. 前翅の前縁は赤色で, 翅が閉じている状態では, 中央の黒色部に白色のX紋がある. 各脚は黒色.

上に記した形態的な特徴は, 台湾・高雄産の標本をもとに記載された *D. sauteri* Schmidt, 1932の特徴(Schmidt, 1932)に極めてよく一致する.

ズグロシロジュウジカメムシ *Dysdercus* sp.2

Fig.5. 体長14mm内外. 頭部は黒色. 前胸背面は赤色

で前縁部が白色。側縁部は中間よりやや前方でくびれている。頭部と前胸背面は前種より艶が強い。前翅の前縁は赤色で、翅が閉じている状態では、中央の黒色部に白色のX紋がある。各脚は黒色。

上に記した形態的な特徴は、フィリピン・ミンダナオ産の標本をもとに記載された*D. simon* Taeuber, 1927の特徴 (Taeuber, 1927)に極めてよく一致する。

オオアカホシカメムシ

D. mesiostigma Distant, 1888

Fig.6. 体長22mm内外で、我が国で採集記録がある*Dysdercus*属の中では最大の種である。頭部はやや暗い橙色。前胸背面、前翅はややくすんだ明るい橙色だが、個体変異がある。

2 日本産アカホシカメムシ類の分布

さらにここで、日本に分布しているか、あるいは一時的に飛来したと推測される個体が記録されている6種のアカホシカメムシ類の分布について、これまでの文献に記されている内容について整理しておきたい。以下、年代が古い順に記述する。

Taeuber (1927)にはオオアカホシカメムシ*D. mesiostigma*, 現在ではシロジュウジカメムシ類としてまとめられている新種*D. simon*, ハレギアカホシカメムシ*D. solenis*, *D. megalopygus*としてアカホシカメムシ, ヒメアカホシカメムシ*D. poecilus*のほか、日本で誤同定として記録されているものとは異なる真の*D. philippinus* Herrich-Schaffer, 1853のフィリピンの主な島ごとの分布が示されている。

江崎 (1931)には台湾紅頭嶼 (蘭嶼) にシロジュウジカメムシ*D. crucifer* Stål, 1870が分布すると記されている。

Schmidt (1932)は他地域のものも含むが、アジアを中心とした地域のホシカメムシ科をまとめたものであり、Freeman (1947)などによってアカホシカメムシ*D. cingulatus*の新参異名として扱われている*D. megalopygus*, アカホシカメムシ*D. cingulatus*, ヒメアカホシカメムシ*D. poecilus*, ハレギアカホシカメムシ*D. solenis*のほか、Freeman (1947)により、いずれもシロジュウジカメムシ類としてまとめられている*D. crucifer* Stål, 1870がリストにあげられるとともに、台湾高雄産の標本をもとにした新種*D. sauteri* Schmidt, 1932, スマトラ産の標本をもとにした新種*D. sumatranus* Schmidt, 1932が記載され、この2種の新種に近縁な*D. philippinus*, *D. simplex*, *D. simon*, *D.*

crucifer, *D. decorus*との識別点が示されている。

Kapurら (1956)にはインドに分布する*Dysdercus* 8種の分布が図で示されており、この8種には、*D. solenis*を除く日本産5種 (シロジュウジカメムシ類を2種と数えた場合)が含まれている。

Stehlík (1965)にはソロモン諸島にアカホシカメムシの基亜種*D. cingulatus cingulatus*と亜種*D. cingulatus nigriventris* (イザベル島に特産), シロジュウジカメムシ類の基亜種*D. decussatus decussatus* Boisduval, 1835が分布すると記されている。

Beccariら (1970)は全世界の*Dysdercus*の目録で、各国ごとに分布する種のリストがつけられている。これによれば、日本には*D. decussatus* 1種のみが分布するとされている。このほか、アカホシカメムシ*D. cingulatus*, オオアカホシカメムシ*D. mesiostigma*, ヒメアカホシカメムシ*D. poecilus*, ハレギアカホシカメムシ*D. solenis*がリストにあげられているが、日本に分布するとは記述されていない。

Gross (1975)にはニューヘブリデスにおける*D. decussatus*の分布が記録されている。

Kerzhner (2001)は旧北区に分布するホシカメムシ上科の目録であり、日本に分布する種として、シロジュウジカメムシ類 (1種としてリストに上げられているが、2種を含むと解釈される), オオアカホシカメムシ*D. mesiostigma*, アカホシカメムシ*D. cingulatus*, ヒメアカホシカメムシ*D. poecilus*の4種 (5種を含むと解釈される)があげられており、それらの分布が記述されている。

林 (2002)は琉球列島に分布するカメムシ目の目録であり、それ以前の文献に現れた分布の記録と、この目録で新たに記録された分布の記録が、それぞれ明示されて示されている。この目録において新たな分布地として明示されている分布記録に関しては、シロジュウジカメムシ類 (この目録では従前通り、シロジュウジカメムシに*D. philippinus*, ズグロシロジュウジカメムシに*D. decussatus*の学名が充てられている) 2種の間と同定に関する誤りはないと考えられる。しかし、それ以前の文献の記録のこの2種の間には同定の問題があると考えなければいけないので、林(2002)で新たに記録された分布の記録のみを、2種のシロジュウジカメムシ類の信頼できる分布の記録として扱うことにする。

日本に分布するアカホシカメムシ類の種の分布を世界的な範囲で見ると、以上の文献の記述を総合して以下のようにまとめられる。

アカホシカメムシ

D. cingulatus (Fabricius, 1775)

模式産地はオーストラリア。

奄美諸島（沖永良部島）、沖縄諸島（伊平屋島、沖縄島、渡嘉敷島、阿嘉島）、先島諸島（宮古島、石垣島、竹富島、西表島、波照間島、与那国島）；台湾、中国南部、海南島、ベンガル、アッサム、ミャンマー、タイ、ベトナム、カントン、マレーシア、スマトラ、ジャワ、バリ、ボルネオ、フィリピン諸島、マルッカ諸島、テニンパー、ニューギニア、ニューアイルランド、ソロモン諸島、ニューカレドニア、オーストラリア北部。

本種はミャンマー、インドからアフガニスタンにかけて分布している *D. koenigii* (Fabricius, 1775) と形態的に似ているとともに、ほぼ側所的に分布していると思われる。

ヒメアカホシカメムシ

D. poecilus (Herrich-Schaeffer, 1844)

模式産地はジャワ。

沖縄諸島（沖縄島）、先島諸島（石垣島、西表島、与那国島、黒島）；台湾、中国南部、シッキム、アッサム、ミャンマー、タイ、ベトナム、マレーシア、スマトラ、ジャワ、バリ、ボルネオ、フィリピン諸島

本種はニューギニアからオーストラリアに分布する *D. sidae* Montrouzier, 1861 と形態的に似ているとともに、ほぼ側所的に分布していると思われる。

ハレギアカホシカメムシ

D. solenis (Herrich-Schaeffer, 1843)

模式産地はフィリピン。

先島諸島（石垣島、西表島）；フィリピン、ボルネオ、スラウェシ。

シロジュウジカメムシ種群

D. decussatus species group

D. decussatus の模式産地はソロモン群島カーテレット諸島。

琉球（奄美諸島以南の南西諸島）；台湾、中国南部、インドシナ半島、マレー半島、スリランカ、アンダマン諸島、ニコバル諸島、インドネシア、フィリピン、ニューギニア、ソロモン諸島、オーストラリア北部。

Freeman (1947) によって *D. decussatus* の新参異名とされた種は多数あり、それらの中には独立種が含まれている可能性が高いが、ここに示した分布はそのすべての種を含む種群の分布である。日本に分布する2種のシロジュウジカメムシ類の分布については、第VI章で検討する。

オオアカホシカメムシ

D. mesiostigma Distant, 1888

模式産地は中国・廈門。

奄美諸島（奄美大島）、沖縄諸島（沖縄島）、先島諸島（石垣島、西表島）；中国南部、インドシナ半島、マレー半島、スリランカ、インドネシア、フィリピン、ニューギニア、ソロモン諸島。

以上を簡単にまとめると、ハレギアカホシカメムシの分布は東南アジア島嶼部に限られるが、それ以外の種は東南アジア地域に比較的広く分布すると言える。

3 棉作害虫としてのアカホシカメムシ類とその生態

アカホシカメムシ類 *Dysdercus* を含むホシカメムシ科 *Pyrrhocoridae* のカメムシは種子食に特化したものが多く、なかでも *Pyrrhocoris* 属のように地表徘徊性で落下した樹木の種子に依存しているものが多い。その中で *Dysdercus* 属も種子食に特化しており、その中には地上に落下した種子に依存している種もあるが (Adisら, 1982)、植物体上にも進出した特異な一群だと言える。

Dysdercus 属はほとんどすべての種が警告的な色彩を持っているが、植物上で生活する性質と無関係ではないと思われる。

アカホシカメムシ類はすべての種が棉作害虫として認識されているわけではないが、寄主植物としてワタを含むアオイ目の植物に大きく依存しているため (Ahmadら, 1987)、棉作害虫として研究の対象とされていることが、アカホシカメムシ類の生態研究の大きな一つの柱となっている。アジア・オセアニア地域では、*D. koenigii* (Fabricius, 1775) がアフガニスタンからインド、ミャンマーに至る地域とスリランカで (Chauthaniら, 1966; Kamble, 1974; Quayumら, 1980; Srivastavaら, 1995)、アカホシカメムシ *D. cingulatus* がインド東部からインドシナ半島、中国南部、マレー半島、インドネシア、フィリピン、ニューギニアに至る地域で (Maxwell-Lefroy, 1908; 岩田, 1975, 1978a; Ahmadら, 1980; Dhiman 1985; Siddiqi, 1988; Ambroseら, 1999)、*D. sidae* がオーストラリア北部で (Ballardら, 1928)、アフリカ地域では *D. fasciatus* Signoret, 1881 と *D. voelkeri* Schmidt, 1932 がガーナで (Fuseiniら, 1975b)、*D. supersticiosus* (Fabricius, 1775) がチャドで (Galichet, 1956)、*D. fasciatus* がスーダンで (Whitfield, 1933)、*D. intermedius* Distant, 1902 と *D.*

fasciatus がニヤサランドで (Sweeney, 1960), アメリカ地域では, *D. delauneyi* (Lethierry, 1881) (= *D. fulvoniger discolor* Walker, 1872) がセントビンセントで (Sands, 1917), *D. peruvianus* がペルーで (Berry, 1951) 棉作害虫として認識され, これまでに害虫として研究対象とされてきた歴史がある. 台湾でヒメアカホシカメムシがワタの害虫になっているという記述も認められるが (安永ら, 1993 など), あとで述べるように, アカホシカメムシの誤同定である可能性が非常に高い.

日本に分布するアカホシカメムシ類のこれまでに記録されている寄主植物は以下のとおりである. アカホシカメムシはリュウキュウトロアオイ, タチアオイ, オオハマボウ, フヨウ, ムクゲ, ハイビスカス, ワタ, キワタ, オクラ, アオギリ (安永ら, 1993). ヒメアカホシカメムシはシマフジバカマ (川沢ら, 1975). シロジュウジカメムシはオオハマボウ, ハイビスカス (安永ら, 1993). ズグロシロジュウジカメムシはムクゲ, フヨウ, オオハマボウ (安永ら, 1993) である. しかし, これらはいずれも何かの文献を引用したものであり, それぞれの著者の観察によるものではないので, 再検討の必要があると思われる.

アカホシカメムシ類によるワタの被害として問題になるのは, 果実を吸汁されることによって果実が正常な発達をしなかったり, 種子を吸汁されることによって種子が発芽できなくなったり, 排泄物によって綿の繊維が汚染されたりという直接的な被害である場合と, ワタの果実に感染する微生物を媒介する間接的被害の場合がある (Withycombe, 1924; Ballard ら, 1928; Williams, 1934). アカホシカメムシ類の英名 "Cotton Stainer" はワタの莢の中を錆のような色にする性質に基づいている (Williams, 1934; van Doesburg, 1968). いずれの場合も, 最終的な収穫物である果実が被害を受けるという点において, 害虫の密度が低くても経済的な被害の程度が大きくなる.

アカホシカメムシ類の薬剤に対する感受性は低くない (Mambiri ら, 1988) にもかかわらず, その防除が難しい理由として, 一般に移動能力が大きい (Southwood, 1962; Dingle ら, 1973) ことと, 野生の代替寄主植物が存在することがあげられる (Sands, 1917; Tengecho, 1994). 岩田 (1978a) にはアカホシカメムシのワタ圃場への侵入行動についての記述がある. 岩田 (1978a) によれば, ワタの果実が肥大してくると, アカホシカメムシは圃場外から圃場内に侵入し, 一旦侵入した個体は圃場内で交尾し産卵するが, それと同時に移動力を失うとい

うことである. 圃場に侵入し定着する過程における飛翔筋の変化に関する研究もいくつかの種で行われている.

Edwards (1969, 1970) はアフリカ産のアカホシカメムシの一種 *D. intermedius* の飛翔筋の組織分解が摂食や交尾によって促進され, ホルモンが関係していることを明らかにし, Davis (1975) は *D. fulvoniger* の雌が餌を摂取しないと飛翔筋を組織分解せず, 交尾は飛翔筋の組織分解には関係なく, 幼若ホルモンによって飛翔筋が組織分解されることを明らかにした. さらに Nair ら (1985a, b, c) はアカホシカメムシについて, 飛翔筋の組織分解には交尾が重要であり, 餌の摂取や幼若ホルモンが飛翔筋の組織分解を促進することを明らかにしている. アフリカでは, *D. voelkeri* などのアカホシカメムシ類が大規模な移動をすることが明らかになり, カメムシ自身の内因的な移動のリズムや (Duviard, 1972), 熱帯前線の移動や赤道収束帯の移動との関連が論じられている (Duviard, 1973, 1977). 代替寄主植物, すなわち経済作物ではない野生植物を取り除くと, アカホシカメムシ類の密度を低下させることができるという記述があり (Williams, 1934), 野生の寄主植物を餌としてワタとの違いを実験室内で比較した研究はあるものの (Chemengich ら, 1998; Tengecho ら, 1998), 野生の代替寄主植物上におけるアカホシカメムシ類の生態については, これまでにはごく少数の研究事例 (Sands, 1917; Tengecho, 1994) しかないように思われる.

アカホシカメムシ類の生態については, 幼虫期においてとくに顕著に認められる集合性に関する研究事例もある (Youdeowei, 1966, 1967, 1969; Melber, 1979, 1980; Monteith, 1982). アフリカ産の *D. intermedius* では, 脱皮前の休息時に集合性が高まり, 集合の形成には匂いが関与している (Youdeowei, 1966). また, 高密度では脱皮が同調し, 死亡率が下がり, 未交尾成虫の卵巣成熟を促進する (Youdeowei, 1967). *D. cardinalis* Gerstaecker の幼虫の集団形成には視覚的な刺激が関与している (Melber, 1980). アカホシカメムシは次に述べるように警告的な色彩を持つが, 幼虫期の集合性は警告的な色彩と関連している可能性がある. アカホシカメムシ類と同様に警告的な色彩のヘリカメムシ Coreidae の一種の幼虫において, 集団形成にフェロモンが関係していることが明らかにされている (Aldrich ら, 1978).

アカホシカメムシ類の警告的な色彩に関する報告も少なからず見られる (Myers, 1928; Zrzavy, 1994; Zrzavy ら, 1997). 警告色は一般的に天敵による捕食を回避する効果があるとされている (Wickler, 1968). アカホシ

カメムシ類においても警告的色彩のために有力な天敵がないという報告がある (Williams, 1934). アカホシカメムシ類の警告的色彩に類似した色彩はホシカメムシ科以外の科にも見られ, とくにナガカメムシ科 Lygaeidae マダラナガカメムシ亜科 Lygaeinae で顕著であり, マダラナガカメムシ亜科を対象として警告的色彩についての生態学的な研究が行われている (von Euw ら, 1971; Duffey ら, 1974; Sillén-Tullberg ら, 1982, 2000; Sillén-Tullberg, 1985; Evans ら, 1986). von Euw ら (1971) はセイヨウキョウチクトウ *Nerium oleander* を寄主植物とする警告的な色彩の2種のマダラナガカメムシ類の体内から寄主植物に含まれる有毒な cardiac glycoside を発見した. Duffey ら (1974) は警告的な色彩のマダラナガカメムシの一種 *Oncopeltus fasciatus* が寄主植物である有毒なガガイモ科のオオトウワタ *Asclepias syriaca* から cardiac glycoside を摂取し蓄積することを発見した. 警告的な色彩のマダラナガカメムシの一種 *Lygaeus equestris* は目立つことで捕食を回避しており (Sillén-Tullberg ら, 1982), 隠蔽色の変異型を用いた実験では隠蔽色のものが多く捕食され, それが鳥が学習することによることが示された (Sillén-Tullberg, 1985). 有毒なキョウチクトウと無毒のヒマワリで育てた警告的な色彩のマダラナガカメムシの一種 *Caenocoris nerii* は同様に鳥の攻撃を受けたが, 有毒な餌で育てた方が多く生き残った (Evans ら, 1986). 同様の結果は, は虫類であるトカゲを用いた実験でも得られている (McLain, 1984). アカホシカメムシ類の警告的色彩は, 寄主植物であるワタの種子などに含まれる有毒なゴッシポール色素を体内に保持していることと関係しているという報告があるが (Fuseini ら, 1975a; Aldrich, 1988), マダラナガカメムシ類ほど詳しく研究されていない. したがって, アカホシカメムシの警告的色彩は, ミュラー型擬態であるのかベイツ型擬態であるのか (Wickler, 1968), はっきりわかっていない. アカホシカメムシ類やマダラナガカメムシ類などのような警告色彩的な色彩のカメムシでは臭腺の発達が悪い傾向にある (Schaefer, 1972). アカホシカメムシの外分泌腺の構造と分泌される物質に関しては詳しい研究がある (Farine, 1987; Farine ら, 1992, 1993)

アカホシカメムシ類の研究における新しい流れとして, 移動と定着に関わる形質群と寄主植物の季節性ととの相互関係を扱ったものがある (Derr, 1980a, b, 1981; Derr ら, 1981; Kasule, 1985, 1990). すなわち, 餌として植物の果実や種子に大きく依存しているアカホシカメムシ類の

繁殖にとって, 寄主植物の開花, 結実の季節性は生活史に対する大きな制約要因となっていると考えられる. アオイ目の植物は木本性の種が多いが, 草本性の種や, 木本性ではあるが生態的には多年生草本とほとんど同じものもあり, 生活様式は非常に多様である. Derr ら (1981) はアフリカ産とアメリカ産のアカホシカメムシ類において, 体の大きさと寄主植物の生態的な特性から, 繁殖戦略がおおまかに3種類に分類されると予測した. すなわち, 大型のアカホシカメムシ類は, 脂肪分に富んだ大型の種子を实らせるが結実時期が一年のうち特定の時期に限られる典型的な木本性の寄主植物を特異的に利用して, 大型の卵を多数産んで繁殖し, 寄主植物の果実がなくなると移動するか休眠する ("specialist migrant colonizer"). 中型のアカホシカメムシ類は大型種ほどの移動性や休眠性を持たず, 典型的な木本性の種と比べると時間的, 空間的により普遍的に存在する, 多様な木本性や灌木性の寄主植物の種子を広く利用して, より小型の卵を多数産んで繁殖する ("generalist migrant colonizer"). 小型のアカホシカメムシ類は, 栄養的に乏しいが, 時間的, 空間的に最も普遍的に存在する灌木性や多年草本性の寄主植物の種子を利用して, 最も小型の卵を少数ずつ産むことによって危険を分散するように繁殖する ("non-colonizer"). Kasule (1985) はアフリカ産のアカホシカメムシ類について, 形態的な特徴や繁殖特性を実験室内で調べ, 必ずしもあてはまらない部分もあるものの, Derr ら (1981) の予測がアフリカ産のアカホシカメムシ類にほぼあてはまることを明らかにした. しかしながら, 寄主植物とそれに依存するアカホシカメムシ類についての季節的な寄主植物の利用様式を種間で比較した野外研究はこれまでに行われていない. また, アジア, オセアニア地域に分布するアカホシカメムシ類に関しては, この種の研究はこれまでに行われていない.

4 アカホシカメムシ類の天敵

アカホシカメムシ類を含むホシカメムシ上科に分類されるカメムシ類の天敵類については Schaefer ら (1987) にまとめられており, 新世界においてはヤドリバエ科 Tachinidae などの寄生性天敵が多く報告されており, 旧世界においては捕食性天敵が多く報告されている. すでに述べたように, アカホシカメムシ類は警告的な色彩を持つためか, あるいは体内に毒性のある物質を蓄えているためか, 報告されている捕食者には, トカゲ類などの脊椎動物もないわけではないが, 脊椎動物の捕食者は少なく, 昆虫であるサシガメ類とホシカメムシ科のベニホシ

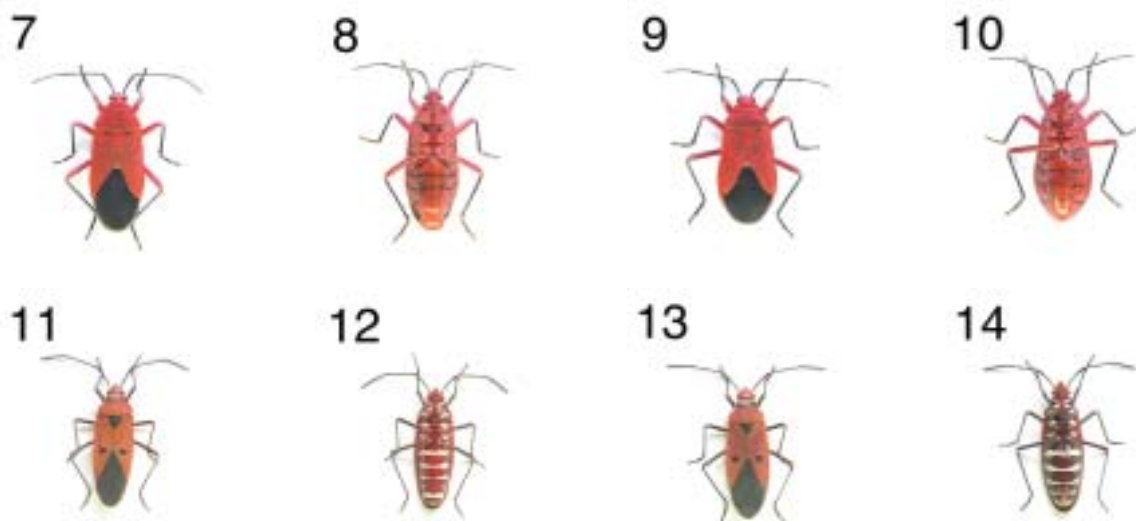
カメムシ類が捕食性天敵の中心的存在である。

捕食性のカメムシの一群であるサシガメ科Reduviidaeの *Phonoctonus* 属はアカホシカメムシ類の捕食性天敵としてアフリカにおいて古くから注目されていた (Marshall, 1902; Schouteden, 1916; Stride, 1956a, b). *Phonoctonus* 属のサシガメはアカホシカメムシ類と同様に警告的な色彩を持つだけでなく、捕食者-被捕食者の関係にある種同士の斑紋が似ているという性質が特筆すべき点である (Marshall, 1902; Schouteden, 1916). インドに分布するサシガメの一種 *Rhynocoris marginatus* Fabricius も警告色の色彩を持ちアカホシカメムシを捕食することが知られているが (Ambroseら, 1989; Ambroseら, 1999), このサシガメはアカホシカメムシ類を専門に捕食するわけではない (Ambroseら, 1983; Haridassら, 1988). *R. marginatus* は餌であるアカホシカメムシの密度が高くなるほど捕食数が増加するという報告がある (Ambroseら, 1990). 同属の *R. kumarii* はアカホシカメムシを捕食し、放飼するとアカホシカメムシに対する効果は不安定だが、ワタの被害が減少するという報告がある (Claverら, 2001). 同属のナカグロアカサシガメ *R. fuscipes* (Fabricius, 1787) は赤と黒を基調とした警告的な色彩で、日本国内では石垣島と西表島に分布することが知られているが (林, 2002), 捕食の対象となる餌種に関する報告はない. サシガメの一種 *Ectomocoris tibialis* Distant もアカホシカメムシを捕食する (Sahayarajら, 1995-1996, 1997).

アカホシカメムシ類に対する捕食性天敵として報告されているもう一つのカメムシ類はホシカメムシ科のベニホシカメムシ類 *Antilochus* 属である. アカホシカメムシ類の捕食者としてベニホシカメムシ *A. coqueberti* を初めて報告したのはおそらく Corbett (1923) である. 三輪 (1944) には台湾におけるワタの害虫であるアカホシカメムシの天敵としてベニホシカメムシとナガカメムシ科マダラナガカメムシ亜科のコマダラナガカメムシ *Spilostethus hospes* (Fabricius, 1794) があげられているが、マダラナガカメムシ類は食植性であることが明らかになっているので、コマダラナガカメムシが捕食性天敵であるという解釈は疑いなく誤認である. ベニホシカメムシも *Phonoctonus* 属のサシガメと同様に警告的な色彩を持ち、餌であるアカホシカメムシ類に外見的に似ている (Chauthaniら, 1966; Quayumら, 1980; Dhiman, 1985). ベニホシカメムシはアカホシカメムシのほかシロアリも捕食するという観察記録もある (岩田, 1975).

5 アカホシカメムシ類の捕食者としてのベニホシカメムシ

ベニホシカメムシ *A. coqueberti* は体長18mm内外で、アカホシカメムシよりやや大型である. 体は全体的に鮮やかな赤色で、前翅の先端の膜質部は黒色である. 腹面は赤色で各関節は黒色. 各脚の腿節は赤色、脛節は黒色. 全体的な印象はアカホシカメムシに似ているが、小盾板



Figs. 7-14 Appearance of *Antilochus coqueberti* and *Dysdercus cingulatus*. 7, *A. coqueberti* male dorsal; 8, ventral; 9, female dorsal; 10, ventral; 11, *D. cingulatus* male dorsal; 12, ventral; 13, female dorsal; 14, ventral.

が地色と同じ鮮やかな赤色であること、前翅革質部中央に黒色がないこと、腹部腹面の各節の基部が白色になっていないことで、アカホシカメムシから容易に識別することができる (Figs.7-14)。

Kerzhner (2001) などによれば、ベニホシカメムシはインドから南方、インドシナ半島、マレー半島からインドネシアに至る地域、台湾、日本に分布する。Taeuber (1927) はフィリピンから5種の *Antilochus* 属のホシカメムシを記録しているが、その中にベニホシカメムシは含まれていないので、フィリピンにベニホシカメムシが分布する可能性は低いと思われる。日本で初めてベニホシカメムシが記録されたのは石垣島であり (川沢ら, 1975), この研究を始める時点においても、石垣島以外での分布は知られておらず (宮本ら, 1989; 安永ら, 1993; 林 2002), 日本においては稀な種であると考えられていた (安永ら, 1993)。

日本においてベニホシカメムシは、南西諸島の海岸林を構成する木本植物としてよく知られているアオイ科 (Malvaceae) のオオハマボウ *Hibiscus tiliaceus* L. (初島, 1975; Walker, 1976; Nakanishi, 1988) と深く関わっていて、植食性であると考えられていた (川沢ら, 1975; 安永ら, 1993)。ベニホシカメムシが捕食性を持つことは古くから知られていたにもかかわらず (Corbett, 1923), 海外においてもベニホシカメムシがワタの害虫と誤認されて防除薬剤に対する感受性が調べられた例もあるが (Singhら, 1977), それはベニホシカメムシとアカホシカメムシ類が外見的に似ていることによる誤同定に基づいている可能性が高いと考えられる。

ベニホシカメムシがアカホシカメムシ類の天敵として初めて生態的な観察が行われたのは、第二次世界大戦中に中国の海南島で棉作害虫の研究に従事していた岩田久二雄によるものと思われる (岩田, 1975, 1978b)。しかしながら、岩田の研究は戦時中という異常な事態の中で行われていたもので、データが全く残されていないために科学論文の形になっていないのが非常に惜しまれる。したがって、ベニホシカメムシがアカホシカメムシ類の天敵として生態的な観察が行われ、データを伴った論文として最初のもは Chauthaniら (1966) によるものと思われる。Chauthaniら (1966) は、外見的に似ているベニホシカメムシとアカホシカメムシの一種 *D. koenigii* の識別点を記述するとともに、インドの野外において、ベニホシカメムシは10月には多いが12月になると急にいなくなるという記述を残している。このことから、ベニホシカメムシはある程度の移動分散能力を持

つと推察される。Dhiman (1985) はベニホシカメムシがアカホシカメムシを捕食し、さらにホシカメムシの一種 *Odontopus nigricornis* と密接な関係があり、それを捕食するとしている。

6 問題点の総括

以上、これまでに行われてきた研究をまとめると、日本に恒常的に分布している4種のアカホシカメムシ類、すなわち、アカホシカメムシ、ヒメアカホシカメムシ、シロジュウジカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシに関して、日本国内に限らず、これらの種の分布域全体を見渡しても、生活史、とくに寄主植物との関係が、棉作害虫として古くから認識されているアカホシカメムシにおいてすらほとんど明らかにされていないことがわかる。アカホシカメムシを棉作の害虫としてとらえた場合、野生の代替寄主植物の存在は、防除戦略を決定するうえで非常に重要であると考えられるが、これまでには全く研究が行われていない。そこでまず、各種の寄主植物の開花、結実の季節性に応じたこれら4種のアカホシカメムシ類の季節適応戦略を明らかにすることが重要であると思われる。さらに、ベニホシカメムシをアカホシカメムシに対する生物的防除資材ととらえた場合、アカホシカメムシと他の3種の生活史の季節性に対してベニホシカメムシがどのような適応戦略を示しているのかを明らかにすることが重要であると思われる。

野外での観察に加え、野生種を含む各々の寄主植物のアカホシカメムシ類にとって餌としての適性を比較し評価することも重要であると考えられる。そのためには、各々の寄主植物を餌として飼育し、発育期間や死亡率を比較することにより、適性を評価することが可能であろう。

ベニホシカメムシの餌となり得る種の範囲を明らかにすることや、ベニホシカメムシのアカホシカメムシ類に対する捕食量や餌密度に対する捕食数の反応を明らかにすることは、ベニホシカメムシをアカホシカメムシ類の生物的防除資材として利用しようとする場合に不可欠な情報である。

本論文では、以上にあげた未解明の問題について、野外観察や室内実験を通して明らかにすることにより、ベニホシカメムシをアカホシカメムシ類に対する生物的防除資材とする場合の可能性や適性について論じる。

また、混乱しているシロジュウジカメムシ種群の分類学的な地位についても、若干の検討を加える。

III 石垣島の野外における ホシカメムシ類の生態

1 アカホシカメムシ類とベニホシカメムシの寄 主植物および生息地の利用様式

a 野外調査の目的

アジア地域に分布する種に限らず、アカホシカメムシ類やベニホシカメムシ類が一年を通して野外でどのように生息地を利用しているか、という点に関する報告はこれまでになく、生活史特性を比較するための基本的な情報が欠けている。

そこで、この章ではアカホシカメムシ類とベニホシカメムシの野外における周年経過や生息地の利用様式などの基本的な生態的特性を明らかにすることを目的とし、一年を通じた野外での観察調査結果について述べる。

b 調査地域の概要

アカホシカメムシ類とベニホシカメムシの野外調査は主に沖縄県石垣島で行い、補足的な調査を沖縄島で行った。

石垣島は沖縄県の中心である沖縄島の南西およそ400 km、およそ北緯24度、東経124度に位置している。面積約220km²で、島のほぼ南半分は平地や丘陵地になっていて農耕地や市街地として拓かれているのに対して、島の北部は於茂登岳（標高525.8m）を中心とする標高およそ300~400mの山塊が北側の海岸線に沿ってほぼ東西方向に連なっており、主に二次林、一部は原生林になっている。北側の海岸線のところどころには平地があり、平地は農耕地として拓かれている。島の中央部のやや西側には、バンナ岳、前勢岳などの標高200m前後の山塊があり、二次林が広がっている。島の北東端の半島部（平久保半島）にはその南部と北部に山塊があり、それらの東側は広大な放牧地になっているのに対して、稜線付近と西側は主に二次林になっており、平地は農耕地として拓かれている。半島の付け根部分は平地になっていて農耕地として拓かれており、半島部の山塊と島の北部の山塊とは、完全に分断されている。島の北西部には西側に突き出している半島（屋良部半島）があり、屋良部岳を中心とする標高200m前後の山塊が広がっており、二次林や植林地になっているが、半島の付け根部分は農耕地として拓かれているため、この山塊も島の北部の山塊とは完全に分断されている。

石垣島の気候は亜熱帯性であり年平均気温はおよそ24°Cである。最寒月である1月でも月平均気温は約18°C

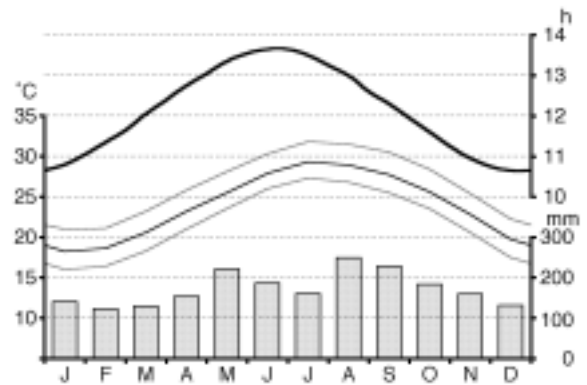


Fig.15 Seasonal changes in day-length (upper; upper right axis), monthly mean air temperature (intermediate; left axis; daily highest, mean, and daily lowest), and monthly precipitation (lower; lower right axis) on Ishigaki-jima Island

であり、日最低気温が10°Cを下回することは滅多にない。最も暑くなる7月、8月の月平均気温は約29°Cである。海洋に囲まれているため気温の日較差は小さく、真夏でも日最高気温が34°Cを超えることは少ない。平均月間降水量は冬に少なく夏に多いが、最も少ない2月で122.5 mm、最も多い8月で248.5mmであるので、平均値をもとに判断する限り、季節による降水量の差はそれほど多くない (Fig.15)。しかしながら、いずれの季節も降水量の年次による違いが大きく不安定だと言える。特に夏は台風が接近するかどうかで降水量は大きく異なり、梅雨が明ける6月下旬から10月上旬にかけての時期は台風が接近しなければ太平洋高気圧の勢力下になり、安定した晴天が続き降水量は少なくなる。冬の降水量はそれほど多くないが、大陸の高気圧の影響を強く受け、特に1月から2月にかけては北東の季節風が強く、曇天が続くことが多い。また低緯度に位置するため、日長の季節変動は小さく、日の出から日没までの時間は、夏至前後で13時間39分、冬至前後で10時間38分である (Fig. 15)。

石垣島における山地の植生はイタジイ、オキナワウラジロガシ、タブノキなどを中心とする照葉樹の二次林が卓越するが、攪乱された場所にはウラジロエノキ、アカメガシワなどの陽樹が見られる。アオイ目の植物ではアオイ科のサキシマフヨウ *Hibiscus makinoi* Jotani et Ohba (初島, 1975; Walker, 1976では *H. mutabilis* L. として扱われている) が山麓などに見られるが (常谷ら, 1984)、本種は樹林の内部には見られず、いくらか攪乱が加わった場所に見られることが多く、森林公園と整備されているバンナ岳山麓には人工的に植栽されたと思われるものがある。砂浜の海岸の後背で海岸林が発達して

いる場所では、ハスノハギリ、クロヨナ、オオバギ、テリハボクなどのほか、アオイ目植物としてアオイ科のオオハマボウ *H. tiliaceus* L. がごく一般的に多数見られ、場所によってはサキシマハマボウ *Thespesia populnea* (L.) Soland. が比較的多数見られる場所もある(初島, 1975; Walker, 1976; 中西ら, 1985; Nakanishi, 1988). 農耕地はサトウキビ、タバコ、パイナップルなどの栽培が多いほか、放牧地や採草地も多い。一部にはマンゴー、パパイヤなどの施設栽培も見られる。面積は限られているが、アオイ目植物としてアオイ科のオクラ *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. が経済栽培されているほか、ワタ *Gossypium arboreum* L., ケナフ *H. cannabinus* L., キワタ科のカイエンナット *Pachira aquatica* Aubl. の実験的な栽培もごく一部で見られる。日当たりの良い放牧地にはアオイ目植物ではアオイ科のキンゴジカ *Sida rhombifolia* L. が雑草として比較的多く見られる(初島, 1975; Walker, 1976). 道端や荒地の雑草としてのアオイ目植物としてアオイ科のエノキアオイ *Malvastrum coromandelianum* (L.) Garcke が多く見られる(初島, 1975; Walker, 1976). ところによってはタカサゴイチビ *Abutilon indicum* (L.) Sweet やリュウキュウトロアオイ *Abelmoschus moschatus* (L.) Medic. も見られる。公園や庭園として整備されている場所にはアオイ目の植物としては古くから栽培されている外来種のアオイ科のブッソウゲ *H. rosa-sinensis* L. が非常に一般的で多く見られ(Walker, 1976), 場所によってはブッソウゲと同様に外来種であるムクゲ *H. syriacus* L. も見られ(Walker, 1976), ごく一部にフヨ

ウ *H. mutabilis* L. (Walker, 1976によって *H. mutabilis* L. として扱われているのは、正しくはサキシマフヨウ *H. makinoi* Jotani et Ohba である)が見られる。市街地の街路樹ではアオイ目の植物としてキワタ科のトックリキワタ *Chorisia speciosa* St. Hil., キワタノキ *Bombax ceiba* L. が見られる、都市公園の庭園樹として、本来は海岸林に自生しているアオイ科のオオハマボウやサキシマハマボウも見られる。

石垣島では以上にあげたアオイ目の植物が生育する場所で予備調査を行い、継続的な調査を行う場所の選定のための参考とした。沖縄島では南部の那覇市にある国場川沿いの漫湖公園に植栽されたものと思われるオオハマボウ、サキシマハマボウ、那覇市の丘陵地に近い末吉公園に植栽されたと思われるオオハマボウ、サキシマハマボウ、キワタノキ、北部の大宜味村田港の塩屋湾沿いの自生と思われるオオハマボウにおいて、石垣島では見られなかったシロジュウジカメムシについての調査を行った。

c 季節的な生活史を調査するための場所の選定

予備調査の結果、Table 1 に示したアオイ目植物でアカホシカメムシ類の幼虫が発見された(河野, 2001)。ただし、シロジュウジカメムシは石垣島では発見できなかったため、沖縄島での観察に基づく。アカホシカメムシ類は、幼虫が発見されたこれらの植物を寄主植物として繁殖していると判断される。そこで、これらの植物が生育する場所の中から、一時的にしか群落が存在しなかつ

Table 1 Plant species on which *Dysdercus* nymphs were observed in the preliminary investigation on Ishgaki-jima Island

Plant family	Scientific name of plant species	Japanese name	<i>D. cingulatus</i>	<i>D. poecilus</i>	<i>Dysdercus</i> sp. 1	<i>Dysdercus</i> sp. 2
Malvaceae		Aoi-ka				
	<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench.	Okura	+	+		
	<i>A. moschatus</i> (L.) Medic.	Ryukyu-Tororoaioi	+			
	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	O-Hamabo	+		+ *	+
	<i>H. rosa-sinensis</i> L.	Bussoge	+			
	<i>H. syriacus</i> L.	Mukuge	+			
	<i>H. mutabilis</i> L.	Fuyo	+			
	<i>H. makinoi</i> Jotani et Ohba	Sakishima-Fuyo	+			+
	<i>H. cannabinus</i> L.	Kenafu	+			
	<i>Thespesia populnea</i> (L.) Soland.	Sakishima-Hamabo	+			+
	<i>Abutilon indicum</i> (L.) Sweet	Takasago-Ichibi	+			
	<i>Malvastrum coromandelianum</i> (L.) Garcke	Enoki-Aoi	+			
	<i>Sida rhombifolia</i>	Kin-Gojika		+		
	<i>Gossypium arboreum</i> L.	Wata	+			
Bombacaceae		Kiwata-ka				
	<i>Bombax ceiba</i> L.	Kiwatanoki	+			
	<i>Chorisia speciosa</i> St. Hil.	Tokkuri-Kiwata	+			
	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Kaien-Natto	+			

* based on observations on Okinawa-jima Island.

た場所を調査地の対象から外すなど、群落が長期にわたって継続して存在していることを判断材料とし、Fig.16およびTable 2に示した16か所（調査地A～P）を調査場所を選んだ。これらの調査場所は、寄主植物としてオオハマボウが生育している場所が4か所、サキシマフヨウが生育している場所が8か所、トックリキワタが生育している場所が2か所、ブッソウゲ、ムクゲ、フヨウ、サ

キシマハマボウ、タカサゴイチビ、キンゴジカ、キワタノキが生育している場所がそれぞれ1か所である。リュウキュウトロロアオイ、オクラ、ケナフ、エノキアオイ、ワタ、カイエンナットが生育する場所は調査地としてふさわしい場所を設定できなかった。以下、それぞれの調査場所の概要を記す。

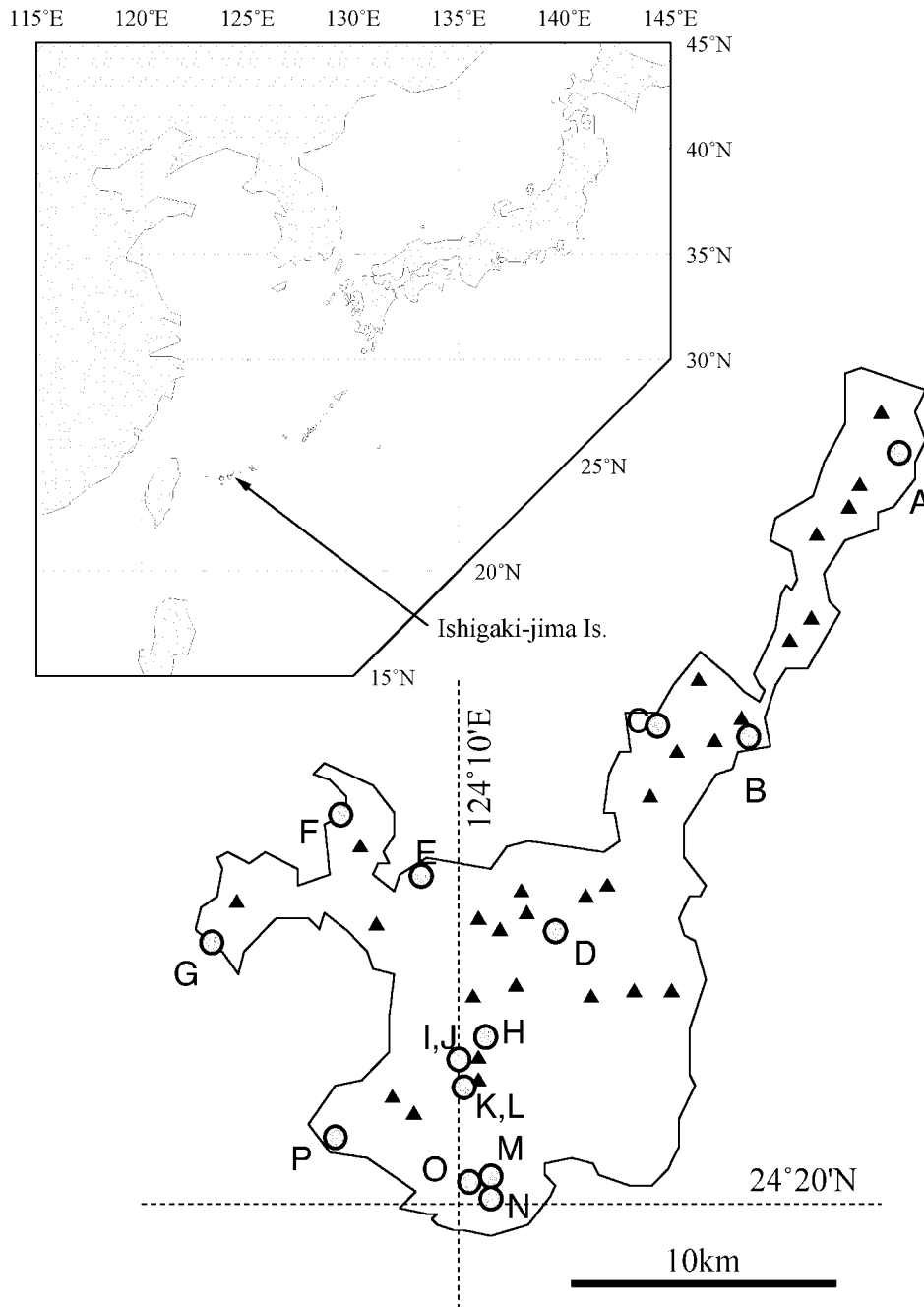


Fig.16 Map of survey sites on Ishigaki-jima Island: Yasura (A), Tamatori-zaki (B), Nosoko (C), Sokobaru (D), Nakasuji (E), Sukuji (F), Yarabu (G), Banna C-zone (H), Banna E-zone North (I), Banna E-zone South (J), Banna A-zone West (K), Banna A-zone East (L), Sports Park (M), Hirae (N), Tonoshiro (O) and Fusaki (P). Triangles indicate the position of mountain peaks.

A 安良^{やすら}

平久保半島にある二つの山塊のうち安良岳を中心とする北方の山塊の東側に広がる広大な放牧地の一角である。草本植物のように背丈が低い低木であるキンゴジカは道端に生育するものが多かったが、一部は放牧地の牧草の中に侵入して比較的大きな群落を形成していた。ここでは、放牧地内を流れる小さな川に沿って形成された樹林地周辺の雑草地の中を通る道の道端に生育するキンゴジカを調査対象とした。

B 玉取崎^{たまとりざき}

石垣島中心部の山塊から北東方向に広がっている山地の北端に位置している丘状の場所である。人工的な庭園が整備され、一面にブツソウゲが植栽されて、高さ1 m前後に管理されていた。そこに隣接して背丈が2 m～4 mぐらいのサキシマフヨウの小規模な群落があった。ブツソウゲの植栽とサキシマフヨウの群落全体を調査対象とした。

C 野底^{のそこ}

石垣島中心部の山塊から北東方向に広がっている山地の北部山麓に位置している。自生のものなのか植栽されたものなのかは不明であったが、道路沿いの下方の斜面に背丈が1 m～4 mぐらいのサキシマフヨウが群生していた。このサキシマフヨウの群落一帯を調査対象とした。この付近には雑草としてエノキアオイも見られたが、調査対象とはしなかった。

D 底原^{そこばら}

石垣島中心部にある山塊の中央部南麓の谷状の地形の場所に位置している。自生のものなのか植栽されたものなのか不明であったが、道路沿いの斜面あるいは法面にサキシマフヨウが点在していた。サキシマフヨウ以外にはアカギ、アカメガシワなどが群落を形成していた。この背丈が3 m～5 mぐらいのサキシマフヨウを含む群落一帯を調査対象とした。

E 仲筋^{なかすじ}

石垣島の北海岸のやや西寄りに位置していて北方に開いている湾に面している。湾の奥は砂浜が発達して、その後背には海岸林が発達しており、オオハマボウを中心にサキシマハマボウ、ハスノハグリ、クロヨナ、オオバギ、テリハボクなどが群落を形成していた。この背丈が3 m～8 mぐらいのオオハマボウとサキシマハマボウを含む群落の一部を調査対象とした。

F 底地^{すくじ}

石垣島の北西部から北方に突き出している半島状の地形の西側にある西方に開いた湾に面している。湾の奥は砂浜が発達しており、その後背には部分的に海岸林が形成され、オオハマボウなどが群落を形成していた。この3 m～8 mぐらいのオオハマボウを含む群落の一部を調査対象とした。

G 屋良部^{やらぶ}

石垣島の北西部から西方に突き出している屋良部半島

Table 2 Survey sites of *Dysdercus* bugs on Ishigaki-jima Island with reference to environmental features and host plant species of each site

Site	Locality name	Environmental feature	Host plants	Approximate survey area (m ²)
A	Yasura	Pasture	<i>Sida rhombifolia</i>	2×10 ²
B	Tamatori-zaki	Artificial garden	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i> <i>H. makinoi</i>	4×10 ² 2×10 ¹
C	Nosoko	Roadside near mountain	<i>H. makinoi</i>	4×10 ²
D	Sokobaru	Roadside near mountain	<i>H. makinoi</i>	1×10 ²
E	Nakasuji	Beach forest	<i>H. tiliaceus</i> <i>Thespesia populnea</i>	1×10 ³
F	Sukuji	Beach forest	<i>H. tiliaceus</i>	5×10 ²
G	Yarabu	Roadside near mountain	<i>H. makinoi</i>	2×10 ²
H	Banna C-zone	Forest park	<i>H. mutabilis</i> <i>Chorisia speciosa</i>	5×10 ⁰ 5×10 ¹
I	Banna E-zone North	Forest park	<i>H. makinoi</i>	1×10 ²
J	Banna E-zone South	Forest park	<i>H. makinoi</i>	2×10 ²
K	Banna A-zone West	Forest park	<i>H. makinoi</i>	3×10 ²
L	Banna A-zone East	Forest park	<i>H. makinoi</i>	2×10 ²
M	Sports park	Roadside plantings	<i>Bombax ceiba</i>	3×10 ¹
N	Hirae	Small wasteland Roadside plantings	<i>Abutilon indicum</i> <i>Ch. speciosa</i>	3×10 ⁰ 3×10 ¹
O	Tonoshiro	City park	<i>H. tiliaceus</i>	2×10 ¹
P	Fusaki	Beach forest Artificial garden	<i>H. tiliaceus</i> <i>H. syriacus</i>	1×10 ² 3×10 ¹

の西側の山麓部に位置している。半島を一周する道路の道端には点々とサキシマフヨウが生育していた。自生のものなのか植栽されたものなのか不明であったが、道路の法面にややまとまって背丈が2m～4mぐらいのサキシマフヨウが群落を形成している場所があり、その群落一帯を調査対象とした。

H バンナ公園Cゾーン

石垣島の中央南部のバンナ岳を中心とする山塊一帯は森林公園となっており、一部は人工的に整備されていた。Cゾーンは山塊の北東の山麓に位置し、人工的な庭園として整備されており、トックリキワタが街路樹として植栽されている場所があり、ブソウゲ、フヨウなどが庭園樹として植栽されている場所があった。ここでは、背丈が7mぐらいの街路樹のトックリキワタの一部と、ごく狭い範囲に植栽されている背丈が1m～1.5mぐらいに管理されている庭園樹のフヨウを調査対象とした。

I, J バンナ公園Eゾーン (北, 南)

Eゾーンは山塊の北西の山麓に位置し、球技場や児童公園として整備されていた。ここではブソウゲが庭園樹として植栽されているほか、谷沿いの場所には植栽されたものと思われるサキシマフヨウが数か所で群落を形成していた。ここでは、背丈が2m～4mぐらいのサキシマフヨウの群落2か所 (I, J) を調査対象とした。

K, L バンナ公園Aゾーン (西, 東)

Aゾーンは山塊の南の山麓に位置し、一部が人工的な庭園として整備されていた。庭園の周囲 (K) と谷沿いの場所 (L) に植栽されたと思われるサキシマフヨウが群落を形成していた。それぞれの背丈が2m～5mぐらいのサキシマフヨウの群落のほぼ全体を調査対象とした。

M 運動公園

石垣島の南西部を占める市街地に近い場所にあり、公園の南側に接する道路に沿って街路樹としてキワタノキが植栽されていた。ここに植栽されていたキワタノキは背丈が5m前後で、若い木が多いためか開花、結実の一部にしか見られなかった。そのため、ここでは開花、結実が見られた一部の木を調査対象とした。

N 平得^{ひらえ}

石垣島の南西部を占める市街地の一角にあり、街路樹としてトックリキワタが植栽されていた。また、付近の荒地にはタカサゴイチビ、エノキアオイなどが雑草として生育していた。ここでは結実が旺盛に見られた一部の背丈が7m前後のトックリキワタと、荒地に生える背丈が1m未満のタカサゴイチビを調査対象とした。

O 登野城^{のしろ}

石垣島の南西部を占める市街地の一角にあり、都市公園として整備されている場所に、庭園樹として1本だけオオハマボウが植栽されていた。この背丈が4m前後の1本のオオハマボウを調査対象とした。

P 富崎^{ふさき}

石垣島の南西の端の海岸に位置し、砂浜の背後に海岸林があり、オオハマボウが主要な樹種となっていた。そこに隣接して人工的な庭園として整備されている場所には生垣として植栽されたムクゲがあった。海岸林の背丈が4m前後のオオハマボウ群落の一部と背丈が1m前後に管理されている庭園のムクゲの植栽全体を調査対象とした。なお、調査対象としていた部分の海岸林は調査期間の途中で道路拡張のためすべて伐採されたので、海岸林における調査はその時点で打ち切った。

d 季節的発生消長に関する野外調査の方法

ホシカメムシ類の季節的な発生消長を明らかにするための野外調査は、前節に記した場所で2001年11月から2003年12月までの2年2か月の間、毎月少なくとも2回行った。

予備調査の結果から、アカホシカメムシ類はしばしば集中分布を示しているように思われた。ここでは、アカホシカメムシ類の詳細な個体数変動や分布様式を明らかにするのではなく、生活史の季節性を明らかにするのが主目的なので、その場所の選択によって調査結果が大きく変動する危険性があるコドラート法 (調査枠法) は使わず、それぞれの調査地ではなるべく大きな面積を観察し、以下に示すような6段階の大雑把な指標を用いて個体数の変動を表した：0, 無；I, 少, 寄主植物群落の面積10㎡あたり1頭以下；II, やや少, 10㎡あたり1～3頭；III, 普通, 10㎡あたり3～10頭；IV, やや多, 1㎡あたり1～3頭；V, 多, 1㎡あたり3頭以上。この基準を用いて幼虫は齢ごとに (II, III, IV, V; ただし, 1齢幼虫は全く観察されなかったので記録されなかった), 成虫は繁殖中であると判断されるもの (RA, reproducing: 交尾しているか、雌が膨満した腹部を持っている場合) と繁殖中ではないと判断されるもの (NA, non-reproducing: 交尾もしておらず、雌の腹部も膨満していない場合) に分けて記録した。

ズグロシロジウジカメムシにおいて見られた成虫の集団の数の季節的な推移に関しては、集団を形成する個体数の違いは無視し、おおむね10頭以上からなる集団を集団として認め、その数を調査地ごとに数えた。

寄主植物は、種ごとにそれぞれ生殖組織の個体内の分

布様式や量が異なるため、絶対的な量や密度を同一の基準で表すのが困難である。そこで、それぞれの群落における生殖組織の量の季節的な変動を十分に表現できる程度の、植物種間では基準が異なるが植物種内では基準を統一した大雑把な4段階の指標を用いて、3段階の成熟度の生殖組織、すなわち花、未熟な果実、成熟した果実(あるいは種子)の量を以下のように表した: 0, 無; I, 少; II, 普通; III, 多。

ベニホシカメムシについては、個体数をそのまま記録することが容易であるので、それぞれの調査地を毎回同じ経路に沿って歩いて調査したときに観察される成虫(A)と2~5齢の幼虫(II, III, IV, V)の個体数を記録した。調査中にベニホシカメムシによる捕食も観察されたが、これについては本章第2節で扱うので、この節では詳しくは触れない。

以上に記した通常の調査のほか、それぞれの調査地においてそれぞれのホシカメムシ類の繁殖時期に産卵場所の探索も適宜行った。

e 結果

それぞれの調査地における寄主植物の生殖組織(花、未熟な果実、成熟した果実あるいは種子)、アカホシカメムシ類およびベニホシカメムシの季節的な発生活長を調査地点ごとにFigs.17~32に示した。ズグロシロジュウジカメムシ成虫の集団が観察された時期は、図中に帯で影をつけて示すとともに、集団が観察された調査地それぞれにおける観察された集団の数の季節的な推移をFig.33に示した。アカホシカメムシ類とベニホシカメムシそれぞれの卵と1齢幼虫は観察されなかったため図には示さなかった。以下、発生活長の詳細についてまず寄主植物ごとに記述し、つぎにホシカメムシ類のそれぞれの種ごとの季節的な寄主植物の利用様式についてまとめ

る。なお、ホシカメムシ類の幼虫の発生が見られたことで繁殖がなされたと判断した。

また、石垣島地方気象台で観測された調査期間中の毎月の平均気温、日最高気温の極値、日最低気温の極値、降水量をFig.34に示した。

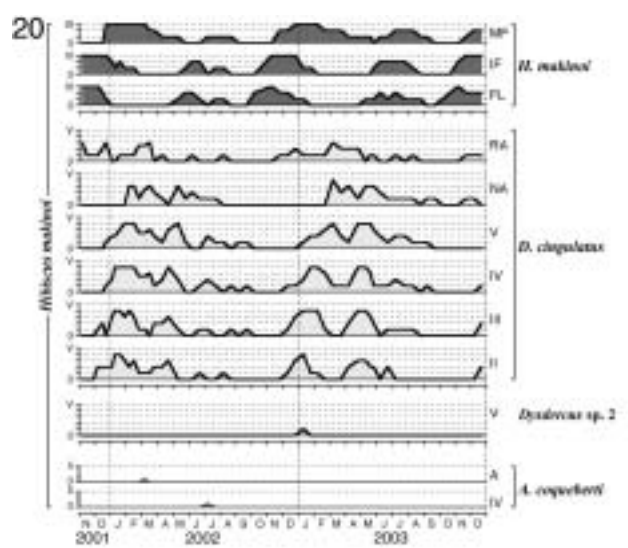
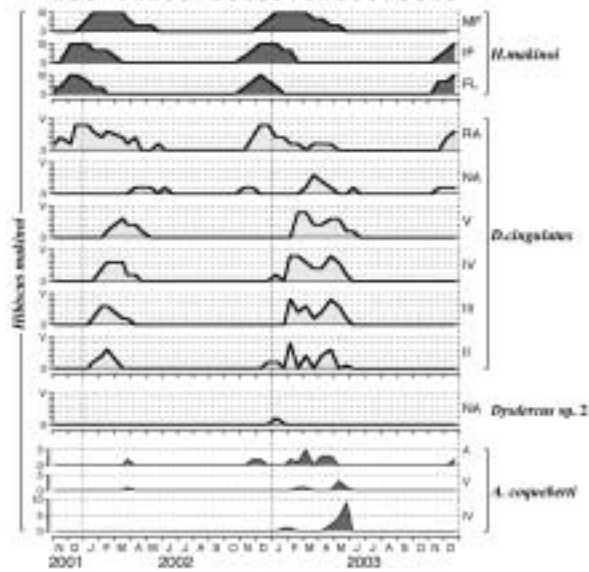
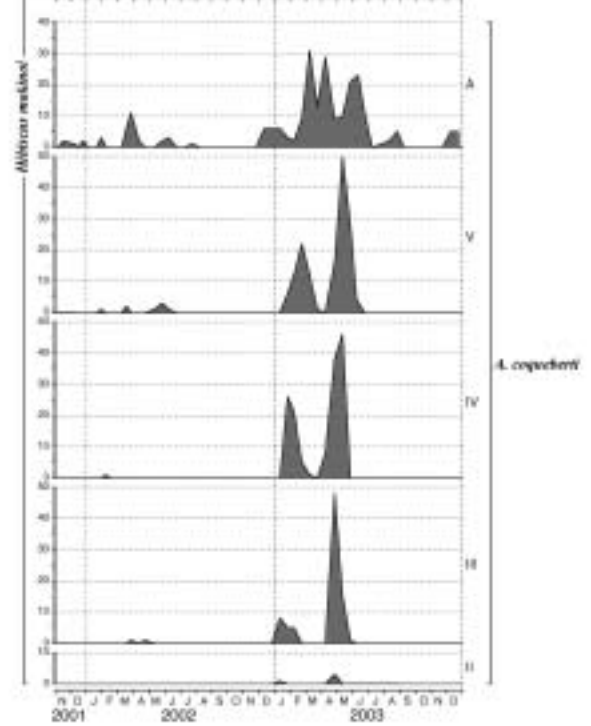
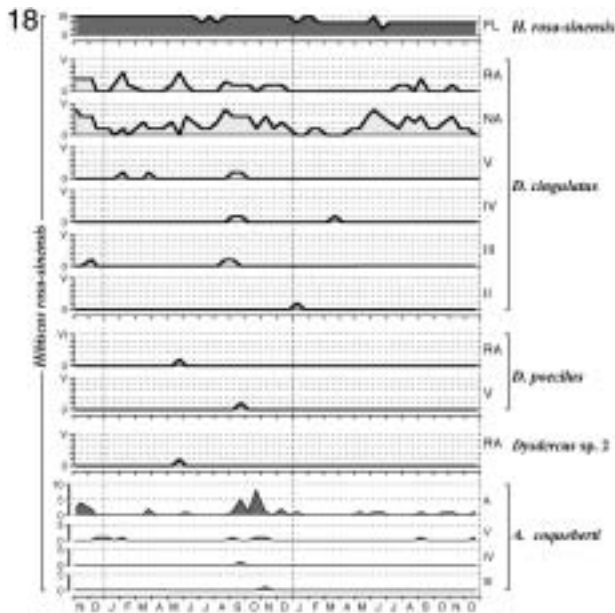
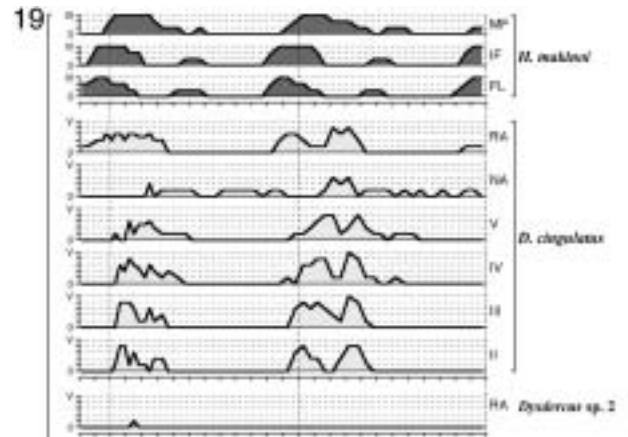
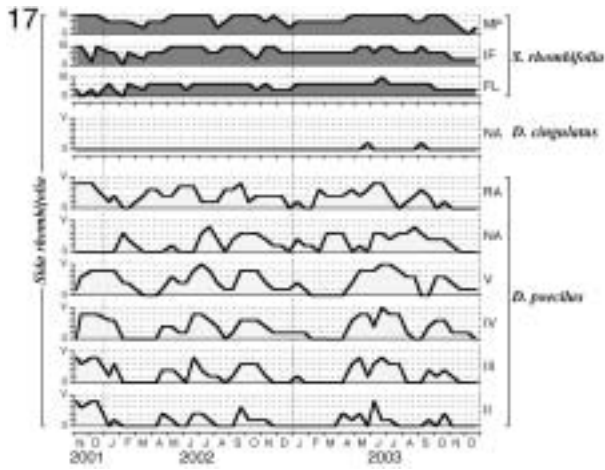
オオハマボウ *Hibiscus tiliaceus*

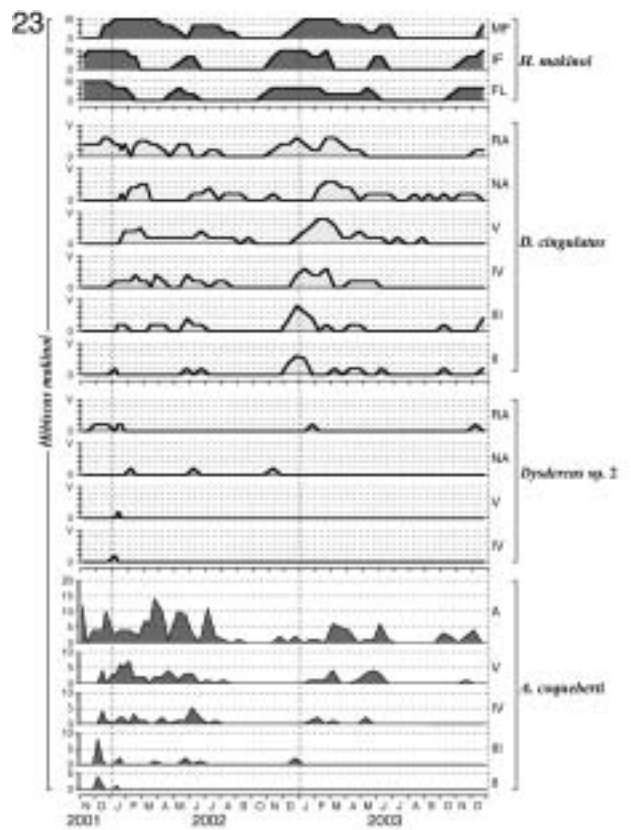
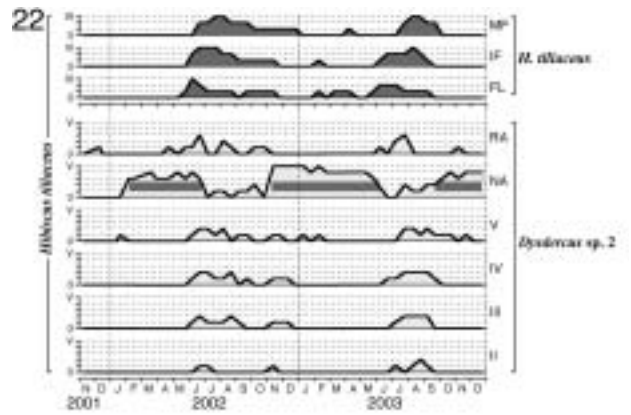
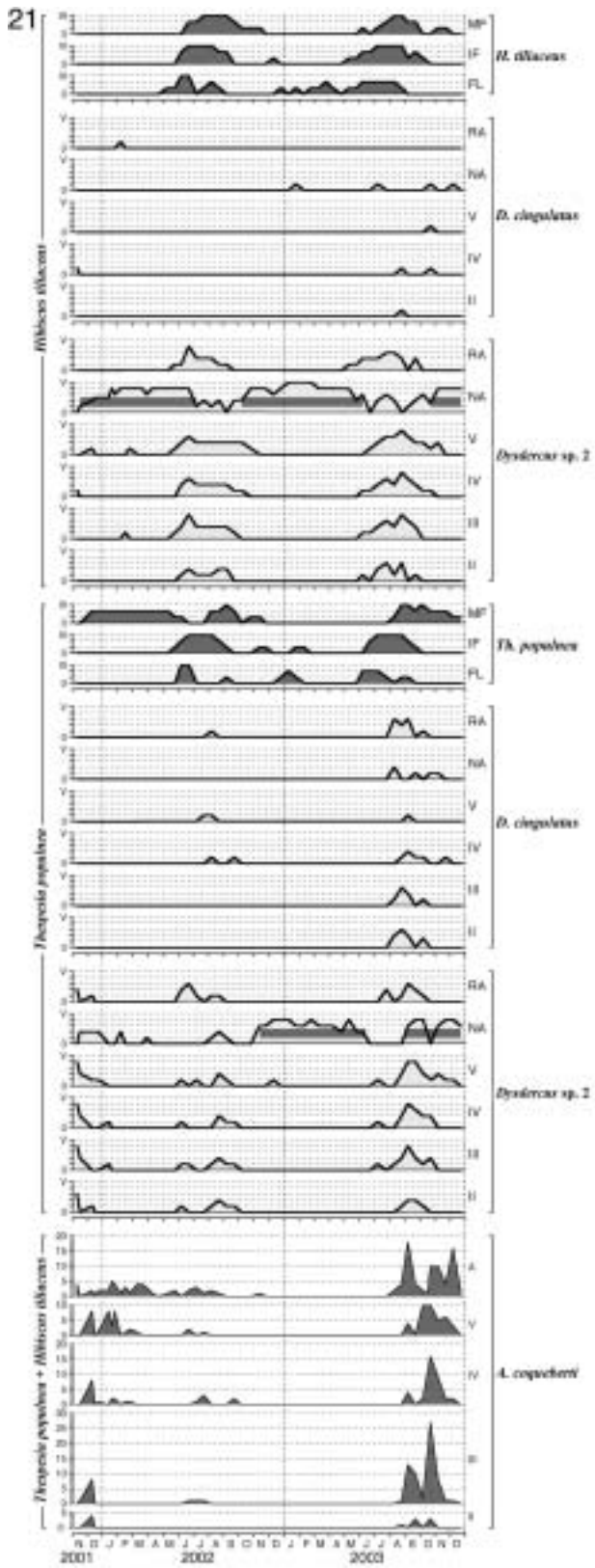
オオハマボウの花の外観はFig.35に、調査地E, F, O, Pのオオハマボウにおけるホシカメムシ類の密度の季節的な推移をそれぞれFigs.21, 22, 31, 32に示した。図には示さなかったが、2002年4月22日の調査時に、調査地Eのオオハマボウの葉裏に形成されたズグロシロジュウジカメムシの集団の中に、1個体のオオアカホシカメムシ雄成虫が見られた。

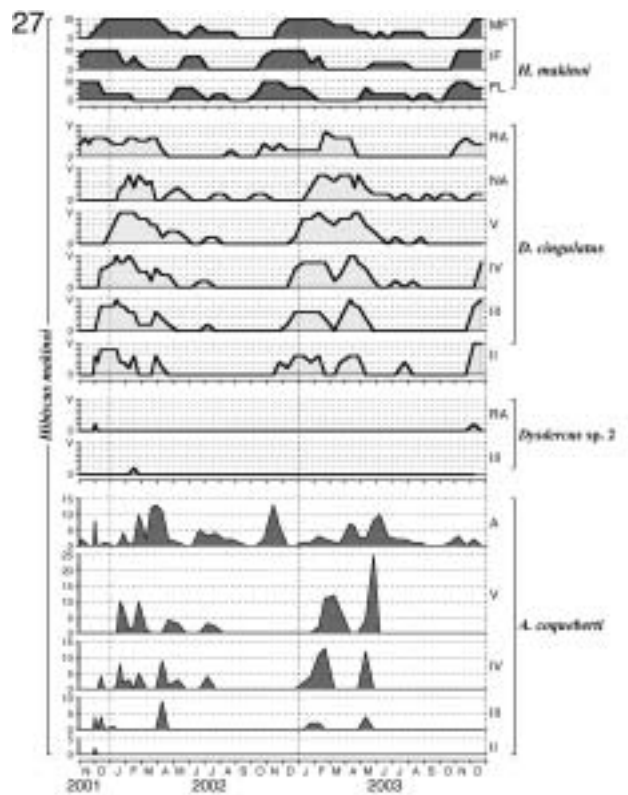
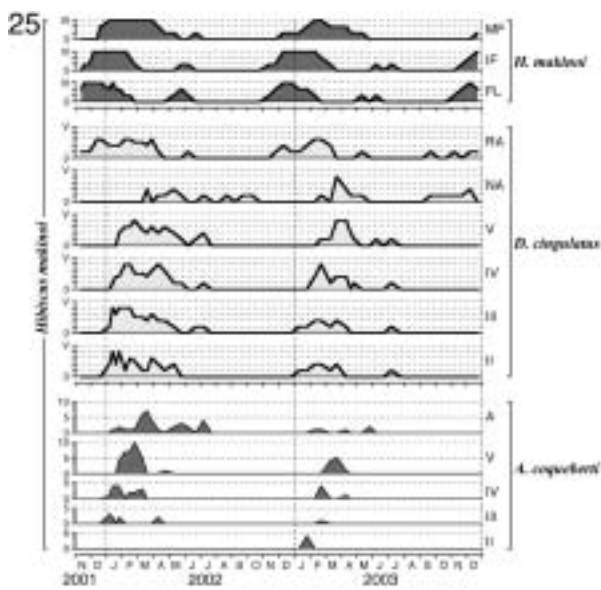
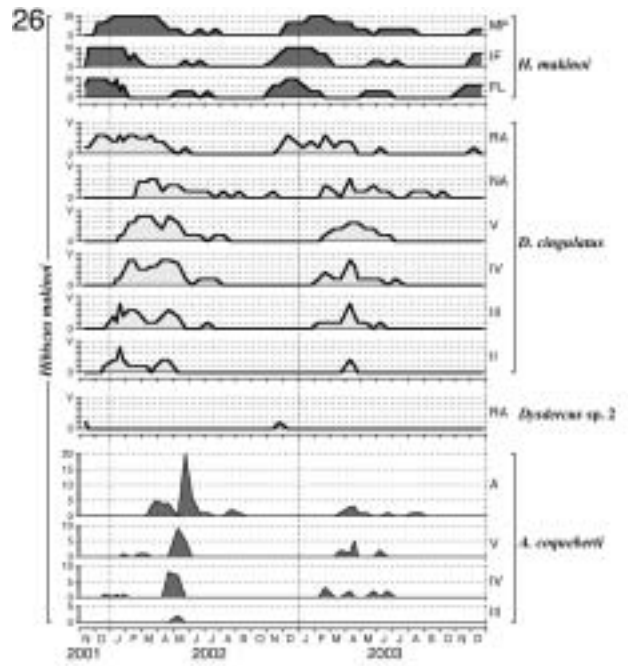
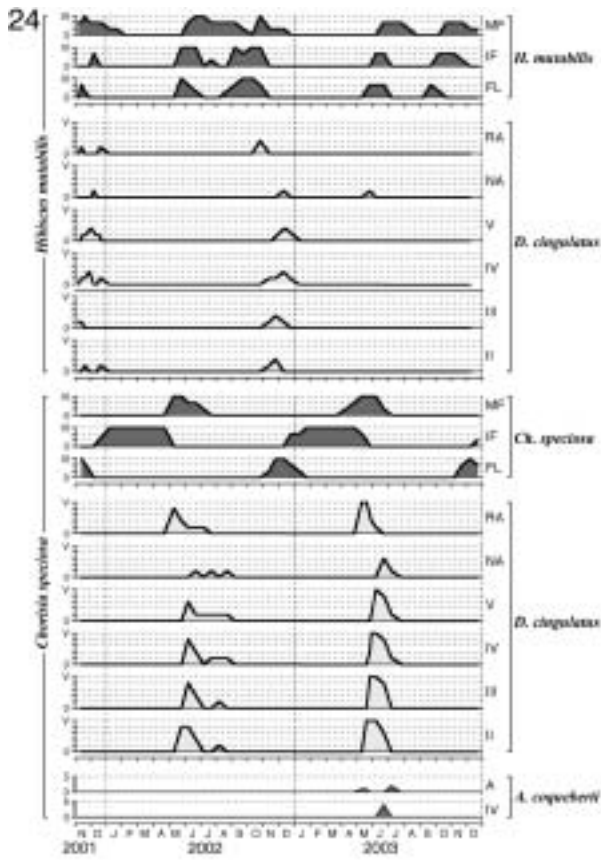
オオハマボウの開花は5月から8月にかけての夏季に集中したが、それ以外の季節にも散発的な開花が見られた。この散発的な開花はとくに都市公園の調査地Oに植栽されているもので顕著だった(Fig.31)。未熟な果実は6月から8月、成熟した果実は8月から9月にかけて比較的豊富に見られたが、それ以外の季節にもわずかながら見られた。オオハマボウの果実は成熟すると樹上で開裂し、種子が露出した。

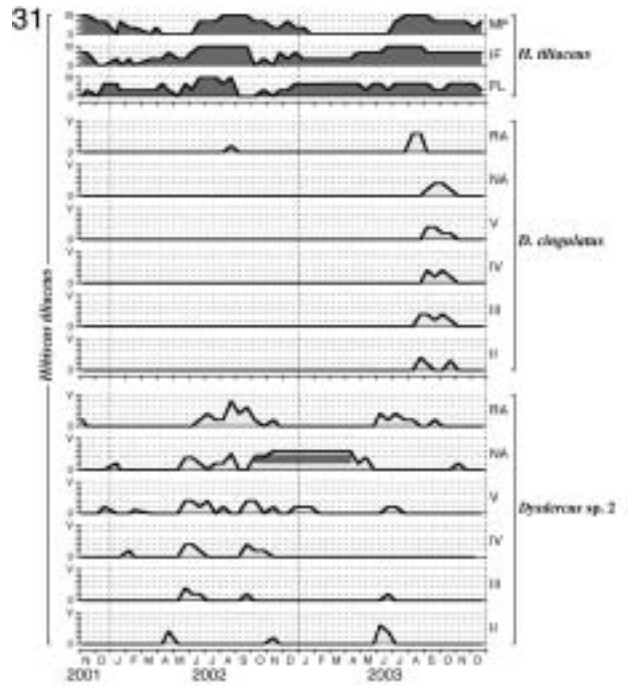
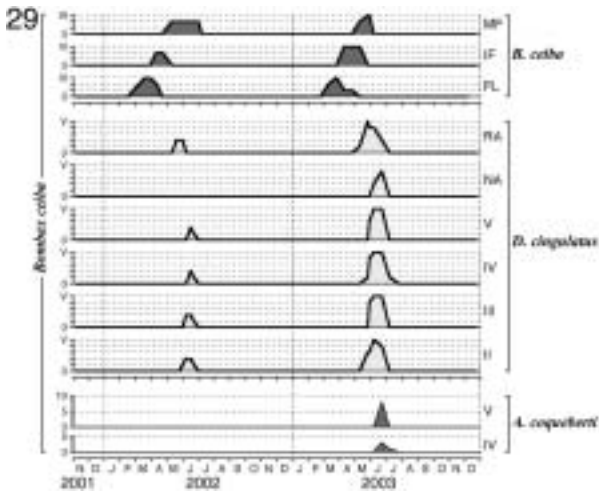
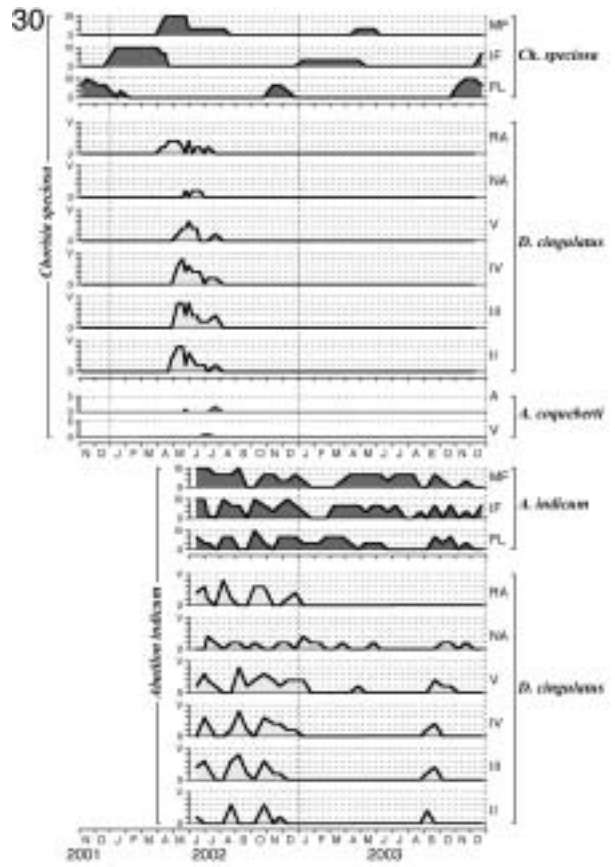
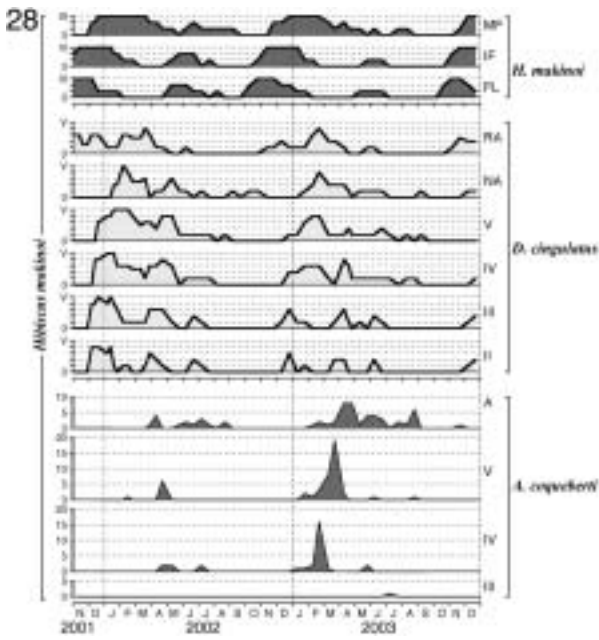
アカホシカメムシの交尾成虫や幼虫はオオハマボウの未熟な果実や成熟した種子が存在する時期に主にオオハマボウの果実や種子の近くで見られたが、個体数は少なかった。それに対して、ズグロシロジュウジカメムシの交尾成虫や幼虫はその時期にオオハマボウの果実や種子の近くで普通に見られた。11月から翌年の5月にかけてオオハマボウの葉裏で集団を形成する交尾していないズグロシロジュウジカメムシ成虫(Fig.45)が普通に見られた。アカホシカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシとも、交尾している成虫が確認されたのは、オオハマボウ

Figs.17-32 Seasonal transition in the abundance of flowers (FL), immature fruits (IF), and mature fruits or seeds (MF) of each putative host plant combined with those of *Dysdercus* bugs at each developmental stadium (II, III, IV and V: second, third, fourth and fifth stadium nymphs, respectively; RA: reproducing adults; and NA: non-reproducing adults) at each survey site (17, A, Yasura; 18, B, Tamatorizaki; 19, C, Nosoko; 20, D, Sokobaru; 21, E, Nakasuji; 22, F, Sukuji; 23, G, Yarabu; 24, H Banna C-zone; 25, I, Banna E-zone North; 26, J, Banna E-zone South; 27, K, Banna A-zone West; 28, L, Banna A-zone East; 29, M, Spoets Park; 30, N, Hirae; 31, O, Tonoshiro; 32, P, Fusaki). The indices adopted were defined as follows. For reproductive structures of putative host plants: 0, none; I, scarce, which may include some accidental occurrences; II, common; and III, abundant. For *Dysdercus* bugs: 0, none; I, scarce, approximately less than one individual per 10 m²; II, somewhat scarce, approximately 1-3 individuals per 10 m² area; III, common, approximately 3-10 individuals per 10 m² area; IV, somewhat abundant, approximately 1-3 individuals per 1 m² area; and V, abundant, approximately more than 3 individuals per 1 m² area. Horizontal shaded bands indicate the period when aggregations by *Dysdercus* sp. 2 were observed.









の未熟な果実、あるいは成熟種子が見られる時期に限られていた。オオハマボウでヒメアカホシカメムシは全く確認できなかった。

ベニホシカメムシは4か所の調査地のうちサキシマハマボウとの混成群落である調査地E (Fig.21)のみで観察

された。ベニホシカメムシは樹上で見られた場合もあったが、大半は樹下の地上で見られた。そのため、オオハマボウとサキシマハマボウのいずれに関わっているのか明確ではない個体が多かったので、Fig.21に示したベニホシカメムシの個体数は調査地全体で観察された個体数

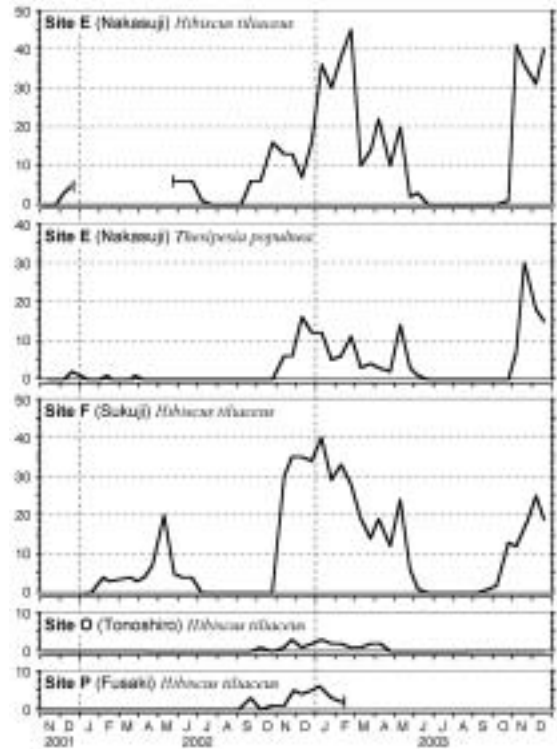
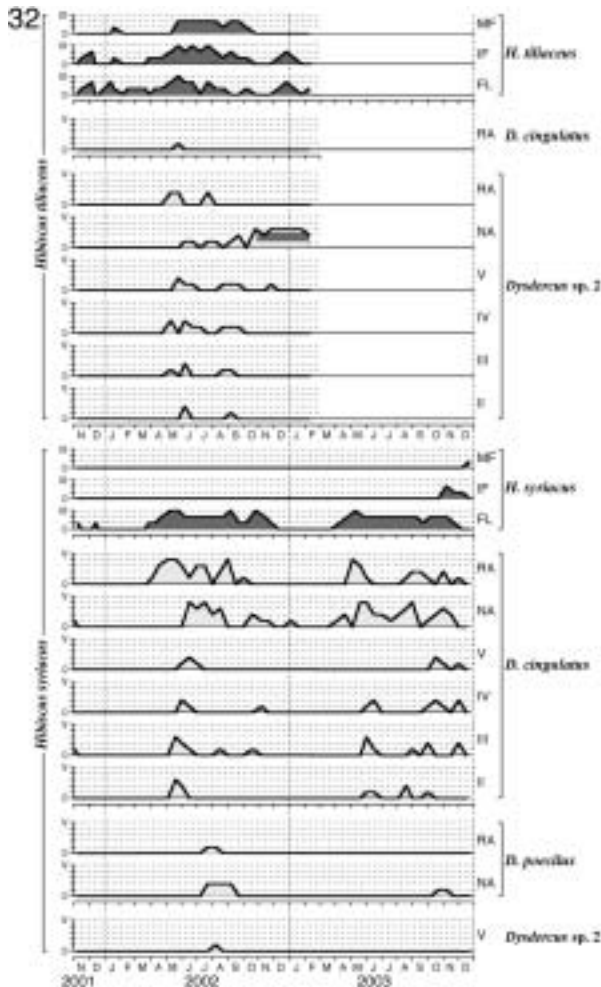


Fig.33 Seasonal changes in the number of aggregations of *Dysdercus* sp. 2 formed on the underside of the leaves of *Hibiscus tiliaceus* or *Thespesia populnea*.

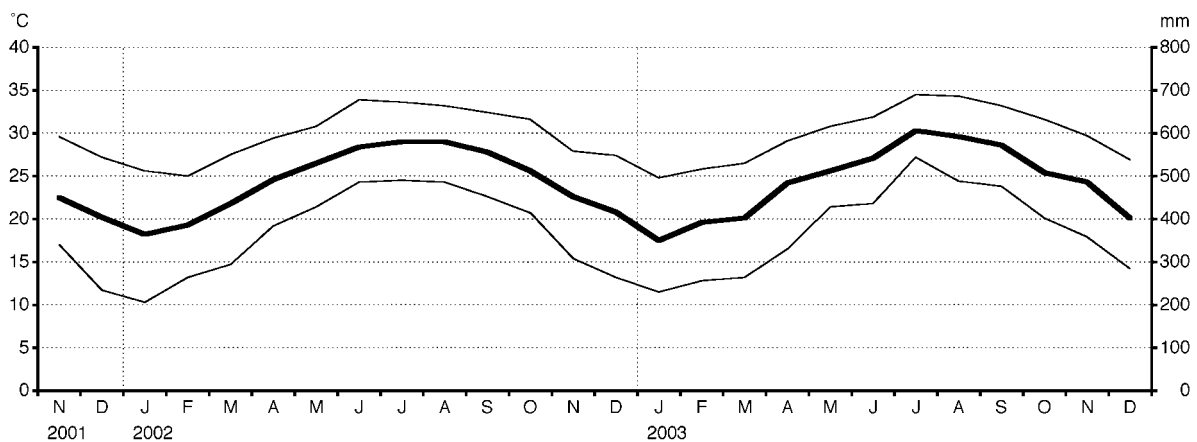


Fig.34 Seasonal changes in the monthly mean (thick line), maximum (thin line, above) and minimum (thin line, below) air temperature and monthly rain fall (bar) at the Ishigaki-jima meteorological station during the survey period.

である。

ベニホシカメムシの発生の季節的な傾向は年次によってかなり異なっていた。餌種の一つであるズグロシロジュウジカメムシは調査地Eに一年中存在していたが、ベニホシカメムシが見られたのはズグロシロジュウジカメムシの幼虫が存在している時期にほぼ限られ、多数のズグロシロジュウジカメムシの成虫がオオハマボウ（後述するサキシマハマボウを含む）の葉裏で集団を形成している時期においても2002年12月から2003年6月にかけてのように、ベニホシカメムシが全く見られない場合もあった。

サキシマフヨウ *Hibiscus makinoi*

サキシマフヨウの花の外観はFig.36に、調査地B (Fig.18), C (Fig.19), D (Fig.20), G (Fig.23), I (Fig.25), J (Fig.26), K (Fig.27), L (Fig.28)のサキシマフヨウにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をそれぞれ図示した。

サキシマフヨウの開花は10月下旬から1月にかけて豊富に見られたが、調査地Bを除くすべての調査地でさらに5月から6月にかけての時期にもごく散発的に見られた。さらに、開花時期の季節的な傾向は2年余の調査で調査地ごとに一定の傾向が見られ、調査地K, Lでは早く、調査地D, G, I, Jでは中間的で、調査地B, Cでは遅かった。未熟な果実は12月から1月にかけて、成熟した果実は1月から2月にかけて豊富に見られた。成熟した果実は樹上で開裂し、1個の果実からは小型の種子（種子一個の重量が約3.5mg）が100個以上得られた。種子は地上に落下し、4月頃まで見られた。

サキシマフヨウにおいてアカホシカメムシの繁殖はサキシマフヨウの果実や種子が豊富な11月から4月にかけて

て見られた。その期間中、1回（2001年から2002年にかけての調査地Bで明瞭だった）あるいは2回（2001～2002年と2002年～2003年の調査地D, K, Lで明瞭だった）のアカホシカメムシのサキシマフヨウでの繁殖が見られた。それ以外の調査地（C, G, I, J）での繁殖回数は明瞭ではなかった。繁殖時期のアカホシカメムシは主にサキシマフヨウの樹上の果実や種子、落下した種子などで見られたが、休息していると思われる幼虫や羽化間もないと思われる成虫は日当たりの良い場所にあるサキシマフヨウの葉上や周辺のシロノセンダグサなどの草本植物の葉上、樹下の枯れ草の上などでも多数見られた。

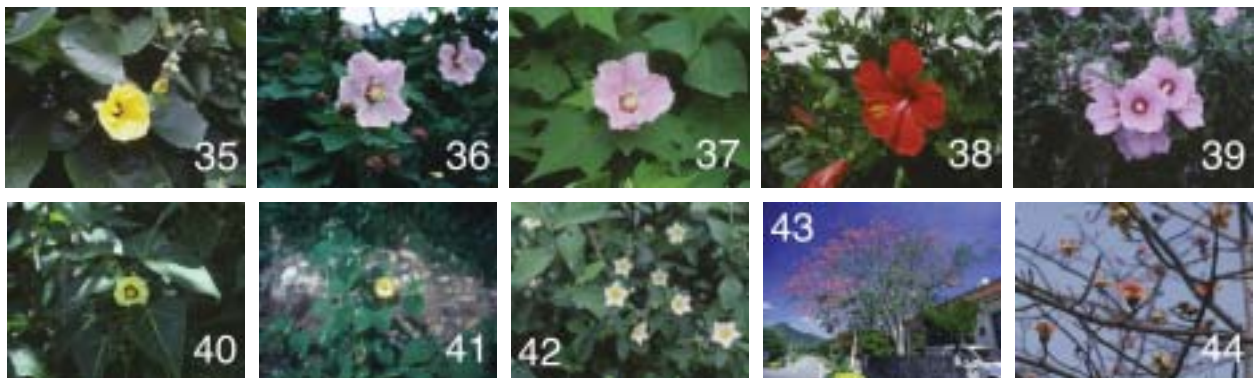
5月から6月にかけてのサキシマフヨウの開花量が多かったとき（調査地D, G, K, Lの2002年と2003年）には6月から7月にかけてアカホシカメムシの小規模な繁殖がそこで確認されたが、それと同じ時期に調査地B, C, I, Jでは全くアカホシカメムシが見られなかったか、あるいは繁殖していない成虫がわずかに確認されただけだった。

交尾しているアカホシカメムシが見られたのは、サキシマフヨウの未熟な果実や成熟した種子が見られる時期に限られていた。

ズグロシロジュウジカメムシのサキシマフヨウにおける繁殖は12月から2月にかけてのサキシマフヨウの果実が豊富な時期に調査地D, G, Kにおいてごくわずかに見られただけだった。

ヒメアカホシカメムシはサキシマフヨウでは全く確認できなかった。

ベニホシカメムシの発生は、サキシマフヨウの群落があるすべての調査地（B, C, D, G, I, J, K, L）で確認されたが、調査地Dではごく散発的な発生しか見られなかった。ベニホシカメムシが見られた時期は、い



Figs.35-44 Photographs of the flowering host plants of *Dysdercus* bugs ; 35, *Hibiscus tiliaceus*; 36, *H. makinoi*; 37, *H. mutabilis*; 38, *H. rosa-sinensis*; 39, *H. syriacus*; 40, *Thespesia populnea*; 41, *Abutilon indicum*; 42, *Sida rhombifolia*; 43, *Chorisia speciosa*; 44, *Bombax ceiba*.

ずれの調査地においても11月から6月の期間に集中し、中でも幼虫の発生は12月から5月の期間に集中していた。いずれの調査地においても、9月から10月にかけての期間を中心にして、ベニホシカメムシが全く見られなくなる時期があった。

ベニホシカメムシの発生量は年次変動が大きく、調査地点によって異なった。1月から6月にかけて、調査地B, C, Lでは2003年が2002年より顕著に多く、これとは逆に調査地G, I, Jでは2002年が2003年より顕著に多かった。調査地Kでは両年の発生量に大きな違いはなかった。餌種であるアカホシカメムシの発生動向については、調査地B, Cでは、ベニホシカメムシの発生が多かった2003年には、2002年に較べて発生量が多く発生期間がより長く続き、調査地I, Jでは、ベニホシカメムシの発生が多かった2002年には、2003年より発生量が多く発生期間がより長く続く傾向が認められた。これに対して、調査地Gでは、ベニホシカメムシの発生が多かった2002年より2003年の方が発生量が多く発生期間がより長く続き、調査地Lでは、ベニホシカメムシの発生が多かった2003年より2002年の方が発生量が多く発生期間がより長く続く傾向が認められ、調査地Kでは年次による違いは顕著ではなかった。

ベニホシカメムシはサキシマフヨウの植物体上でも下の地表でも観察されたが、地表で観察される場合が多く、植物体上で観察された場合でも、低い場所で観察されることが多かった。

フヨウ *Hibiscus mutabilis*

フヨウの花の外観はFig.37に、調査地Hのフヨウにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.24に示した。

石垣島においては外来種と考えられるフヨウは、形態的にサキシマフヨウによく似ているが、開花は5月から6月と9月から10月に見られ、10月下旬から1月にかけて開花するサキシマフヨウとは全く異なっていた。

フヨウにおいてアカホシカメムシの繁殖は、果実が見られた11月から12月にかけてわずかに見られただけであった。交尾している成虫が見られたのも、フヨウの未熟な果実や成熟した種子が見られる時期に限られていた。ヒメアカホシカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシ、ベニホシカメムシはフヨウでは全く確認できなかった。

ブッソウゲ *Hibiscus rosa-sinensis*

ブッソウゲの花の外観はFig.38に、調査地Bのブッソウ

ウゲにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.18に示した。

庭園樹として植栽されているブッソウゲは一年中開花し、開花量にも顕著な季節性は認められなかった。また、調査期間中に結実を観察することはできなかった。

ブッソウゲではアカホシカメムシ成虫をほぼ一年中観察することができ、とくに夏季には個体群密度が高くなる傾向にあった。アカホシカメムシ成虫は、花や蕾にやや集中しているように思われたが、集中はそれほど顕著ではなかった。アカホシカメムシ幼虫はまれにしか見られず、蕾にやや集中する傾向があるように思われたがそれほど顕著ではなかった。ブッソウゲでは交尾しているアカホシカメムシはあまり見られず、見られる時期に関しても顕著な季節性は認められなかった。ブッソウゲの蕾ではときどきヒメアカホシカメムシ成虫が見られ、2002年9月には1頭だけだったが5齢幼虫が確認された。ズグロシロジュウジカメムシは2002年5月にブッソウゲの葉上で交尾している成虫が1組確認できただけだった。

ベニホシカメムシは2002年9月から10月にかけての時期のように一時的に観察される成虫個体数が増えたこともあったが、季節にあまり関係なく、散発的に見られただけであった。幼虫は成虫よりさらに散発的に観察されただけだった。

ベニホシカメムシはブッソウゲの葉の上で主に観察された。

ムクゲ *Hibiscus syriacus*

ムクゲの花の外観はFig.39に、調査地Pのムクゲにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.32に示した。

生垣として植栽されているムクゲの開花は4月から11月にかけて見られた。ムクゲの結実は本州中部では普通に見られるが、調査地Pをはじめとして石垣島ではほとんど結実が見られず、調査地Pでは2003年11月にごくわずかに見られただけだった。

ムクゲが開花している時期にはアカホシカメムシの小規模な繁殖が見られた。アカホシカメムシの交尾している成虫や幼虫は、ムクゲの花や蕾に顕著に集中して見られ、ムクゲの結実が見られた場合には果実に顕著に集中した。アカホシカメムシの繁殖は5月頃が最も旺盛だったが、ムクゲの結実が見られた2003年11月もやや旺盛だった。交尾している成虫を含むヒメアカホシカメムシ成虫は8月頃にしばしばムクゲの花や蕾で見られたが、その幼虫は全く確認できなかった。ズグロシロジュウジカメ

ムシは5齢幼虫が1頭だけ2002年8月にムクゲの花や蕾の近くで確認できた。12月から3月にかけて、ムクゲではアカホシカメムシ類はほとんど見られなかった。

ベニホシカメムシは、予備調査ではムクゲにおいても観察されたが、調査期間中には全く確認することができなかった。

サキシマハマボウ *Thespesia populnea*

サキシマハマボウの花の外観はFig.40に、調査地Eのサキシマハマボウにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.21に示した。

サキシマハマボウは調査地Eにおいて、オオハマボウと混在して海岸林を形成していたが、調査地F、Pの海岸林には見られなかった。サキシマハマボウの開花は6月ごろに最も旺盛だったが、2003年1月にもごく散発的に見られた。サキシマハマボウの果実は樹上では成熟しても開裂せず、果実が地上に落下してから果皮が破れて内部の大型の種子（種子一個の重量が約260mg）が露出するようになった。

アカホシカメムシは8月頃にはサキシマハマボウの樹上の果実で、10月頃には地上に落下した果実で繁殖している成虫や幼虫が見られたが、密度は低かった。ズグロシロジウジカメムシは6月から9月にかけてはサキシマハマボウの樹上の果実で、10月頃には地上に落下した果実で繁殖している成虫や幼虫が普通に見られた。11月から翌年の5月にかけてサキシマハマボウの葉裏で集団を形成する交尾していないズグロシロジウジカメムシ成虫が比較的普通に見られた。アカホシカメムシ、ズグロシロジウジカメムシとも、交尾している成虫が確認されたのは、サキシマハマボウの未熟な果実、あるいは成熟種子が見られる時期に限られていた。

ベニホシカメムシについてはオオハマボウの項ですでに記したので、ここでは省略する。

タカサゴイチビ *Abutilon indicum*

タカサゴイチビの花の外観はFig.41に、調査地Nのタカサゴイチビにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.30に示した。

荒地に見られるタカサゴイチビは、生えてきても刈り取られてしまうことが多いので、長期にわたって観察することができる場所がほとんどなかったが、調査地Nでは1年半にわたって観察することができた。調査地Nにおいてタカサゴイチビはほぼ一年を通して間欠的に開花が見られた。しかし、調査期間の後半では、勢力が衰え、

開花があまり見られなくなった。

タカサゴイチビの果実が見られる時期にアカホシカメムシが繁殖するのが確認されたが、あまり旺盛ではなく、とくに2003年にはごくわずかし確認できなかった。アカホシカメムシの交尾が観察されたのは、タカサゴイチビの未熟な果実や、成熟した種子が見られる時期に限られていた。ヒメアカホシカメムシ、ズグロシロジウジカメムシ、ベニホシカメムシはタカサゴイチビでは全く確認できなかった。

キンゴジカ *Sida rhombifolia*

キンゴジカの花の外観はFig.42に、調査地Aのキンゴジカにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.17に示した。

キンゴジカの開花は夏季にやや旺盛で、冬季には見られなくなる時期があったが、ほぼ一年を通して見られた。果実や種子もほぼ一年中見られたが、夏季にはより豊富で、冬季にはほとんど見られなくなる時期があった。

ヒメアカホシカメムシはキンゴジカの主に果実においてほぼ一年中見られ、2月前後の限られた期間を除きほぼ一年中繁殖することが確認された。旺盛な繁殖が確認された時期は年によって異なったが、年におおよそ3回程度の繁殖の旺盛な時期が認められた。繁殖していないアカホシカメムシ成虫がキンゴジカで2回確認されたが、それは偶発的なものだと思われた。ズグロシロジウジカメムシ、ベニホシカメムシはキンゴジカでは全く確認できなかった。

トックリキワタ *Chorisia speciosa*

トックリキワタの花の外観はFig.43に、調査地H、Nのトックリキワタにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をそれぞれFigs.24、30に示した。

トックリキワタは11月から12月にかけて開花し、果実はその後徐々に肥大して長さ20cm程度になり、4月から5月にかけて成熟した。成熟した果実は樹上で開裂し、その中から綿毛をともなった比較的大型の種子（種子一個の重量は約90mg）が多量に（正確に数えることは困難だったが、一個の果実にはおそらく500個以上の種子が含まれていたと思われる）地上に落下した。

アカホシカメムシの繁殖はトックリキワタの主に地上に落下した種子で普通に見られた。トックリキワタにおけるアカホシカメムシの繁殖はしばしば旺盛だったが、繁殖時期は4月下旬から6月にかけてと比較的短く、その間に1回、部分的に2回の繁殖が起こったと思われた。

10月以降はトックリキワタの花や生長しつつある果実が存在していたが、8月下旬から4月上旬にかけての種子が露出していない時期にトックリキワタでは全くアカホシカメムシ類が確認できなかった。ヒメアカホシカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシはトックリキワタでは全く確認できなかった。

トックリキワタにおいてベニホシカメムシは、アカホシカメムシが繁殖している時期に限って観察され、繁殖も確認されたが、アカホシカメムシが繁殖していても全く確認できないこともあった。

ベニホシカメムシは、そのほとんどが植物体の下の地表で観察された。

キワタノキ *Bombax ceiba*

キワタノキの花の外観はFig.44に、調査地Mのキワタノキにおけるホシカメムシ類の密度の季節的推移をFig.29に示した。

キワタノキは3月頃開花し、果実はその後比較的急速に肥大して長さ20cm程度になり、5月頃成熟した。成熟した果実が開裂すると、中から綿毛をともなった比較的大型の種子（トックリキワタよりはやや小さい）が地上に落下する場合もあったが、多くの場合種子は果皮と一緒に地上に落下した。

アカホシカメムシの繁殖はキワタノキの主に地上に落下した種子で普通に見られた。キワタノキにおけるアカホシカメムシの繁殖はしばしば旺盛だったが、繁殖時期は5月から6月にかけてとかなり短く、その間には明らかに1回の繁殖が起こったと思われた。3月以降はキワタノキの花や生長しつつある果実が存在していたが、7月から4月にかけての種子が露出していない時期にキワタノキでは全くアカホシカメムシ類が確認できなかった。ヒメアカホシカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシはキワタノキでは全く確認できなかった。

キワタノキにおいてベニホシカメムシはアカホシカメ

Table 3 Seasonal changes in the occurrence of three species of *Dysdercus* bug nymphs on each malvaceous and bombacaceus plant species (+: common, ±: occasional, -: none) and in the number of plant species on which nymphs of each *Dysdercus* bug were observed in each month.

Bug species	Month of observation											
	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
<i>Dysdercus cingulatus</i>												
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	—	—	—	—	—	—	—	±	±	±	—	—
<i>H. makinoi</i>	+	+	+	+	+	±	±	±	±	—	—	+
<i>H. mutabilis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	±	±
<i>H. rosa sinensis</i>	±	±	±	—	—	—	—	±	±	—	—	±
<i>H. syriacus</i>	—	—	—	—	+	+	±	±	±	±	±	±
<i>Thespesia populnea</i>	—	—	—	—	—	—	±	±	±	±	—	—
<i>Abutilon indicum</i>	±	—	—	—	±	±	±	±	±	±	±	±
<i>Chorisia speciosa</i>	—	—	—	±	+	+	±	±	—	—	—	—
<i>Bombax ceiba</i>	—	—	—	—	+	+	±	—	—	—	—	—
No. of plant species	3	2	2	2	5	5	6	7	6	4	3	5
<i>D. poecilus</i>												
<i>Sida rhombifolia</i>	+	±	—	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>H. rosa sinensis</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	±	—	—	—
No. of plant species	1	1	0	1	1	1	1	1	2	1	1	1
<i>Dysdercus</i> sp. 2												
<i>H. tiliaceus</i>	±	±	—	—	±	+	+	+	+	±	±	±
<i>H. makinoi</i>	±	±	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>H. syriacus</i>	—	—	—	—	—	—	—	±	—	—	—	—
<i>Th. populnea</i>	±	—	—	—	—	±	±	±	+	+	+	±
No. of plant species	3	2	0	0	1	2	2	3	2	2	2	2
<i>Antilochus coqueberti</i>												
<i>H. tiliaceus</i>	+	+	±	—	—	±	±	±	—	±	±	+
<i>H. makinoi</i>	+	+	+	+	+	±	±	±	—	—	±	±
<i>H. rosa sinensis</i>	±	±	—	—	—	—	—	—	±	±	±	±
<i>Thespesia populnea</i>	±	±	—	—	—	—	±	±	+	+	+	+
<i>Chorisia speciosa</i>	—	—	—	—	—	±	±	—	—	—	—	—
<i>Bombax ceiba</i>	—	—	—	—	—	±	±	—	—	—	—	—
No. of plant species	4	4	2	1	1	4	5	3	2	3	4	4

ムシが旺盛に繁殖している時期に限って観察され、繁殖も確認された。

ベニホシカメムシは、そのほとんどが植物体の下の地表で観察された。

ホシカメムシ類の季節的な寄主植物利用様式

それぞれのカメムシ類が時期ごとに繁殖場所として利用した植物種類相、また植物ごとの季節的な繁殖場所としての利用動向の概要が理解しやすいように、3種のアカホシカメムシ類とベニホシカメムシについて、実際に繁殖が起こった証拠となる幼虫が見られた植物種を各月ごとにTable 3にまとめて示した。

ヒメアカホシカメムシは、夏季の開花期のムクゲで観察される機会も比較的多かったが、ほぼ一年を通して開花結実するキンゴジカでほぼ年間を通して見られ、2月前後の比較的短い期間を除き、ほぼ一年中繁殖が見られた。

ズグロシロジュウジカメムシは、夏から秋にかけてオオハマボウあるいはサキシマハマボウを含む群落において、これらの植物の開花結実にあわせて繁殖し、冬から春にかけてこれらの寄主植物の葉裏で成虫が集団を形成した(Fig.45)。集団を形成している成虫の中に交尾中の個体は確認されなかった。

成虫集団が観察された調査地のそれぞれの寄主植物における集団の数の季節的な推移をFig.33に示した。集団を構成する成虫の個体数は正確に数えられなかったが、数十頭からなると思われる集団が多く、中には100頭を超えると思われる集団も見られた。集団の形成は早い場合は9月下旬から、遅い場合は1月上旬から始まったが、10月下旬前後から始まる場合が多かった。集団の形成の初期には5齢幼虫が混在する場合もあった。集団の数はFig.33に示したとおり、期間を通して一定ではなく、頻繁に増減していた。集団の数は3月以降徐々に減少すると同時に、一つの集団を形成する個体数も減少するようと思われる。集団は最終的には5月下旬ごろに解消される場合が多かったが、ごく一部が6月下旬まで集団の形成が見られる場合もあり、1例だけ7月上旬まで集団が見られたことがあった。なお、石垣島における6月下旬は、ほぼ梅雨明けの時期に相当する。

ズグロシロジュウジカメムシの繁殖はごくわずかであったが、12月から2月にかけてサキシマフヨウにおいても確認された。この時期は、ズグロシロジュウジカメムシの交尾していない成虫の集団がオオハマボウやサキシマハマボウの葉裏で観察される時期であり、サキシマフヨウ

ウにおいてアカホシカメムシの旺盛な繁殖が見られる時期でもあった。

以上のように、ズグロシロジュウジカメムシはサキシマフヨウにおいてもごくわずかながら繁殖が確認されたものの、一年を通してオオハマボウとサキシマハマボウと関わりを持っていた。

アカホシカメムシは11月から4月にかけて豊富に存在するサキシマフヨウの果実や種子で旺盛に繁殖した。この期間における繁殖のピークの数は1~2回で、場所によって異なった。4月下旬から6月にかけてのトックリキワタ、キワタノキの地面に落下した種子が豊富な時期にはこれらの植物を含む群落で旺盛に繁殖した。この期間における繁殖のピークの数はトックリキワタでは1~2回で年次によって異なり、結実が極めて少なかった年には繁殖が確認されなかったこともあった(2003年の調査地N)。同じ時期にキワタノキにおいては1回の繁殖のピークが確認された。7月から11月にかけては、オオハマボウ、サキシマフヨウ、フヨウ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビの未熟な果実や成熟した種子が存在する場合や、ブッソウゲ、ムクゲの蕾や花が存在する場合に繁殖が確認されたが、いずれの植物における繁殖も旺盛ではなく、散発的だった。

以上のように、アカホシカメムシは一年を通して一つの寄主植物種だけに関わりを持つということではなく、季節によって開花結実の時期が異なる様々な寄主植物をそれぞれの開花結実の時期に順次利用した。しかし、それぞれの寄主植物における繁殖の旺盛さはすべての種で同様ではなく、サキシマフヨウ、トックリキワタ、キワタノキでは極めて旺盛であったが、オオハマボウ、フヨウ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビにおける繁殖は旺盛ではなかった。

ベニホシカメムシはオオハマボウとサキシマハマボウの混生群落(Fig.21)、サキシマフヨウ(Figs.18-20, 23, 25-28)、ブッソウゲ(Fig.18)、トックリキワタ(Figs.24, 30)、キワタノキ(Fig.29)を含む群落において確認された。ベニホシカメムシの繁殖がオオハマボウとサキシマハマボウの混生群落で確認されたのは、ズグロシロジュウジカメムシがこれらの植物で旺盛な繁殖をしている時期(おおよそ8月から11月にかけて)にほぼ一致していた。ベニホシカメムシの繁殖がサキシマフヨウ、トックリキワタ、キワタノキを含む群落で確認されたのは、アカホシカメムシがこれらの植物で旺盛な繁殖をしている時期(サキシマフヨウではおおよそ1月から5月、トックリキワタ、キワタノキでは6月前後)にほぼ一致して

いた。それぞれの群落におけるベニホシカメムシの繁殖回数は明瞭でない場合が多かったが、2002年12月から2003年6月にかけての調査地Cのサキシマフヨウにおいては明瞭な2回の繁殖が見られ、アカホシカメムシの繁殖と同調していた(Fig.19)。ベニホシカメムシはサキシマフヨウでは比較的長期にわたって見られたが、トックリキワタとキワタノキにおいては、一年のうちのごく限られた時期にしか見られなかった。ベニホシカメムシの繁殖がブッソウゲの群落で確認されたのは散発的であったので、アカホシカメムシの発生との関連は明瞭ではなかった。

以上のように、ベニホシカメムシは一年を通して同じ場所に見られることはなく、時期によって異なるアカホシカメムシとズグロシロジュウジカメムシの旺盛な繁殖が見られる場所で、時期によって場所を変えて繁殖した。

ホシカメムシ類の産卵場所

それぞれのホシカメムシ類の産卵場所の発見は、高密度で繁殖成虫が見られたアカホシカメムシの生息地においても困難で、ごくわずかなアカホシカメムシの卵塊を発見できたただけであった。アカホシカメムシの卵塊は、地面の上の石や木片の下で発見されたが、観察される幼虫数から期待できるよりはるかに少ない数しか発見できなかった。

アカホシカメムシ類のアオイ目植物以外の餌

ズグロシロジュウジカメムシとヒメアカホシカメムシについてアオイ目植物以外からの摂食は確認できなかったが、アカホシカメムシはアオイ目植物以外から餌を摂取しているのが観察された(Table 4)。

アカホシカメムシ成虫および5齢幼虫によるタチアワユキセンダングサ *Bidens pilosa* L. var. *radiata* Scherff. の花からの吸蜜は普通に観察された。動物質からの摂食も、共食いを含め数例観察されたが、いずれも既に死亡していた個体が摂食の対象になっていたため、攻撃して捕食したのか、既に死んでいたものを摂食していたのかは不明である。

観察された場所は、いずれもアオイ目植物の群落付近であった。

沖縄島における観察

沖縄島那覇市漫湖公園における2000年3月15日、2001年7月27日、2002年12月9日、2003年10月28日の観察、那覇市末吉公園における2001年7月27日、2003年10月28日の観察、大宜味村田港における2002年12月28日の観察の結果は以下のようにまとめられる。

これらの場所で観察されたアカホシカメムシ類はアカホシカメムシとシロジュウジカメムシの2種だった。いずれの場所でもシロジュウジカメムシはオオハマボウのみで観察され、漫湖公園のサキシマハマボウ、末吉公園

Table 4 Observation of extra feeding other than on Malvales by *Dysdercus cingulatus*.

Date	Developmental stage of <i>D. cingulatus</i>	Food species	Part or condition of food
many cases	adults and 5th instar nymphs	<i>Bidens pilosa</i> L. var. <i>radiata</i> Scherff.	nectar
February 21, 2003	4th instar nymph	<i>D. cingulatus</i>	5th instar nymph
May 22, 2003	four 2nd instar nymphs	<i>D. cingulatus</i>	4th instar nymph
June 20, 2003	3rd and 4th instar nymphs	unidentified Lepidoptera	larva
July 25, 2003	3rd and 4th instar nymphs	<i>Platypleura yayeyamana</i> Matsumura, 1917	female adult
August 8, 2003	adult	<i>D. cingulatus</i>	adult
August 21, 2003	3rd instar nymph	<i>Dysdercus</i> sp. 2	adult



Figs.45-46 Aggregations of *Dysdercus* sp.2 (45) and *Dysdercus* sp.1 (46) formed on the underside of the leaves of *Hibiscus tiliaceus*.

のサキシマハマボウとキワタノキでは全く見られなかった。アカホシカメムシはオオハマボウ、サキシマハマボウ、キワタノキのいずれでも観察されたが、オオハマボウで見られたのは漫湖公園だけで、しかもそこでの個体数は少なく、末吉公園と大宜味村田港のオオハマボウでは全く見られなかった。アカホシカメムシはサキシマハマボウでは未熟な果実や成熟して落下した果実から露出した種子において、キワタノキでは成熟した果実が開裂して内部から露出した種子において見られた。

断片的な観察ではあるが、沖縄島におけるシロジウジカメムシの周年経過は以下のようにまとめられる。3月にはオオハマボウの葉裏で数十頭からなる集団を形成している交尾していない成虫のみが見られた(Fig.46)。7月にはオオハマボウの果実や種子において、交尾している成虫や羽化間もないと思われる成虫、2~5歳の幼虫が見られた。10月にはオオハマボウの種子において交尾している成虫や羽化間もないと思われる成虫、3~5歳の幼虫が見られ、5歳幼虫や羽化間もないと思われる成虫の一部は小さな集団を形成していた。12月にはほとんどがオオハマボウの葉裏で数十頭からなる集団を形成している交尾していない成虫だったが、その集団の中にはごく少数の5歳幼虫が混在していることもあった。

f 考察

石垣島において3種のアカホシカメムシ類はいずれもアオイ目の植物を寄主植物として、その果実や種子で繁殖したが、寄主植物の範囲は種によって異なった。ヒメアカホシカメムシはキンゴジカに特化した食性を示し、他の2種はキンゴジカを全く利用しなかったことから、

ヒメアカホシカメムシは他の2種とは大きく異なる寄主植物の選好性を持つと思われた。これに対して、アカホシカメムシとズグロシロジウジカメムシの共通の寄主植物として、サキシマフヨウ、オオハマボウ、サキシマハマボウが利用されていた。しかしながら、サキシマフヨウではアカホシカメムシの繁殖が非常に旺盛であったのに対して、ズグロシロジウジカメムシの繁殖はごくわずかに見られただけであり、オオハマボウとサキシマハマボウではズグロシロジウジカメムシの繁殖が非常に旺盛であったのに対して、アカホシカメムシの繁殖はそれほど旺盛ではなかったことから、アカホシカメムシとズグロシロジウジカメムシの間では、寄主植物の選好性が異なっていると推察される。

ヒメアカホシカメムシは一年を通してキンゴジカの群落で見られたことから、顕著な移動をすることがないと推察される。2月を挟んだ比較的短い期間には繁殖が確認できなかったのも、この時期には短期間ながら成虫の生殖休眠が誘導されていた可能性も示唆される。ヒメアカホシカメムシの季節的な寄主植物の利用様式をFig.47(中)に模式的に示した。石垣島における観察結果から推察されるヒメアカホシカメムシの生活史戦略は、Derrら(1981)によるアフリカおよびアメリカ産 *Dysdercus* の生活史戦略の三つのタイプのうちの"non-colonizer"によくあてはまる。すなわち、体が小型であり、顕著な休眠性や移動性を示さず、空間的にも時間的にも最も均一に存在する多年生草本の種子で繁殖している。

これに対してアカホシカメムシは、ここで行われた調査のなかではキンゴジカを除くすべてのアオイ目植物において繁殖が確認されたように、ヒメアカホシカメムシ

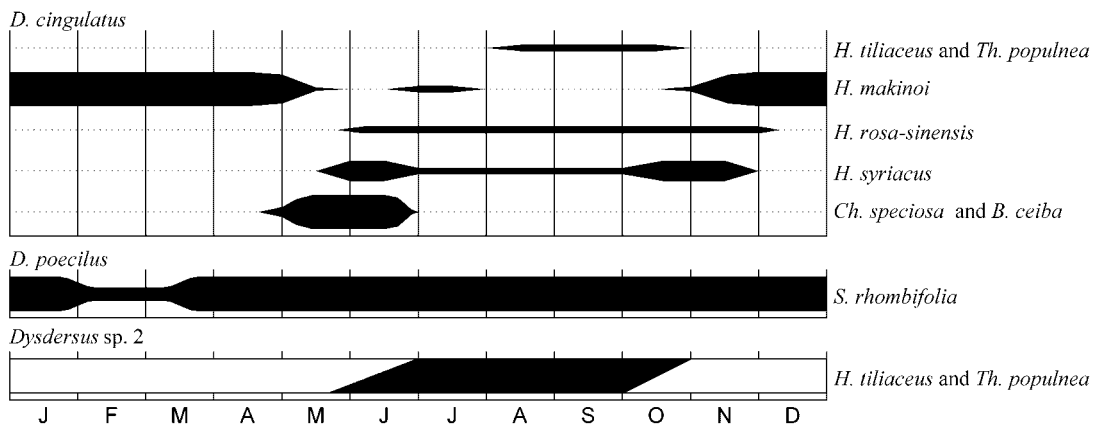


Fig.47 Seasonal changes in the use of the host plant by three *Dysdercus* bug species. Population density and reproductive robustness of the bugs on each host plant species are schematically indicated by the width of the bands. Gray bands indicate the period when the bugs reduce their activities.

と比較するとはるかに幅広い範囲の寄主植物を持っていた。しかしながら、アカホシカメムシによる寄主植物としての利用の程度は植物種によって大きく異なり、サキシマフヨウ、トックリキワタ、キワタノキでは旺盛な繁殖が見られたのに対し、オオハマボウ、フヨウ、ブッソウゲ、ムクゲ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビにおける繁殖は旺盛ではなかった。ブッソウゲやムクゲでは結実が全くあるいはほとんど見られなかったこと、フヨウでは現存量が少なかつたことがアカホシカメムシの旺盛な繁殖が見られなかった理由にあげられるだろうが、オオハマボウ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビは、それらの種子が栄養的にアカホシカメムシに適していないことが理由にあげられると思われる。第VI章で詳しく述べるが、オオハマボウやタカサゴイチビの種子を餌として室内で飼育した場合には、アカホシカメムシの発育速度が遅く、死亡率も高い。これに対して、サキシマハマボウの種子を餌として室内で飼育した場合には、サキシマフヨウなどの好適と思われる寄主植物の種子で飼育した場合と比較しても、アカホシカメムシの発育速度は決して遅くなく、死亡率も高くはない (Kohnoら, 2004a)。すなわち、サキシマハマボウにおける繁殖がそれほど旺盛ではないのは、同じ時期に同じ場所で旺盛に繁殖しているズグロシロジュウジカメムシとの間に餌をめぐる競争が存在し、ズグロシロジュウジカメムシに対してアカホシカメムシが劣勢になっている可能性が示唆される。ブッソウゲとムクゲを除く7種の寄主植物におけるアカホシカメムシの繁殖が寄主植物の結実が見られる時期に限られていたのに対して、全くあるいはほとんど結実しなかったブッソウゲとムクゲにおいては、蕾や花だけが存在していてもわずかながら繁殖し、比較的普通に成虫が見られたことは、アカホシカメムシにとってブッソウゲやムクゲの蕾や花の栄養価は比較的高く、たとえ繁殖することができなくても、成虫が生存するだけのためには十分な条件を備えていることを示唆している。アカホシカメムシにとって好適な餌だと判断されるサキシマフヨウ、トックリキワタ、キワタノキの果実や種子は、7月から11月にかけての野外では極めて少なくなっていたが、この時期にも豊富に存在しているブッソウゲやムクゲの蕾や花は、アカホシカメムシの生存を保証する避難場所になっていると考えることができる。アカホシカメムシによるアオイ目植物以外からの摂食として、成虫や5齢幼虫のタチアワユキセンダングサの花からの吸蜜が比較的頻繁に観察されたが、必須のものではなく、補助的な水分あるいは糖分の補給程度のものであ

たと推察される。また、動物質の餌として、Corbett (1923)にも報告されている共食い、あるいは他の昆虫からの吸汁も認められたが、事例は少なく、いずれもアオイ目植物の群落で見られたものであるため、これもやはり必須のものとは考えにくく、他の植食性カメムシ類でも広く見られている (Usinger, 1934; Adlerら, 1984; Steinbauer, 1996) のと同様に、補助的な栄養源になっている程度だと推察されるが、二次的に捕食性を獲得する移行段階にあることを示すものなのかも知れない (Schaefer, 1997)。以上のように、アカホシカメムシは休眠性を持たず、時間的に異なる開花結実時期を持つさまざまな寄主植物を利用でき、そのときどきに利用可能な寄主植物種で繁殖し、空間的に離れて存在している寄主植物の群落の間を移動することができるかと推察される。アカホシカメムシの季節的な寄主植物の利用様式をFig. 47 (上)に模式的に示した。石垣島における観察結果から推察されるアカホシカメムシの生活史戦略は、Derrら (1981)による三つのタイプのうちの "generalist migrant colonizer"によくあてはまる。すなわち、体が中型であり、典型的な木本の種と比べれば種子の脂肪含量がより少ないが、時間的により一様に存在する種子をつけるさまざまな灌木や木本の種を利用して繁殖している。

ズグロシロジュウジカメムシはオオハマボウやサキシマハマボウが果実や種子をつける時期にそれらを利用して旺盛に繁殖したが、アカホシカメムシやヒメアカホシカメムシとの間に見られる際立つ違いは、オオハマボウやサキシマハマボウの果実や種子が全く存在しないか、あるいは極めてわずかにしか存在しない時期に、交尾していない成虫がこれらの植物の葉裏で顕著な集団を形成していたことである。この集団は気温が低くなる11月頃から形成されはじめたが、集団が維持されたのは気温が低い時期だけに限定されず、通常は5月ぐらいまで、場合によっては梅雨明けを過ぎた6月下旬や7月上旬まで見られたので、集団形成は低温に対する適応という意味を持つ可能性も示唆されるが、それよりむしろ、温帯地域に生息するアカスジキンカメムシに見られるような繁殖のために必要な適切な餌が存在しない時期への適応 (Tanakaら, 2002) という意味も持つと推察される。これは、低緯度熱帯地域に生息する昆虫においても事例が知られている休眠反応 (Denlinger, 1986) と共通するものとして理解できるものと思われる。また、集団の数は調査日ごとに増減していたことから (Fig.33)、一度形成された集団が集団形成時期の全期間を通して存続する

わけではなく、集団形成期間中に集団を構成する個体の集団への加入や集団からの離脱が頻繁に起こっていると推察される。ほとんどのズグロシロジュウジカメムシが交尾していない成虫の状態でおオハマボウやサキシマハマボウの葉裏で集団を形成していた時期に、ごく一部の個体ではあったがサキシマフヨウで繁殖していたことは、ズグロシロジュウジカメムシの繁殖の季節的な制御機構がある程度は可塑的なものであることを示しているとともに、おオハマボウやサキシマハマボウの果実や種子が存在しない時期にサキシマフヨウの果実や種子がズグロシロジュウジカメムシの繁殖のための代替餌となりえることを示している。しかしながら、実際にサキシマフヨウで観察されたズグロシロジュウジカメムシの繁殖がごくわずかであったことは、サキシマフヨウの種子がズグロシロジュウジカメムシの繁殖にとって栄養的に十分なものではないことを示しているか、あるいは同じ時期にサキシマフヨウを利用して旺盛な繁殖をしているアカホシカメムシとの間に餌をめぐる競争が存在し、アカホシカメムシに対してズグロシロジュウジカメムシが劣勢になっている可能性を示唆している。以上のようにズグロシロジュウジカメムシは、繁殖時期は一年のうちの半分にも満たない限られた時期であったものの、顕著な移動分散を示すことなくおオハマボウとサキシマハマボウという限られた寄主植物を周年利用していた。ズグロシロジュウジカメムシの季節的な寄主植物の利用様式をFig.47(下)に模式的に示した。石垣島における観察結果から推察されるズグロシロジュウジカメムシの生活史戦略は、Derrら(1981)による三つの類型のうちによくあてはまるものはないが、三つの類型のうちでは"specialist migrant colonizer"の特徴に共通するものが多い。Derrら(1981)による"specialist migrant colonizer"の特徴は、体が大型であり、時間的空間的に限られて存在するものの脂肪分が豊富な大型の種子をつける典型的な木本種の種子を餌として繁殖し、不適な餌条件になると移動するかあるいは休眠する、というものである。したがって、(1)ズグロシロジュウジカメムシが中型種であるという点、(2)石垣島におけるズグロシロジュウジカメムシの主な寄主植物であるおオハマボウとサキシマハマボウは典型的な木本種であるが、トックリキワタやキワタノキなどと比較すると開花結実する期間が顕著に長く、植物体が十分に大きくなる前から開花結実が見られ、十分に予測できる毎年同じ時期に開花結実が見られる点、(3)サキシマハマボウの種子は大型であるがおオハマボウの種子はそれほど大型ではない

(Kohnoら, 2004a)という点、(4)顕著な移動分散を示さないように見える点、(5)休眠性は存在すると思われるが、一部に例外があるという点、などが"specialist migrant colonizer"の特徴に完全にはあてはまらない点である。

以上のように、石垣島に生息する3種のアカホシカメムシ類は、それぞれ互いに異なる生活史特性を持つことが明らかになった。ここで扱った3種の生活史のうち、ズグロシロジュウジカメムシの生活史の特徴はDerrら(1981)によるアカホシカメムシ類の生活史戦略の三つの類型に完全にはあてはまらなかったが、アカホシカメムシは"generalist migrant colonizer"、ヒメアカホシカメムシは"non-colonizer"によくあてはまり、Derrら(1981)による三つの類型は、石垣島に生息しているアカホシカメムシ類にも適用できると判断される(Kohnoら, 2005)。

琉球に分布するとされるアカホシカメムシ類のうち、シロジュウジカメムシは石垣島では全く見つからなかった。逆に、沖縄島ではシロジュウジカメムシは見つかったものの、ズグロシロジュウジカメムシは全く見つからなかった。沖縄島における観察は断片的ではあったものの、沖縄島におけるシロジュウジカメムシは、夏季におオハマボウで繁殖し、冬から春にかけて交尾していない成虫がおオハマボウの葉裏で集団を形成するなど、石垣島におけるズグロシロジュウジカメムシと極めて似通った生活史を展開していると推察される。この状況から、シロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシはほぼ同一の生態的地位を持ち、そのために互いに異所的に分布しているという可能性が示唆される。一般に植食性昆虫においては、実際に餌をめぐる競争が起こっていることはまれで(Lawtonら, 1981)、もし2種の生態的地位が全く同じで、その両者の間に餌をめぐる競争のみが存在している場合でも、とくに植食性動物の場合には、どちらか一方が駆逐される可能性は低く、両者が共存するケースが多い(Strong, 1984; Kuno, 1988, 1992)。これに対して、両者の間に配偶干渉が存在する場合には、どちらか一方が駆逐される可能性ははるかに高くなる(Ribeiroら, 1986; Kuno, 1992)。シロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシが主要な寄主植物としているおオハマボウは、琉球の海岸林においては極めて普通に豊富に存在する植物なので(初島, 1975; Walker, 1976)、この2種の間に餌資源をめぐる厳しい競争が存在するとは考えにくい。また、石垣島におけるおオハマボウとサキシマハマボウでは、ズグロシロジュウジカメ

ムシが繁殖している場所で、同時同所的にアカホシカメムシの繁殖も見られた(Fig.21)。これは、石垣島におけるオオハマボウやサキシマハマボウがズグロシロジウジカメムシだけで環境収容力を満たしてしまっていないことを意味すると思われる。したがって、シロジウジカメムシとズグロシロジウジカメムシの分布の決定には、この2種の間で配偶干渉が存在すると強く示唆されるが、現時点ではこの両種が共存している生息地はなく、この点を解明するのは今後の課題である。この2種の種間関係については、第VI章でもさらに検討する。

捕食者であるベニホシカメムシは一年を通して同じ場所で見られることはなく、その繁殖は、旺盛に繁殖しているアカホシカメムシが見られた冬から春にかけてのサキシマフヨウ(調査地B, C, G, I, J, K, L; Figs.18, 19, 23, 25-28), 春のトクリキワタ(調査地H, N; Figs.24, 30), キワタノキ(調査地M; Fig.29), 旺盛な繁殖をしているズグロシロジウジカメムシが見られた夏から秋にかけてのオオハマボウとサキシマハマボウの混生群落(調査地E; Fig.21)で見られたように、時間的にも空間的にも離散していた。これは、餌となるアカホシカメムシやズグロシロジウジカメムシの繁殖場所の間を移動するために相応の移動分散能力をベニホシカメムシが持っている可能性を示唆している。しかしながら、比較的長期間にわたってアカホシカメムシやズグロシロジウジカメムシの繁殖が見られたサキシマフヨウの群落(調査地C, G, J, K, L; Figs.19, 23, 26-28)やオオハマボウとサキシマハマボウの混生群落(調査地E; Fig.21)ではベニホシカメムシも比較的長期にわたって見られ、しかも個体数が増えることもあったのに対して、一時的にしかアカホシカメムシの繁殖が見られなかったトクリキワタ(調査地H, N; Figs.24, 30)やキワタノキ(調査地M; Fig.29)ではベニホシカメムシは一時的にしか見られず、しかも個体数も多くなかったことは、繁殖に適した条件が続けば、ベニホシカメムシは分散せずに同じ場所で継続的に繁殖する傾向を持つことを示唆する。

調査地Gのサキシマフヨウ(Fig.23)では2001年11月の調査開始時にアカホシカメムシの密度がそれほど高くなかったにもかかわらず、ベニホシカメムシの密度が比較的高く、その後もアカホシカメムシの密度はそれほど高くなく、ベニホシカメムシの密度が比較的高い状態で推移したので、ベニホシカメムシによる捕食がアカホシカメムシの密度上昇を抑制したように思われた。同様の傾向は、調査地L(Fig.28)における2003年1月～4月の期

間においても見られた。しかし、調査地Kのサキシマフヨウ(Fig.27)では2002年11月にはベニホシカメムシの成虫の密度が比較的高く、その後も比較的高い密度で推移したにもかかわらず、アカホシカメムシの密度は比較的高く推移したので、ベニホシカメムシはアカホシカメムシの密度の上昇を抑制できなかったように思われた。またさらに、調査地Cのサキシマフヨウ(Fig.19)では、2001年11月～2002年4月までの期間と2002年11月～2003年4月までの期間を比較すると、前者ではベニホシカメムシの発生が少なく、後者では非常に高い密度のベニホシカメムシの発生が見られたというような違いがあったにもかかわらず、両者期間ともアカホシカメムシの発生密度に大きな違いは認められなかったので、ベニホシカメムシが必ずしもアカホシカメムシの密度を抑制するわけではないと思われた。ただし、両者期間におけるベニホシカメムシの発生の推移に大きな違いが見られた原因として、期間の初期におけるアカホシカメムシの繁殖成虫の密度が、後者期間の方が高かったため、それが捕食者であるベニホシカメムシの後者期間における発生密度の上昇を引き起こした原因である可能性も示唆される。以上のように、サキシマフヨウ群落における植食者アカホシカメムシと特異的捕食者ベニホシカメムシの発生は、場所ごと、年次ごとに大きく異なった傾向を示し、場合によってはベニホシカメムシによるアカホシカメムシの密度の抑制が見られることもあるものの、多くの場合は、餌であるアカホシカメムシが高密度になることにより、それを専門的に捕食するベニホシカメムシの発生が助長されることが多いと思われた。

トクリキワタ(調査地H, N; Figs.24, 30)とキワタノキ(調査地M; Fig.29)においては、果実の開裂が起こるとすぐにアカホシカメムシが飛来して繁殖するが、その繁殖期間は比較的短く、ベニホシカメムシの発生は常にそれに遅れるために、これらのアカホシカメムシの寄主植物においては、ベニホシカメムシがアカホシカメムシの主要な密度抑制要因になることはないと思われた。オオハマボウを含む群落4か所(調査地E, F, O, P; Figs.21, 22, 31, 32)のうちでベニホシカメムシが見られたのがサキシマハマボウとの混生群落(調査地E; Fig. 21)だけだった理由のひとつとして、調査地E以外では、ズグロシロジウジカメムシの繁殖がそれほど旺盛に起こらなかったことがあげられると思われる。また、オオハマボウにおけるズグロシロジウジカメムシの繁殖場所が樹上の果実や成熟した種子にほぼ限られていたのに対して、サキシマハマボウにおいては、種子が落下

した地表も利用されていたので、主に地表を生息場所としてと思われるベニホシカメムシにとって、オオハマボウの単独群落よりサキシマハマボウとの混生群落の方が、繁殖するのに好適であると思われる。オオハマボウを含む群落においては、冬から春にかけての期間にズグロシロジュウジカメムシの生息密度は比較的高かったが、この期間中ズグロシロジュウジカメムシは、非繁殖状態の成虫がオオハマボウやサキシマハマボウの葉裏で顕著な集団を形成していたので(Figs.33, 45)、主に地表で活動するベニホシカメムシにとって、葉裏で集団を形成しているズグロシロジュウジカメムシを餌にすることができず、捕食が実質的に回避されていたと思われる。また、この時期には、サキシマフヨウにおいてアカホシカメムシが旺盛に繁殖していたので、ベニホシカメムシにとって、サキシマハマボウとの混生群落を含むオオハマボウの群落は、サキシマフヨウの群落と比較すると、はるかに好適性が低いと思われた。

今回の石垣島における調査では、タカサゴイチビにアカホシカメムシが発生したにもかかわらず、ベニホシカメムシは確認されなかったが、ベニホシカメムシがタカサゴイチビに発生したアカホシカメムシを捕食しているのが石垣島に近い竹富島で発見された例がある(河野, 2003b)。竹富島においては継続的な観察が行われていないので、両者の違いについて議論するのは難しいが、今回の調査では、タカサゴイチビにおいてアカホシカメムシが断続的にしか発生していなかったのに対して、竹富島では、連続的に発生していたため、ベニホシカメムシが発生することが可能だったのかも知れない。

石垣島の野外において、ヒメアカホシカメムシはキンゴジカの群落にほぼ通年生息していたにもかかわらず、ベニホシカメムシは全く見られなかった。この原因として、調査地として利用したキンゴジカ群落が、アカホシカメムシやズグロシロジュウジカメムシが繁殖していた他のアオイ目群落から地理的にやや離れていたことがひとつとしてあげられると思われるが、ヒメアカホシカメムシが何らかの理由、例えば餌として選好する性質に欠ける、あるいはヒメアカホシカメムシの体が小さいのでベニホシカメムシの餌として量的に十分ではない、などという理由でベニホシカメムシの餌として適していないという可能性も考えられる。

以上からベニホシカメムシの生息地の利用様式を総合的に見ると、比較的長期間にわたってアカホシカメムシが繁殖するサキシマフヨウが重要な生息地になるが、盛夏から晩秋にかけてサキシマフヨウにアカホシカメムシ

が見られなくなる時期には、それにかわってズグロシロジュウジカメムシが旺盛に繁殖するオオハマボウとサキシマハマボウの混生群落が重要な生息地になっており、季節的に生息地を変えることが基本的な生息地の利用様式となっていると思われた。

Maxwell-Lefroy (1908)に"アカホシカメムシは石の下や土の割れ目などに卵塊で産卵する"と記されているように、ここでも石や木片の下で卵塊が発見されたが、大半の卵塊は発見できなかったため、卵および1齢幼虫期に関わる生態的特性に関する議論は今後の課題である。

2. 野外におけるベニホシカメムシによる捕食

a 野外調査の目的

ベニホシカメムシはアカホシカメムシ類の特異的な捕食者であることは知られているが、各発育段階のベニホシカメムシが野外で実際に捕食の対象としている餌種の構成についてはこれまでに報告がなく、その実態は明らかになっていない。また、ベニホシカメムシが餌に対してどのような捕食行動をとるのかについても報告がない。ベニホシカメムシは棉作害虫であるアカホシカメムシに対する生物的防除資材の候補のひとつとして実用化を目指したとき、ベニホシカメムシの野外における捕食特性を明らかにすることが必要となってくる。

そこで、野外の自然状態において観察を行うことにより、各発育段階のベニホシカメムシが捕食する餌の種類とその発育段階、および捕食行動の実態について明らかにする。

b 野外調査の方法

野外調査でベニホシカメムシによる捕食が観察されたとき、ベニホシカメムシの発育段階と捕食の対象になった餌の種類とその発育段階を記録した。観察は1999年2月から2004年3月までの間、前節におけるホシカメムシ類の季節的な個体数の消長を明らかにするために設定した16か所の調査地における定期的な調査のときに行ったほか、石垣島のその他の場所でも適宜行った。

c 捕食対象についての結果

ベニホシカメムシによる捕食は180例観察された。そのうち、アカホシカメムシに対する捕食は160例、ズグロシロジュウジカメムシに対する捕食は17例、ホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris* (Fabricius, 1775) に対する捕食は3例だった。ベニホシカメムシに捕食されていたアカホシカメムシとズグロシロジュウジカメムシは、

それぞれの寄主植物の上または寄主植物群落付近の地表で観察された。ホソヘリカメムシに対するベニホシカメムシの捕食は調査地Cのサキシマフヨウ群落においてのみ観察された。ベニホシカメムシに捕食されたホソヘリカメムシはアカホシカメムシが繁殖場所として利用しているサキシマフヨウにからみついているクロバナツルアズキ *Macroptilium atropurpureum* L.に寄生していた。ベニホシカメムシ1齢幼虫は全く観察されず、ベニホシカメムシ2齢幼虫による捕食も1例しか観察されなかった。

各齢のベニホシカメムシが捕食対象としていた3種のカメムシ類の各齢の個体に対する観察例数をTable 5にまとめた。アカホシカメムシに対する捕食ではベニホシカメムシの齢の違いによる捕食対象になるアカホシカメムシの齢について明瞭な違いが認められた。ベニホシカメムシ2齢幼虫による捕食は1例しか観察されなかつ

たので傾向は不明だが、ベニホシカメムシ3齢幼虫はアカホシカメムシ2齢幼虫、ベニホシカメムシ4齢幼虫はアカホシカメムシ4齢幼虫、ベニホシカメムシ5齢幼虫はアカホシカメムシ5齢幼虫、ベニホシカメムシ成虫はアカホシカメムシ成虫に対する捕食観察例が最も多く、より若齢のベニホシカメムシはより若齢のアカホシカメムシを、より老齢のベニホシカメムシはより老齢のアカホシカメムシを捕食対象とする傾向が認められた。ただし、ここで記録された各齢のアカホシカメムシに対する捕食例数の比率は、捕食が観察された時点におけるアカホシカメムシの各齢の構成比率に影響を受けている可能性がある。ズグロシロジュウジカメムシとホソヘリカメムシに対する観察例数は少ないので、各齢のベニホシカメムシによる捕食の齢の違いによる傾向の違いは明瞭ではない。

Table 5 The combination of the developmental stages of the predator *Antilochus coqueberti* and the prey species (top, *Dysdercus cingulatus*; middle, *Dysdercus* sp. 2; below, *Riptortus pedestris*) in each predation when predation was observed. Neither the first-instar predator nor the first-instar prey was observed in the field.

Predator	n	No. of observed predatory acts against <i>Dysdercus cingulatus</i>				
		2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Adult
2nd instar	1	0	0	1	0	0
3rd instar	17	6	4	3	3	1
4th instar	25	2	4	9	5	5
5th instar	63	1	7	8	30	17
Adult	54	0	1	8	12	33
Total	160	9	16	29	50	56

Predator	n	No. of observed predatory acts against <i>Dysdercus</i> sp. 2				
		2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Adult
2nd instar	0	0	0	0	0	0
3rd instar	3	0	0	0	2	1
4th instar	3	0	0	1	1	1
5th instar	3	0	0	0	0	3
Adult	8	0	0	1	1	6
Total	17	0	0	2	4	11

Predator	n	No. of observed predatory acts against <i>Riptortus pedestris</i>				
		2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Adult
2nd instar	0	0	0	0	0	0
3rd instar	0	0	0	0	0	0
4th instar	0	0	0	0	0	0
5th instar	0	0	0	0	0	0
Adult	3	0	0	0	1	2
Total	3	0	0	0	1	2

d 捕食行動についての観察結果

それぞれの捕食行動について定量的な記録はできなかったため、個々の観察事例についての記録をまとめて定性的に述べる。

観察された捕食事例の大半（アカホシカメムシに対する捕食例の大半とズグロシロジュウジカメムシとホソヘリカメムシに対する捕食例のすべて）は、既に餌種がベニホシカメムシによって捕獲された後であり、餌個体は既に動かなくなっていた。また、ベニホシカメムシの大半は餌個体の触角窩に口針を刺して餌個体の体液を吸汁していたが、一部は腹部節間の膜質部に口針を刺して餌個体の体液を吸汁していた。一部の餌個体は、餌個体の本来の色彩が抜けて白っぽく変色していた。

観察事例数は少ないが、餌個体が成虫であるか幼虫であるかにかかわらず、またベニホシカメムシが成虫であるか幼虫であるかにかかわらず、ほとんどすべての捕食行動は以下に記した経過をたどった。(1)ベニホシカメムシは触覚を前方に伸ばし、餌であるアカホシカメムシに向かってゆっくり近づいた。(2)ある程度まで餌個体に近づくと（おおよそ捕食者の体長の2倍程度の距離）、素早く餌個体と同じ方向に体を向けて餌個体の背面に乗りかかって餌個体を抱え込み、口吻で探るようにして口針を餌個体の触角の付け根の触角窩に素早く刺した。(3)その後、餌個体はほぼ瞬時に動かなくなった。これ以降

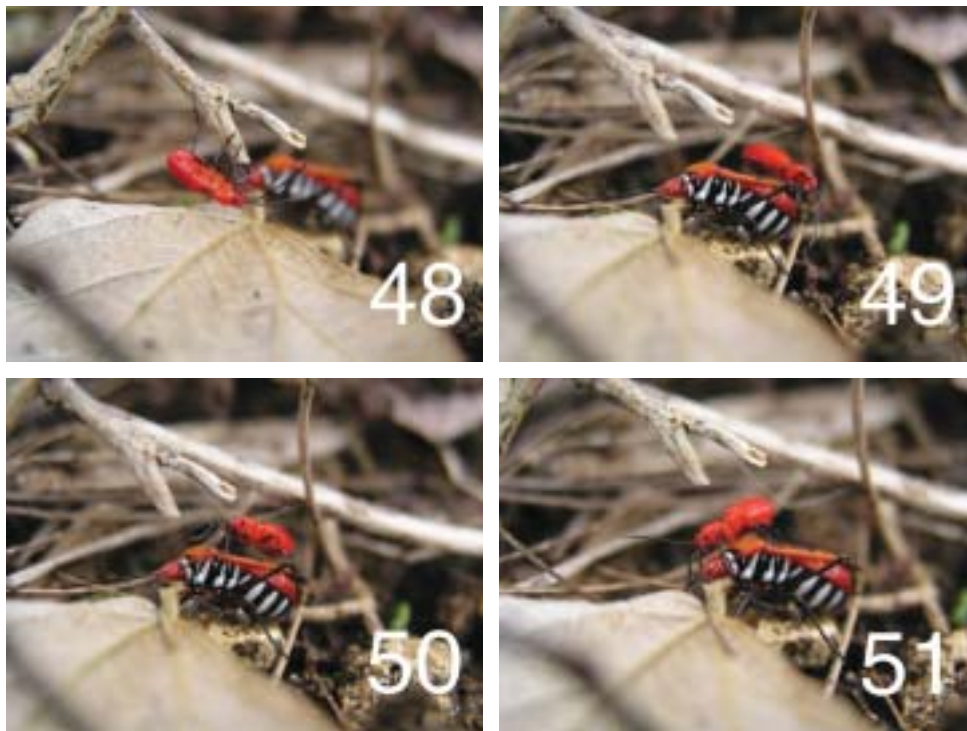
の行動は事例によって異なり、餌個体を抱え込んだまま触角窩から餌個体の体液を吸汁する個体もあれば、餌個体の触角窩に口針を刺したまま餌個体をぶら下げて吸汁する個体もあった。

捕食行動は上に述べたような経過をたどったが、餌個体が近くにいる場合でも、ベニホシカメムシは餌個体に対して捕食行動をとらない場合の方が多かった。

観察することができた捕食行動の一事例をFigs.48-51に示す。捕食者であるベニホシカメムシは3齢幼虫、餌であるアカホシカメムシは雌成虫である。静止している捕食者の方へ餌個体が近づいてきた(Fig.48)。捕食者は近くを通りかかった餌個体の背面に乗りかかったが、まだ口針を刺していない(Fig.49)。捕食者は餌個体の背面に乗ったまま、餌個体と同じ方向を向いた(Fig.50)。捕食者は餌個体の触角窩に口針を刺した(Fig.51)。

e 考察

これまでの研究結果のほとんど(例えば, Chauthaniら, 1966, Dhiman, 1985など)はベニホシカメムシがアカホシカメムシ類に特異的な餌選好性を持っているとしていたが、本研究における石垣島での野外観察の結果から、ベニホシカメムシはホシカメムシ上科ホシカメムシ科のアカホシカメムシ類だけでなく、ヘリカメムシ上科ホソヘリカメムシ科のホソヘリカメムシも捕食の対象と



Figs.48-51 Predation of the third instar *Antilochus coqueberti* against an adult *Dysdercus cingulatus*.

していることが明らかになった。ホソヘリカメムシが捕食の対象になったのは、野外における観察事例の2%以下(3/160)ではあったが、自然条件において3例観察されたことは、これが単なる偶然によるものではなく、ホソヘリカメムシとベニホシカメムシの間に何らかの特別な関係が存在することが示唆される。アカホシカメムシ類とその捕食者の間の被食者?捕食者の特異的な関係は、しばしば外見の類似性が何らかの意味を持っているという文脈で議論されてきたが(Marshall, 1902; Schouteden, 1916; Chauthaniら, 1966; Quayumら, 1980; Dhiman, 1985), ホソヘリカメムシはアカホシカメムシ類の警告的な派手な色彩とは異なって地味な色彩であるので(Fig.66), ベニホシカメムシの餌の発見認識において、外見の色彩が絶対的なものではないことが示唆される。ホソヘリカメムシに対するベニホシカメムシの捕食も観察されたものの、野外で観察された捕食事例の約98% (157/160)はアカホシカメムシ類に対する捕食であったので、ベニホシカメムシが餌としてアカホシカメムシ類に対して特異的な選好性を持っているというこれまでの定説を覆すことにはならないと判断される。本研究における野外観察でホソヘリカメムシの捕食が観察された場所(調査地C)では、アカホシカメムシが旺盛に繁殖していたサキシマフヨウに絡み付いて生育していたクロバナツルアズキに寄生していたホソヘリカメムシが捕食の対象となっていたので、主にアカホシカメムシを捕食の対象としていたベニホシカメムシが、その場にいたホソヘリカメムシを捕食した可能性が高いと推察される。詳しい状況はわからないが、岩田(1975)によってベニホシカメムシがシロアリを捕食したというのは、これと似たような状況であったのかも知れない。いずれにせよ、ベニホシカメムシがアカホシカメムシ類以外を捕食したことは、ベニホシカメムシが潜在的には、ある程度幅広い餌の選好性を持つ可能性があることを示唆している。ベニホシカメムシが餌とすることができるカメムシ類の種の範囲は、第V章第2節において室内実験を行い、さらに詳しく検討する。

捕食の観察事例が少なかったズグロシロジュウジカメムシとホソヘリカメムシに対する捕食については議論することはできないが、野外においてベニホシカメムシは、その発育段階が異なることにより、捕食対象になったアカホシカメムシの発育段階について明瞭な違いが認められ、より発育段階が早いベニホシカメムシはより発育段階が早いアカホシカメムシを、より発育段階が進んだベニホシカメムシはより発育段階が進んだアカホシカメム

シをより頻繁に捕食していたという一定の傾向が認められた。捕食が観察された時点における餌であるアカホシカメムシの各発育段階の構成比率は、各発育段階のベニホシカメムシの捕食対象となる餌個体の発育段階の構成比率に影響を与えられ考えられるが、ここでの観察結果には一定の傾向が見られたので、各発育段階のベニホシカメムシにおける餌個体の発育段階に対する選好性を大きく反映していると判断される。各発育段階のベニホシカメムシの餌の大きさ(発育段階)についての選好性の違いは、第V章第4節で室内実験を行い、さらに詳しく検討する。

ベニホシカメムシの捕食行動に関しては、野外においては十分な観察事例を得ることができたとはいえないので、詳細な議論はできない。しかしながら、今後実験室内等で検証すべき方向についての若干の示唆を得ることができたので、ここではそれらについて記述する。

捕食者が捕食の成功に至るまでには、餌種の生息地への侵入、餌個体の発見、餌個体に対する定位、餌個体の認識、餌個体に対する攻撃行動の解発などのいくつかの段階を経過することになる。その第一段階である餌種の生息地への侵入について、本研究における野外観察では、ベニホシカメムシが発見された場合、ほとんど常にアカホシカメムシ類と一緒に観察されたため、アカホシカメムシ類の生息地への侵入過程は全く不明のままである。生息地への侵入にあたって、餌であるアカホシカメムシ類が誘引源になっているのか、アカホシカメムシ類の寄主植物であるアオイ目植物が誘引源になっているのかについては、今後明らかにすべき課題であると思われる。ベニホシカメムシがアカホシカメムシに接近してから攻撃するまで、岩田(1978b)に記述されているのと同じ経過をたどった。アカホシカメムシへの接近に際しては、触角を餌個体の方向に伸長させていたことから、アカホシカメムシから発せられる何らかの揮発性成分(Farineら, 1992)が餌として認識するにあたって関与している可能性は高いと思われる。しかしながら、何らかの視覚的刺激が関与している可能性を完全に否定することはできない。

ベニホシカメムシがアカホシカメムシの触角窩を口針で刺すことにより、アカホシカメムシがほとんど瞬時に動かなくなったことから、触角窩がアカホシカメムシにとっての急所であると思われる。また、その際のベニホシカメムシの口針で触角窩を探るような捕食行動は、攻撃が明らかにその急所を狙って行われたということが強く示唆される。口針が触角窩を探り当てる際、視覚的刺

激が関与している可能性も否定できないが、アカホシカメムシの体表に分泌される何らかの化学成分(Farineら, 1992)が関与している可能性が示唆される。

IV アカホシカメムシ類の生活史特性

1 アカホシカメムシに対する各種寄主植物の好適性の比較と成長特性

a 目的

第III章における野外観察の結果は、アカホシカメムシが様々な寄主植物をそれぞれの寄主植物の開花、結実の時期に合わせて場所を変えながら繁殖していることを示すものだった。また、アカホシカメムシが繁殖に利用した寄主植物各種におけるアカホシカメムシの繁殖の旺盛さは寄主植物によって異なった。その理由として、それぞれの寄主植物のアカホシカメムシにとっての好適性が異なることが示唆される。そこで、この節では実験室内において各種のアカホシカメムシの寄主植物の種子を餌として飼育することにより、死亡率や発育速度を比較することによって、それぞれの寄主植物のアカホシカメムシの餌としての好適性を明らかにする。また、異なる温度条件で飼育して、低温発育臨界温度や有効積算温度の推定値を得ることにより、琉球におけるアカホシカメムシの分布を温度条件から考察するための資料を得る。

b 材料と方法

石垣島の野外で採集したアカホシカメムシ雌成虫を実験室内で産卵させ、これから得た卵を所定の温度条件で飼育し、孵化した後は寄主植物のうち1種の種子と水を与えて飼育し、成長および死亡の過程を記録した。

野外で採集したアカホシカメムシ雌成虫を、餌としてのサキシマフヨウまたはワタのいずれかの種子と給水用の蒸留水を入れたガラス管瓶とともに、直径約9cm、容量約200mlのプラカップに入れ、25°Cの温度、14L-10Dの日長条件に制御した恒温器、あるいは室温(約25°C)自然日長条件の実験室内で産卵させた。餌と水は適宜交換してカビが蔓延しないようにした。アカホシカメムシは本来土壌の隙間、地表の木片や石の下などに卵塊で産卵することが知られているが(Maxwell-Lefroy, 1908)、土を使わないこの方法でも容器の底面に産卵した。

産下された卵塊は、産卵後24時間以内に、湿らせた濾紙を敷いた直径約5cm高さ約1cmのプラスチックシャーレに入れ、15°C、17.5°C、20°C、22.5°C、25°C、27.5°C、30°Cのいずれかの温度、14L-10Dの日長条件に制御した

恒温器に入れ、孵化、2齢への脱皮までにかかる日数を集団飼育の条件で調査した。孵化した1齢幼虫は水以外を摂取しないので、卵を飼育した容器をそのまま使用し、水分のみを適宜補給した。

2齢になった幼虫は、それまでと温度日長条件は変えず、濾紙を敷いた直径約5cm高さ約1cmのプラスチックシャーレに、餌として1種類の寄主植物の種子と給水用の蒸留水を入れた管瓶を入れ、1頭ずつ単独で飼育し(Fig.52)、生死および各齢への脱皮と羽化までの日数を調査した。餌と水は適宜交換してカビが蔓延しないようにした。この容器は羽化するためにはやや狭い印象だったが、多くの場合、問題無く羽化させることができた。

供試した寄主植物の種子は、Table 6の備考欄に何も記していないもののうち、キンゴジカをのぞく8種、すなわち、オオハマボウ、サキシマフヨウ、オクラ、リュウキュウトロアオイ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビ、ワタおよびトックリキワタである。ブッソウゲ、キワタノキ、カイエンナットでは種子を全く、あるいは十分な量を確保できなかったため、飼育実験を行うことができなかったが、野外においてアカホシカメムシの繁殖場所として利用されていなかったアオイ科のキンゴジカについては、その寄主植物としての適性を判断するため、25°Cの温度条件のみで同様の方法で飼育実験を試みた。

供試した種子の重量は無作為に選んだ10粒の重量を測定して平均生重を算出した。ただし、ブッソウゲの種子は8粒しか得られなかったため、それらの平均値とした。



Fig.52 Rearing of *Dysdercus* bugs in the laboratory. Food (seeds of a putative host plant), water in a small glass bottle with a lid made of cotton and a piece of filter paper were put in a plastic container (5 cm diameter and 1cm deep).

生存率の統計的な比較は羽化するまでの生存率で行った。寄主植物と温度条件および両者の交互作用を要因として組み込んだ名義ロジスティックモデルをあてはめ、効果に対するWald検定を行い、それぞれの要因の有意性を調べた。さらに、有意性が認められなかった要因を無視し、有意性が認められた要因についてTukey (John Wilder Tukey)の方法による多重比較の比率の差の検定(青木, 2004)でそれぞれの要素間の有意差を調べた。

発育に関する温度要求性の推定については、これまで最も一般的に使われてきた最も単純なモデルをあてはめた。すなわち、温度条件(t)に対して発育速度(v)を一次式 $v = a + bt$ (a, b は定数)に回帰し、 $v = 0$ として外挿したときの t を低温発育臨界温度(発育零点, 単位: °C)とし、低温発育臨界温度以上の部分の温度を積算したものを有効温量とし、ある発育段階の発育を完了するのに必要な有効温量の積算値を有効積算温度(単位: 日・°C)とした。この際、有効積算温度(単位: 日・°C)は $1/b$ として算出される。

具体的には、幼虫の場合はそれぞれの寄主植物を餌として20~30°Cの5段階(タカサゴイチビでは20°Cの条件で羽化した個体が多かったので4段階)の温度条件で飼育して羽化した個体について、幼虫期間の平均値を計算し、さらにその逆数を発育速度として、最小二乗法で一次式 $v = a + bt$ (a, b は定数)に回帰した。卵の場合は20~30°Cの5段階の温度条件で飼育して孵化した卵について同様に計算した。

アカホシカメムシ幼虫の発育速度に対する餌(寄主植物)の違いによる影響は、25°Cの温度条件で飼育した場合の幼虫期間の平均値をTukey-KramerのHSD検定で寄主植物間のすべての組み合わせについて比較した。

c 結果

15°Cの温度条件では孵化率3.3% (4/120), 17.5°Cの温度条件では孵化率22.5% (18/80)と極めて低かったので、それ以降の実験を行うために十分な個体数を得ることができなかった。

Table 7にそれぞれの寄主植物、温度条件における、3齢以降の各齢期に達するまでの生存率を示した。死亡する過程は飼育条件によって大きく異なった。羽化に至るまでの生存率を、寄主植物と温度条件および両者の交互作用を要因として組み込んだ名義ロジスティックモデルをあてはめ、効果に対するWald検定を行った結果(Table 8), 寄主植物は要因として有意であったが、温度および温度と寄主植物の交互作用は有意ではなかった。

寄主植物の影響は有意だと判断されたので、それぞれの寄主植物で飼育した場合に羽化するまでの生存率(すべての温度条件で飼育した場合の総計)をTukeyの方法による多重比較の比率の差によって検定したところ、Table 7の右端に示した同じ文字を付したもの同士の間では、5%の有意水準で有意な差が認められなかった。すなわち、トックリキワタ、ワタ、サキシマフヨウ、サキシマハマボウ、オクラで飼育した場合には生存率が高

Table 6 Weight of host plant seeds examined in the experiment elucidating the development of *Dysdercus* bugs.

Plant species	Weight / seed (mg) *	wild/cultivated	arboreal/herbaceous	remarks
Malvaceae				
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	10.7	wild in maritime beach forest	arboreal	
<i>H. makinoi</i>	3.5	wild in and around forest near mountains	arboreal	
<i>H. rosa-sinensis</i>	21.1 **	cultivated in artificial garden	arboreal	not used in the experiment
<i>Abelmoschus moschatus</i>	10.6	wild in openland	herbaceous	
<i>A. esculentus</i>	48.7	cultivated commercially	herbaceous	
<i>Thespesia populnea</i>	256.4	wild in maritime beach forest	arboreal	
<i>Abutilon indicum</i>	3.5	wild in openland	herbaceous	
<i>Gossypium arboreum</i>	56.1	cultivated experimentally	herbaceous	
<i>Sida rhombifolia</i>	2.5	wild in openland	herbaceous	
Bombacaceae				
<i>Chorisia speciosa</i>	88.7	cultivated ornamentally	arboreal	
<i>Bombax celba</i>	80.4	cultivated ornamentally	arboreal	not used in the experiment
<i>Pachira aquatica</i>	2057.5	cultivated experimentally	arboreal	not used in the experiment

* mean weight per 10 seeds

** mean weight per 8 seeds

かったが、リュウキュウトロアオイではやや低く、オオハマボウでは低く、タカサゴイチビでは極めて低かった。

キンゴジカでアカホシカメムシを25°C、14L-10Dの条件で飼育した場合、すべて2齢で死亡し、3齢になる個体はなかった(0/300)。

餌として8種の寄主植物種子、5段階の温度条件で飼

育した場合の卵期間、幼虫各齢の期間をTable 9にまとめた。また、Table 10には卵を20°C~30°Cの5段階の温度条件で飼育した場合の、Table 11には幼虫を20°C~30°Cの5段階の温度条件で8種の寄主植物種子で飼育した場合の温度条件に対する発育速度の回帰式および低温発育臨界温度と卵または全幼虫期の発育を完了するのに必要な有効積算温度の推定値を示した。

Table 7 Survivability from second instar to third, fourth, and fifth instars and adult stage of *D.cingulatus* at five temperature regimes between 20.0 and 30.0°C and a 14L-10D photoperiod when fed seeds of eight plant species.

Host plant species	Temperature	n	Developmental stage				*
			3rd	4th	5th	adult	
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	20°C	36	100.0%	91.7%	50.0%	13.9%	d
	22.5°C	36	100.0%	88.9%	50.0%	25.0%	
	25°C	36	100.0%	91.7%	69.4%	33.3%	
	27.5°C	36	100.0%	100.0%	80.6%	41.7%	
	30°C	36	100.0%	100.0%	83.3%	27.8%	
<i>Hibiscus makinoi</i>	20°C	36	100.0%	100.0%	94.4%	86.1%	ab
	22.5°C	36	100.0%	97.2%	86.1%	83.3%	
	25°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	97.2%	
	27.5°C	36	100.0%	100.0%	97.2%	80.6%	
	30°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	97.2%	
<i>Abelmoschus moschatus</i>	20°C	36	100.0%	55.6%	52.8%	44.4%	c
	22.5°C	36	100.0%	94.4%	88.9%	61.1%	
	25°C	36	88.9%	75.0%	72.2%	66.7%	
	27.5°C	36	100.0%	63.9%	61.1%	58.3%	
	30°C	36	100.0%	88.9%	80.6%	61.1%	
<i>Abelmoschus esculentus</i>	20°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	83.3%	b
	22.5°C	36	100.0%	100.0%	97.2%	80.6%	
	25°C	36	100.0%	100.0%	91.7%	80.6%	
	27.5°C	36	86.1%	75.0%	72.2%	69.4%	
	30°C	36	86.1%	75.0%	75.0%	75.0%	
<i>Thespesia populnea</i>	20°C	36	100.0%	94.4%	88.9%	88.9%	ab
	22.5°C	36	100.0%	100.0%	97.2%	75.0%	
	25°C	36	100.0%	100.0%	88.9%	88.9%	
	27.5°C	36	100.0%	97.2%	91.7%	86.1%	
	30°C	36	100.0%	97.2%	83.3%	83.3%	
<i>Abutilon indicum</i>	20°C	36	100.0%	47.2%	11.1%	0.0%	e
	22.5°C	36	100.0%	77.8%	11.1%	2.8%	
	25°C	36	97.2%	47.2%	19.4%	11.1%	
	27.5°C	36	75.0%	33.3%	11.1%	2.8%	
	30°C	36	100.0%	61.1%	13.9%	5.6%	
<i>Gossypium arboreum</i>	20°C	36	100.0%	100.0%	94.4%	86.1%	ab
	22.5°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	86.1%	
	25°C	36	100.0%	100.0%	97.2%	91.7%	
	27.5°C	36	100.0%	100.0%	97.2%	80.6%	
	30°C	36	100.0%	100.0%	94.4%	91.7%	
<i>Chorisia speciosa</i>	20°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	77.8%	a
	22.5°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
	25°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
	27.5°C	36	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
	30°C	36	100.0%	100.0%	94.4%	88.9%	

* Identical letters indicate the values of survivability are not significantly different ($p > 0.05$; Tukey's method).

Table 8 Result of Wald-test for the effects of host plants and temperature on the survival rate from second instar nymph to adult stage of *Dysdercus cingulatus* when a nominal logistic model was applied.

Factor	No. of parameters	DF	Wald- χ^2	P value ($P > \chi^2$)
Temperature	4	4	0.16374086	0.9968
Host plant	7	7	58.4437504	0.0000
Temperature \times Host plant	28	28	23.1340752	0.7263

Table 9 Nymphal developmental periods of successfully emergent *Dysdercus cingulatus* at five temperature regimes between 20.0 and 30.0°C and a 14L-10D photoperiod when fed seeds of eight plant species.

Host plant	Temperature (°C)	n (2nd instar nymph)	No. emergence (%)	Developmental period (days: mean ± SE)							test*
				egg	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	nymphal total	
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	20.0	36	5 (13.9)	16.8±0.2	7.0±0.0	11.0±0.0	12.8±1.3	18.2±0.9	30.4±1.9	79.4±1.9	c
	22.5	36	9 (25.0)	12.0±0.0	5.0±0.0	7.4±0.2	10.7±0.4	11.3±0.8	21.4±1.0	55.9±1.0	
	25.0	36	12 (33.3)	7.5±0.2	3.0±0.0	5.3±0.1	6.6±0.3	7.9±0.4	16.5±1.3	39.3±1.1	
	27.5	36	15 (41.7)	7.0±0.0	3.0±0.0	5.0±0.4	5.1±0.2	6.5±0.4	13.1±0.6	32.7±0.6	
	30.0	36	10 (27.8)	5.0±0.0	3.0±0.0	4.0±0.0	4.8±0.2	5.5±0.3	12.6±0.5	29.9±0.4	
<i>H. makinoi</i>	20.0	36	31 (86.1)	16.0±0.0	7.0±0.0	12.0±0.1	10.7±0.2	14.5±0.4	27.7±0.6	71.8±0.7	b
	22.5	36	30 (83.3)	12.0±0.0	5.0±0.0	7.2±0.1	7.5±0.1	10.9±0.3	18.9±0.6	49.6±0.7	
	25.0	36	35 (97.2)	7.6±0.1	3.0±0.0	5.2±0.1	4.8±0.1	6.4±0.1	13.1±0.4	32.5±0.3	
	27.5	36	29 (80.6)	6.6±0.1	3.0±0.0	4.4±0.1	5.0±0.1	5.4±0.2	11.3±0.6	29.2±0.5	
	30.0	36	35 (97.2)	5.0±0.0	3.0±0.0	4.0±0.0	4.2±0.1	5.2±0.3	9.7±0.2	26.2±0.3	
<i>Abelmoscus moschatus</i>	20.0	36	16 (44.4)	16.0±0.0	7.0±0.0	11.7±0.4	11.3±0.5	13.6±0.9	28.2±1.7	71.8±1.6	b
	22.5	36	22 (61.1)	12.0±0.0	5.0±0.0	7.1±0.1	8.2±0.2	10.5±0.3	18.1±0.6	48.9±0.8	
	25.0	36	24 (66.7)	7.4±0.1	3.0±0.0	5.7±0.2	5.4±0.2	6.6±0.1	11.4±0.7	32.1±0.7	
	27.5	36	21 (58.3)	6.6±0.1	3.0±0.0	4.6±0.1	5.2±0.2	5.3±0.1	11.2±0.7	29.4±0.6	
	30.0	36	22 (61.1)	5.0±0.0	3.0±0.0	4.2±0.1	4.0±0.1	4.7±0.1	9.6±0.5	25.5±0.5	
<i>A. esculentus</i>	20.0	36	30 (83.3)	16.0±0.0	7.0±0.0	10.9±0.1	11.0±0.1	13.6±0.3	27.2±1.3	69.7±1.4	b
	22.5	36	29 (80.6)	12.0±0.0	5.0±0.0	7.4±0.1	7.7±0.2	9.3±0.4	15.7±1.0	45.0±1.1	
	25.0	36	29 (80.6)	7.4±0.1	3.0±0.0	4.9±0.2	5.1±0.1	6.1±0.2	12.0±0.8	31.0±0.7	
	27.5	36	25 (69.4)	6.5±0.1	3.0±0.0	4.4±0.1	4.8±0.1	5.3±0.2	9.3±0.6	26.8±0.7	
	30.0	36	27 (75.0)	5.0±0.0	3.0±0.0	3.6±0.1	4.2±0.2	5.2±0.4	9.0±0.6	25.0±0.6	
<i>Thespesia populnea</i>	20.0	36	32 (88.9)	16.0±0.0	7.0±0.0	11.0±0.0	13.1±0.2	14.4±0.5	20.2±0.3	65.7±0.6	b
	22.5	36	27 (75.0)	11.8±0.1	5.0±0.0	7.8±0.1	9.5±0.2	9.4±0.3	15.8±0.5	47.5±0.4	
	25.0	36	32 (88.9)	7.5±0.1	3.0±0.0	5.5±0.1	5.6±0.1	7.1±0.2	11.8±0.3	33.0±0.5	
	27.5	36	31 (86.1)	7.0±0.0	3.0±0.0	5.0±0.0	5.0±0.2	5.5±0.2	9.2±0.3	27.8±0.5	
	30.0	36	30 (83.3)	5.0±0.0	3.0±0.0	4.0±0.0	4.6±0.1	5.2±0.1	8.1±0.2	24.9±0.4	
<i>Abutilon indicum</i>	20.0	36	0 (0.0)	—	—	—	—	—	—	—	d
	22.5	36	1 (2.8)	12.0±—	5.0±—	8.0±—	6.0±—	19.0±—	33.0±—	71.0±—	
	25.0	36	4 (11.1)	7.8±0.3	3.0±0.0	6.0±0.4	10.8±1.2	9.8±0.5	24.5±1.6	54.0±2.9	
	27.5	36	1 (2.8)	6.0±—	3.0±—	8.0±—	7.0±—	11.0±—	17.0±—	46.0±—	
	30.0	36	2 (5.6)	5.0±0.0	3.0±0.0	4.5±0.5	10.5±0.5	8.0±0.0	12.5±1.5	38.5±1.5	
<i>Gossypium arboreum</i>	20.0	36	31 (86.1)	16.0±0.0	7.0±0.0	11.0±0.0	9.5±0.2	11.3±0.2	19.9±0.5	58.7±0.5	b
	22.5	36	31 (86.1)	12.0±0.0	5.0±0.0	7.0±0.0	6.5±0.1	7.9±0.1	13.4±0.2	39.7±0.3	
	25.0	36	33 (91.7)	7.2±0.1	3.0±0.0	5.3±0.1	6.0±0.1	6.6±0.2	11.3±0.2	32.2±0.4	
	27.5	36	29 (86.1)	6.0±0.0	3.0±0.0	4.0±0.0	4.1±0.1	5.1±0.2	8.4±0.2	24.7±0.3	
	30.0	36	33 (91.7)	5.0±0.0	3.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.0	4.0±0.1	7.2±0.2	22.2±0.2	
<i>Chorisia speciosa</i>	20.0	36	28 (77.8)	16.0±0.0	7.0±0.0	9.0±0.0	9.9±0.3	11.4±0.2	21.0±0.5	58.3±0.5	a
	22.5	36	36 (100.0)	11.2±0.1	4.8±0.1	7.0±0.0	6.3±0.2	7.7±0.1	13.7±0.2	39.5±0.3	
	25.0	36	36 (100.0)	8.0±0.0	3.0±0.0	5.0±0.0	4.3±0.1	5.5±0.1	8.9±0.2	26.7±0.2	
	27.5	36	36 (100.0)	7.0±0.0	3.0±0.0	4.0±0.0	3.9±0.1	4.3±0.1	7.7±0.1	22.9±0.1	
	30.0	36	32 (88.9)	5.0±0.0	3.0±0.0	3.0±0.0	3.8±0.1	4.1±0.1	6.7±0.2	20.5±0.2	

* Identical letters indicate the values for the total nymphal developmental period at 25°C are not significantly different (P > 0.05; Tukey-Kramer's HSD).

Table 10 Thermal requirements for the development of *Dysdercus cingulatus* eggs estimated from data for 20, 22.5, 25, 27.5 and 30°C and a 14L-10D photoperiod.

Regression equation	r^2	Lower developmental threshold temperature (°C)	Effective cumulative temperature (day-degrees)
$v = -0.214686 + 0.013685 t$	0.979	15.8	73.4

Table 11 Thermal requirements for nymphal development of *Dysdercus cingulatus* estimated from data for 20, 22.5, 25, 27.5 and 30°C and 14L-10D photoperiod when fed seeds of eight plant species.

Food species	Regression equation	r^2	Lower developmental threshold temperature (°C)	Effective cumulative temperature (day-degrees)
<i>Hibiscus tiliaceus</i>	$v = -0.03037 + 0.002174 t$	0.979	14.0	459.9
<i>H. makinoi</i>	$v = -0.03507 + 0.002501 t$	0.959	14.0	399.8
<i>Abelmoschus moschatus</i>	$v = -0.03632 + 0.002563 t$	0.964	14.2	390.2
<i>A. esculentus</i>	$v = -0.03730 + 0.002661 t$	0.957	14.0	375.8
<i>Thespesia populnea</i>	$v = -0.03628 + 0.002593 t$	0.984	14.0	385.6
<i>Abutilon indicum</i> *	$v = -0.02076 + 0.001556 t$	0.997	13.3	642.8
<i>Gossypium arboreum</i>	$v = -0.03950 + 0.002850 t$	0.991	13.9	350.8
<i>Chorisia speciosa</i>	$v = -0.04704 + 0.003260 t$	0.976	14.4	306.7

*from data for 22.5, 25, 27.5 and 30°C

幼虫の発育速度は餌の寄主植物種子の違いにより大きく異なり、トックリキワタでは極めて速く、サキシマハマボウ、リュウキュウトロロアオイ、オクラ、サキシマハマボウ、ワタでは速く、オオハマボウでは遅く、タカサゴイチビでは極めて遅かった。低温発育臨界温度の推定値は、20°Cの条件ですべて死亡したために22.5°C~30°Cの温度条件のみから推定したタカサゴイチビの13.3°Cを除けば、13.9°C~14.4°Cという限られた温度の範囲に入った。したがって、発育を完了するための有効積算温度は、それぞれの寄主植物種子で飼育した場合の発育期間の長さにはほぼ比例したものになっている。

それぞれの寄主植物種子で飼育した場合の幼虫期の生存率と発育速度は高い正の順位相関を示した(Kendallの τ で5%水準で有意)ことから、生存率と発育速度のいずれもアカホシカメムシにとっての寄主植物の好適性としての指標として使用できることを示唆する。これに従えば、ここで供試した寄主植物は、トックリキワタは極めて好適、サキシマハマボウ、リュウキュウトロロアオイ、オクラ、サキシマハマボウ、ワタは好適、オオハマボウは不適、タカサゴイチビは極めて不適、幼虫が全く発育しなかったキンゴジカは完全に不適であると判断される。

卵期の低温発育臨界温度の推定値は15.8°Cであったので、幼虫期のその13.3°C~14.4°Cより高かった。

d 考察

栽培種であるトックリキワタ、ワタ、オクラのほか、石垣島に自生するアカホシカメムシの寄主植物のなかでは、サキシマフヨウ、リュウキュウトロロアオイ、サキシマハマボウの種子を餌として飼育した場合に生存率が高く、発育速度も速かったため、これらはアカホシカメムシの餌として好適な寄主植物と判断された。このなかで、サキシマフヨウは日本の南西諸島に固有の種であるが(常谷ら, 1984)、リュウキュウトロロアオイとサキシマハマボウは東南アジアに広く分布する種である(初島, 1975)。この2種のアカホシカメムシにとって好適な寄主植物の分布域とアカホシカメムシの分布域は大きく重なるので、これらの植物がアカホシカメムシの本来の寄主植物である可能性が高いと推察される。

アカホシカメムシは餌とした寄主植物種子の種類が異なると発育速度が大きく異なったが、推定された低温発育臨界温度は、餌とした寄主植物種子の種類が異なってもほぼ一定だった。このことから、寄主植物の違いの影響が、単に発育速度の違いとして現れていると推察される。

桐谷(1997)にまとめられている日本産の昆虫類(ダニ類等を含む)の低温発育臨界温度と比較すると、ここで得られたアカホシカメムシ卵の15.8°C、幼虫の13.3°C~14.4°Cという推定値は、これまでに明らかにされた日本産の昆虫のなかでは、かなり高いところに位置する。

また、推定された低温発育臨界温度を上回っているとは言え、15°Cおよび17.5°Cという低い温度条件では飼育が困難であった。アカホシカメムシが分布する琉球において、冬季に気温がこれ以下に下がることもあるが、ここで得られた結果は、アカホシカメムシが熱帯～亜熱帯に分布域を持っており、発育に関してかなり高い温度要求性を持っていることを反映したものと推察される。好適な寄主植物のひとつであるサキシマフヨウの分布域の北限は薩南諸島や五島列島にまで達しているが（常谷ら、1984）、アカホシカメムシの分布域の北限はそれよりかなり低緯度の沖永良部島である（林、2002）。これは、琉球におけるアカホシカメムシの分布の制限要因のひとつが温度条件であることを示唆している。

ここで扱った寄主植物のうち、オオハマボウ、リュウキュウトロアオイ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビはアジア熱帯地域に広く自生することが知られており（初島、1975）、ワタの栽培地域と大きく重なっている。東南アジア地域における棉作における害虫であるアカホシカメムシにとって、これらの野生のアオイ科植物は代替寄主植物としてアカホシカメムシの個体群を維持するのに貢献していると推察されるので、ここで得られたそれぞれの寄主植物における発育特性は、これら野生代替寄主植物群落からワタ圃場へのアカホシカメムシの侵入時期を予測するための基礎的なデータとして参考にすることが可能である。

2 ヒメアカホシカメムシに対する寄主植物の好適性の比較

a 目的

第三章における野外観察の結果は、ヒメアカホシカメムシがキンゴジカのみを寄主植物とする狭食性であることを示唆するものだった。一方、ヒメアカホシカメムシはワタの害虫としても知られている（安永ら、1993）。

この節では実験室内においてキンゴジカとワタの種子を餌として飼育することにより、この2種の植物の餌としての好適性を明らかにする。

b 材料と方法

石垣島の野外で採集したヒメアカホシカメムシ雌成虫を実験室内で産卵させ、これから得た卵を25°C、14L-10Dの温度日長条件で飼育し、孵化した後はキンゴジカワタのいずれか一方の種子と水を与えて飼育し、成長および死亡の過程を記録した。

具体的な飼育方法は、前節のアカホシカメムシの飼育方法と同様である。

c 結果

Table 12にキンゴジカとワタの種子を餌として与えて飼育した場合のヒメアカホシカメムシの2齢期以降各齢までの生存率を示した。キンゴジカの種子を餌として飼育した場合、2齢から3齢になるまでの死亡率は比較的高かったが、それ以降の死亡率は比較的低かった。ワタの種子を餌として飼育した場合にはすべて2齢で死亡し、3齢になるものはなかった。

Table 13にキンゴジカの種子を餌として25°C、14L-10Dの温度日長条件でヒメアカホシカメムシを飼育した場合の卵期間と幼虫各齢の期間を示した。すべての個体が羽化するまで実験を継続できなかったため、ここに示された5齢幼虫の期間および全幼虫期間は過小評価されていると考えられる。ここで得られたヒメアカホシカメムシの幼虫発育期間は、オオハマボウを餌として25°C、14L-10Dの温度日長条件で飼育した場合のアカホシカメムシの幼虫発育期間にほぼ匹敵する。

d 考察

植食性のホシカメムシ類は基本的に種子食者であると考えられており、ワタ種子を餌とした場合にヒメアカホシカメムシ幼虫は全く発育することができなかったことから、ワタはヒメアカホシカメムシの寄主植物として不適なものであると推察される。安永ら（1993）には本種がワタの害虫として知られているという記述があるが、一次文献が示されておらず、どのような状況で本種がワタの害虫となっていたのかは明確でない。ここで行った飼

Table 12 Survivability from second-instar nymph to third, fourth, and fifth instar and adult stage of *D.poecilus* at 25.0°C and a 14L-10D photoperiod when fed seeds of *Sida rhombifolia* or *Gossypium arboreum*.

Food species	n	Survival rate (%)			
		Developmental stage			
		3rd	4th	5th	adult
<i>Sida rhombifolia</i>	39	48.7%	48.7%	38.5%	30.8%
<i>Gossypium arboreum</i>	16	0%	—	—	—

Table 13 Table 13 Nymphal developmental periods of successfully emergent *Dysdercus poecilus* at 25.0°C and a 14L-10D photoperiod when fed seeds of *Sida rhombifolia*.

n (2nd instar nymph)	No. emerged (%)	Developmental period (days: mean ± SE)					Nymphal total*	
		egg	1st	2nd	3rd	4th		5th *
39	12 (30.8%)	8.0±0.0	3.3±0.5	6.3±0.5	8.5±3.4	9.0±1.8	12.7±1.0	38.1±4.6

* These values may be underestimated since these are based on the data of nine individuals and I could not observe the other three until emergence.

育実験の結果から判断する限り、本種がワタの害虫であるという記述は極めて疑わしいと思われる。アカホシカメムシは多くの文献の記述や、本研究における観察および飼育実験の結果から、ワタの害虫となっていることに疑いはなく、また、アカホシカメムシと本種の外見が似ていることから、アカホシカメムシがヒメアカホシカメムシと誤同定されたことが、本種がワタの害虫であるという記述のもとになっている疑いが高いと判断される(河野, 2001)。

第III章における野外観察の結果からキングジカはヒメアカホシカメムシの最も好適な寄主植物であると判断されるが、ここで行った飼育実験の結果は、本種のキングジカの種子で飼育した場合の発育期間が、アカホシカメムシにとってあまり好適な寄主植物ではないと判断されたオオハマボウの種子で飼育した場合の発育期間にほぼ匹敵したことから、潜在的な能力としてのヒメアカホシカメムシの発育速度は、アカホシカメムシのそれよりも遅いものと推察される。これは、小型の種子を長期間にわたって生産するというキングジカの生活史特性に対するヒメアカホシカメムシの適応的な進化の結果と考えることも可能だと思われる。

ここで行った実験は25°C, 14L-10Dの条件だけであるので、温度反応の違い、例えばヒメアカホシカメムシの低温発育臨界温度がアカホシカメムシのそれよりも高いという可能性も想定できる。しかしながら、ヒメアカホシカメムシの分布域の北限は沖縄島であり(林, 2002)、アカホシカメムシの分布域の北限の沖永良部島(林, 2002)と大きな差がないことから、両種の間で発育に必要な温度が大きく異なるとは考えにくい。この点に関しては、今後、様々な温度条件でヒメアカホシカメムシを飼育することにより、より明確な結論を導くことができると思われる。

3 ズグロシロジュウジカメムシに対する各種寄主植物の好適性の比較

a 緒言

第III章における野外観察の結果は、ズグロシロジュウジカメムシがオオハマボウ、サキシマフヨウ、サキシマハマボウを寄主植物とするやや狭食性であることを示唆するものだった。

この節では実験室内においてこの3種の寄主植物の種子を餌として飼育することにより、この3種の植物の餌としての好適性の違いを明らかにする。

b 材料と方法

石垣島の野外で採集したズグロシロジウジカメムシ雌成虫を実験室内で産卵させ、これから得た卵を25℃、14L-10Dの温度日長条件で飼育し、孵化した後はオオハマボウ、サキシマフヨウ、サキシマハマボウのうちのいずれかの種子と水を与えて飼育し、成長および死亡の過程を記録した。

具体的な飼育方法は、本章第1節のアカホシカメムシの飼育方法と同様である。

c 結果

いずれの寄主植物についても30頭の2齢幼虫を供試したが、いずれも3齢になることなく死亡した。卵期間は 6.3 ± 0.5 日、1齢期間は 4.0 ± 0.0 日（いずれも平均±標準誤差）だった。

d 考察

野外での観察結果から好適あるいはやや好適な寄主植物であると予想された植物の種子を与えたにもかかわらず、ズグロシロジウジカメムシを成長させることができなかった。このことは、アカホシカメムシでは問題が無いと思われた飼育法がズグロシロジウジカメムシにとっては適切でなかったことを示唆する。ズグロシロジウジカメムシの寄主植物の好適性の比較は今後の課題である。

4 アカホシカメムシの産卵特性

a 緒言

卵塊で産卵するか卵粒で産卵するか、また卵塊で産卵する場合に一度で産卵するか数度に分けて産卵するか、またさらに複数に分けて産卵する場合には、それぞれの産卵に対してどのように投資を配分するかなどは、その種の生活史戦略を理解する上で重要な生活史形質である (Stearns, 1976)。アカホシカメムシ類の産卵特性については既にいくつかの研究事例があり、*D. bimaculatus*, *D. suturellus*, *D. minus*, *D. andreae*, *D. minus*, *D. fasciatus*, *D. nigrofasciatus*, *D. supersticiosus*, *D. cardinalis*の産卵特性がDerrら (1981)によって、*D. nigrofasciatus*, *D. cardinalis*, *D. intermedius*の産卵特性がKasule (1985)によって明らかにされている。

本来ならば、ここでは石垣島に分布する3種のアカホシカメムシ類の産卵特性を比較すべきところであるが、本章第2節、第3節で記したように、アカホシカメムシ以外では十分な成虫の個体数を得ることができなかったため、

ここではアカホシカメムシのみの産卵特性を、異なった2種の餌と4段階の温度条件で調べて明らかにする。

b 材料と方法

本章第1節におけるアカホシカメムシの飼育実験において羽化した雌成虫のうち、サキシマフヨウあるいはワタ種子を餌にして22.5℃~30℃の温度条件で飼育したものを、直径約8cm、高さ約4cmの透明なプラスチック容器に移し、幼虫期と同じ餌と温度条件で個体別に飼育し、成虫の寿命、産卵回数、産卵前期間、総産卵数、卵塊サイズを調べた。なお、それぞれの飼育容器の中には、雌成虫の羽化24時間以内に任意の雄を入れて交尾させた。

成虫の寿命、産卵回数、産卵前期間、総産卵数、卵塊サイズに関して、餌の種類および飼育温度条件を要因として二元配置分散分析をして、それぞれの要因の効果について有意性を調べた。

c 結果

それぞれの飼育条件における成虫の寿命、産卵回数、産卵前期間、総産卵数、卵塊サイズをTable 14にまとめた。

成虫の寿命は、ワタ種子を餌として25℃で飼育した場合に最大98日に及んだが、非常に大きくばらついた。飼育温度の違いは0.1%の危険率、餌の種類と飼育温度の交互作用は5%の危険率で有意であった (Table 15)。成虫の寿命に対して温度は一定の傾向を示したわけではなく、サキシマフヨウ種子を餌として飼育した場合は22.5℃で最も寿命が長かったが、ワタ種子を餌として飼育した場合には、25℃で最も寿命が長かった。成虫の寿命に対する餌の違いの影響も、サキシマフヨウで飼育した個体よりワタで飼育した個体の方が長い傾向にあったが、餌の種類の違いは有意ではなかった (Table 15)。産卵回数は非常に大きくばらつき、全く産卵しなかった個体から、最大で78日の寿命の間に8回産卵した個体 (ワタ種子を餌として27.5℃で飼育した個体) まであったが、産卵した72個体のうち、1回だけ産卵した個体は31個体 (43.1%)、2回産卵した個体は27個体 (37.5%) で合わせて80.6%を占め、3回以上産卵した個体は14個体で、全体の19.4%に過ぎなかった。産卵しなかった個体の比率は、サキシマフヨウとワタのいずれを餌としたものも、25℃と27.5℃では低かったが、22.5℃ではやや高く、30℃では非常に高かった。産卵回数について、餌の種類の違いは有意ではなかったが、飼育温度の違いおよ

Table 14 Reproductive properties of *Dysdercus cingulatus* fed with *Hibiscus makinoi* or *Gossypium arboreum* seeds at four temperature regimes between 22.5°C and 30°C.

Food plant species	Temperature (°C)	Photo-period	n	Adult longevity (days) (mean ± SD [range])	No. of oviposition (mean ± SD [range])	No. of oviposited females	Preovipositional period (mean ± SD [range])	Total No. of eggs laid by oviposited females (mean ± SD [range])	Clutch size of eggs (mean ± SD [n, range])
<i>Hibiscus makinoi</i>	22.5	14L-10D	21	30.0 ± 13.4 [6-53]	0.8 ± 0.8 [0-2]	12	19.8 ± 8.8 [13-43]	90.2 ± 32.7 [37-144]	63.6 ± 20.9 [17, 33-96]
	25		9	18.7 ± 8.9 [1-33]	1.0 ± 0.7 [0-2]	7	18.6 ± 3.8 [15-26]	69.6 ± 23.9 [43-102]	54.1 ± 19.0 [9, 28-91]
	27.5		17	18.9 ± 8.4 [5-34]	1.3 ± 1.0 [0-3]	14	11.9 ± 3.6 [7-19]	93.1 ± 49.7 [34-171]	55.9 ± 17.0 [22, 16-88]
<i>Gossypium arboreum</i>	30		9	15.7 ± 5.1 [9-27]	0.9 ± 0.8 [0-2]	6	9.7 ± 3.3 [7-16]	67.7 ± 26.1 [36-106]	50.8 ± 18.6 [8, 30-82]
	22.5		11	31.2 ± 16.4 [10-64]	0.9 ± 1.1 [0-3]	5	15.6 ± 2.8 [13-19]	129.6 ± 64.4 [56-195]	64.8 ± 31.3 [10, 14-115]
	25		12	42.8 ± 25.5 [10-98]	2.3 ± 1.7 [0-6]	11	12.0 ± 2.8 [9-19]	193.4 ± 97.9 [83-380]	76.0 ± 24.8 [28, 20-115]
	27.5		17	27.0 ± 19.6 [5-78]	2.6 ± 1.8 [0-8]	16	8.5 ± 1.1 [7-11]	205.4 ± 105.4 [77-505]	74.7 ± 23.4 [44, 6-116]
	30		14	13.3 ± 7.9 [3-25]	0.1 ± 0.5 [0-2]	1	6 ± — [6-6]	107 ± — [107-107]	53.5 ± 6.4 [2, 49-58]

び餌の種類と飼育温度の交互作用は0.1%の危険率で有意だった (Table 16).

産卵前期間, 総産卵数, 卵塊サイズについては, 産卵しなかった個体を集計から除いて解析した.

産卵前期間は温度が高いほど短く, 温度が低いほど長い傾向にあり, ばらつきは大きいものの, 飼育温度の違いは0.1%の危険率で有意だった (Table 17). また, サキシマフヨウで飼育したものよりワタで飼育したもののほうが短い傾向にあったが, 餌の種類の違いおよび餌の種類と飼育温度の交互作用は有意ではなかった (Table 17). 各飼育温度における産卵前期間の平均値をもとに, 羽化から産卵するまでに必要な有効温量を, 産卵前期間の逆数を温度に一次回帰して外挿法で推定すると, サキシマフヨウを餌にして飼育した場合の低温発育臨界温度は16.6°C, 有効積算温度は133.0日・°C, ワタを餌にして飼育した場合の低温発育臨界温度は17.5°C, 有効積算温度は77.6日・°Cと算出された.

総産卵数は, ワタ種子を餌として27.5°Cで飼育した場合に最大505卵に及んだが, 非常にばらつきが大きかった. 餌の種類の違い, 飼育温度の違い, および餌の種類と飼育温度の交互作用はいずれも有意ではなかった (Table 18).

卵塊サイズもばらつきが大きく, 餌の種類の違い, 飼育温度の違い, および餌の種類と飼育温度の交互作用はいずれも有意ではなかった (Table 19). それぞれの個体の産卵順の違いによる卵塊サイズは, 最初の産卵で最も多く, 産卵回数が多くなるほど卵塊サイズが小さくなる傾向が認められ, 2回以上産卵した41個体について, ある産卵とその次回の産卵における卵塊サイズを比較すると, 有意に次回の卵塊サイズの方が小さかった (Wilcoxonの符号順位検定において0.1%水準で有意).

d 考察

アカホシカメムシの産卵に関わる生態的特性は, 個体間のばらつきが非常に大きいことが明らかになったが, 以下に記すような傾向が認められた.

全く産卵しない個体の比率は, ここで行った実験の低温条件 (22.5°C) および高温条件 (30°C) で高く, 中間的な温度条件 (25°C および 27.5°C) で低かったことから, アカホシカメムシの産卵に適した温度条件は, 25°C および 27.5°C を含む比較的狭い範囲にあると推察される.

産卵回数は, 最大8回に及んだ個体があったが, 多くは2回以下で, しかもそれぞれの産卵における産卵数は早い産卵ほど多い傾向にあったので, 潜在的には多数回

産卵する能力を持つと推察されるものの、より早い産卵により多くの投資をする戦略をとっていると推察される。産卵前期間に関する温度要求性は、飼育に用いた餌の違いにより若干の差異はあったものの、低温発育臨界温度はいずれの餌で飼育した場合も17°C前後と、幼虫期の発育に関わる低温発育臨界温度の14°C前後より高く、卵巣の成熟には幼虫の成長より、より高い温度が必要であると推察された。

V ベニホシカメムシの生活史特性

1 ベニホシカメムシの植食性

a 目的

第2章における野外観察の結果から、ベニホシカメムシがホシカメムシ科のアカホシカメムシ、ズグロシロジウジカメムシ、およびホソヘリカメムシ科のホソヘリカメムシを捕食することが明らかになった。この研究以前

Table 15 Table 15 Results of two-way ANOVA including cross effect, analyzing the effect of food and temperature on the longevity of *Dysdercus cingulatus* females.

Factor	No. of parameters	DF	SS	F value	<i>p</i> (Prob>F)
Food	1	1	9.2863	0.0422	0.8376
Temperature	3	3	4153.8424	6.2976	0.0006
Food×Temperature	3	3	2255.1016	3.4189	0.0202

Table 16 Results of two-way ANOVA, including cross effect analyzing the effect of food and temperature on the number of ovipositions by *Dysdercus cingulatus* females. The analysis was executed after square-root transformation of the number of ovipositions.

Factor	No. of parameters	DF	SS	F value	<i>p</i> (Prob>F)
Food	1	1	0.0008072	0.0052	0.9429
Temperature	3	3	5.1485245	10.9783	<.0001
Food×Temperature	3	3	2.5218354	5.3773	0.0018

Table 17 Results of two-way ANOVA, including cross effect analyzing the effect of food and temperature on the preovipositional period of *Dysdercus cingulatus* females.

Factor	No. of parameters	DF	SS	F value	<i>p</i> (Prob>F)
Food	1	1	60.78529	3.0406	0.0860
Temperature	3	3	720.96909	12.0215	<.0001
Food×Temperature	3	3	27.88073	0.4649	0.7078

Table 18 Results of two-way ANOVA, including cross effect analyzing the effect of food and temperature on the total fecundity of *Dysdercus cingulatus* females.

Factor	No. of parameters	DF	SS	F value	<i>p</i> (Prob>F)
Food	1	1	5488.192	1.0562	0.3080
Temperature	3	3	22288.233	1.4298	0.2425
Food×Temperature	3	3	19260.694	1.2356	0.3043

Table 19 Results of two-way ANOVA, including cross effect analyzing the effect of food and temperature on the clutch size of *Dysdercus cingulatus* females.

Factor	No. of parameters	DF	SS	F value	<i>p</i> (Prob>F)
Food	1	1	8.3695	0.0162	0.8990
Temperature	3	3	1117.7794	0.7204	0.5415
Food×Temperature	3	3	1833.6301	1.1818	0.3192

にも, Corbett (1923), Chauthani ら(1966), 岩田 (1975, 1978b), Quayum ら(1980), Dhiman (1985)によって, ベニホシカメムシが *Dysdercus* 属のホシカメムシ類を捕食するという記述が残されている.

一方, 川沢ら(1975)においてベニホシカメムシの寄主植物がアオイ科のオオハマボウであると記述されていたり, Singh ら(1977)によってベニホシカメムシがワタの害虫であると記述されていたりするように, ベニホシカメムシがアオイ科の植物と関わりを持った植食性を持つ可能性も残っている.

そこでここでは, ベニホシカメムシを石垣島に自生するアオイ科植物の種子とアカホシカメムシで飼育して餌としての好適性を比較して, 植食性の可能性を明らかにする.

b 材料と方法

ベニホシカメムシ 2 齢幼虫に対して動物性の餌としてアカホシカメムシ 2 齢幼虫, 植物性の餌としてオオハマボウの種子, サキシマフヨウの種子を水とともに与えて発育を比較した.

供試したベニホシカメムシは 2 齢に脱皮して 24 時間以内の個体である. 直径約 50mm のプラスチックシャーレに濾紙を敷きベニホシカメムシ 2 齢幼虫 1 頭を入れ, 餌として 5 頭のアカホシカメムシ 2 齢幼虫, 十分量のオオハマボウの種子, 十分量のサキシマフヨウの種子のいずれかを入れた. 水は濾紙を蒸留水で湿らせることによって与えた. 実験は 25°C, 14L-10D の温度日長条件で行った. 実験開始後, 生死の確認, 脱皮の有無を毎日調べ, アカホシカメムシ 2 齢幼虫が捕食された場合には, 捕食された数だけ追加した.

c 結果

結果を Table 20 に示した. アカホシカメムシ 2 齢幼

虫を餌として与えた場合は供試したすべてのベニホシカメムシ 2 齢幼虫が餌を捕食し 3 齢になったが, オオハマボウ種子, サキシマフヨウ種子を餌として与えた場合は供試したすべてのベニホシカメムシ 2 齢幼虫が 2 齢期間に死亡し, 3 齢になった個体はなく, その死亡までの日数は水だけ与えた場合と有意な差がなかった (Kohno ら, 2002).

d 考察

オオハマボウの種子やサキシマフヨウの種子をベニホシカメムシ 2 齢幼虫に餌として与えた場合に, 供試した個体が 2 齢期間に死亡し, その寿命が水のみを与えた場合と比較した場合に差が認められなかったことから, オオハマボウの種子やサキシマフヨウの種子は餌として全く価値がなかったことが示唆される. すべての植物を対象に調査したわけではないが, ベニホシカメムシの寄主植物として最も疑わしいオオハマボウとサキシマフヨウの種子がベニホシカメムシの餌とならなかったことは, 植食性のホシカメムシ類が基本的に種子食性であることも併せて判断すると, ベニホシカメムシが完全な捕食性であることを強く示唆する.

川沢ら (1975) がベニホシカメムシの寄主植物としてオオハマボウをあげたことは, 第三章での野外観察の結果が示すように, オオハマボウがズグロシロジョウジカメムシとアカホシカメムシの寄主植物となっており, ベニホシカメムシがこれらのホシカメムシ類を捕食するために, これらの植物上で見られることが多いため, これらの植物がベニホシカメムシの寄主植物であると誤認された可能性が高いと判断される.

Singh ら (1977) によってベニホシカメムシがワタの害虫と判断されたのは, 川沢ら (1975) におけるオオハマボウと同様に, ワタの圃場でベニホシカメムシが発見される場合が多いためか, あるいはベニホシカメムシとワタ

Table 20 Developmental duration or longevity of the second instar nymphs of *Antilochus coqueberti* fed on the second instar nymphs of *Dysdercus cingulatus* or *Hibiscus tiliaceus* or *H. makinoi* seeds.

Feeding treatment	Diet	N	Molting	Died	Survival rate to 3rd instar	2nd instar duration ^a	Longevity ^{a,b}
Animal materials	<i>D. cingulatus</i> nymphs + Water	18	18	0	100%	5.6 ± 0.1	–
	<i>H. tiliaceus</i> seeds + Water	22	0	22	0%	–	6.2 ± 0.2 a
Plant materials	<i>H. makinoi</i> seeds + Water	22	0	22	0%	–	5.1 ± 0.2 b
	(Control)	Water	30	0	30	0%	–

^a days (Mean ± SE)

^b Values followed by the same letter were not significantly different (Tukey-Kramer's HSD, $P > 0.05$).

の害虫であるアカホシカメムシが外見的に似ていることによる誤同定に基づくもののいずれかだと推察される。

2 ベニホシカメムシの餌種選好性

a 目的

第2章での野外観察の結果から、ベニホシカメムシがホシカメムシ科のアカホシカメムシ、ズグロシロジウジカメムシとホソヘリカメムシ科のホソヘリカメムシを捕食することが明らかになった。この研究以前にも、Corbett (1923), Chauthaniら (1966), 岩田 (1975, 1978b), Quayumら (1980), Dhiman (1985)によって、ベニホシカメムシが *Dysdercus* 属のホシカメムシ類を捕食するという記述が残されている。

ベニホシカメムシがホシカメムシ科 *Dysdercus* 属以外の種であるホソヘリカメムシ科のホソヘリカメムシを捕食することは、この研究で発見された新しい知見であるが、ベニホシカメムシはこれ以外のカメムシ類についても潜在的な餌としての選好性を持っている可能性が示唆される。

ベニホシカメムシの主要な餌種であるアカホシカメムシは、ベニホシカメムシと互いに外見が似ており、そのために誤同定されたと疑われる例がある (Singhら, 1977)。捕食者が餌種と外見的に似ている例は他にも知られている。カメムシ類について例を上げると、アフリカにおけるホシカメムシ科の *Dysdercus* 属数種とそれらを専門的に捕食するサシガメ科の *Phonoctonus* 属2種の例 (Marshall, 1902; Stride, 1956a, b; Galichet, 1956; Fuseiniら, 1975b)、インドネシアにおける種子食性ホシカメムシ科のダイフウシホシカメムシ *Melampus faber* (Fabricius, 1787)とこれを専門的に捕食するホシカメムシ科のニシダホシカメムシ *Raxa nishidai* Schaefer, 1999の例 (Schaefer, 1999; 西田, 1999; Nishidaら, 2001)、グンバイムシ科のツツジグンバイ *Stephanitis pyrioides* (Scott, 1874)とこれを専門的に捕食するグンバイカスミカメ *Stethoconus japonicus* (Schumacher, 1910)の例 (Henryら, 1986; Nealら, 1991)、グンバイムシの一種 *Dulinius unicolor* (Signoret, 1861)とそれを専門的に捕食するカスミカメムシの一種 *Stethoconus frappai* Carayon, 1960の例 (Carayon, 1960)がある。

以上の例では、グンバイムシ類に対するグンバイカスミカメ類の例を除き、餌になる種とそれを捕食する種がいずれも警告的な色彩をしている。これらの例がベイツ型の擬態なのかミュラー型の擬態なのかは (Wickler,

1968)、これまでの知見からは判断できないが、そのいずれにしてもこれらの捕食者と被食者との間の緊密な関係が進化した背景には、体の色彩あるいは斑紋という形態の進化との関係が疑われる。そこで、ベニホシカメムシの餌の選択に関して、餌となる種の外見が関係しているという仮定のもとで、ベニホシカメムシに外見的に似ている種、野外で餌になっていると確認されたホソヘリカメムシ、あるいはそれらと系統的に近い種を実験的に餌として与え、それらがベニホシカメムシに捕食されるかどうかという実験を行うことにより、ベニホシカメムシの捕食の対象となる餌種を明らかにする。

b 材料と方法

餌として供試したカメムシ類はTable 21に示した6科18種である。また、これらの外見の写真をFigs.53~70に示した。これらのうち、ダルマホシカメムシは主要な餌種であるアカホシカメムシなどと同じホシカメムシ科に分類されていること、ヒロホソヘリカメムシは野外で餌となっているホソヘリカメムシと同じホソヘリカメムシ科に分類されていること、それ以外の種は赤と黒を基調とした警告的な色彩を持つことを選定の基準とした。なお、第1章で説明された *Dysdercus* 属以外のカメムシ類に関する説明は、本章末の補足の項に記した。これらのうち、オオホシカメムシ科 *Largidae* のオオホシカメムシ *Physopelta gutta* (Burmeister, 1834)とヒメホシカメムシ *Ph. cincticollis* Stål, 1863とホシカメムシ科のアカホシカメムシとズグロシロジウジカメムシは同時に多数の材料が入手できたので体系的な実験を行ったが、それ以外のカメムシ類は同時に多数の個体を入手することができなかったため、その場に応じてベニホシカメムシに対して餌として与え、捕食されるかどうかを調べた。

オオホシカメムシ、ヒメホシカメムシ、アカホシカメムシ、ズグロシロジウジカメムシの4種については、餌としてこれらの成虫を1頭ずつ無作為の順序で24時間ずつベニホシカメムシ雄成虫に与え、24時間以内に捕食されるかどうかを調べた。実験は1998年11月~12月にかけて、自然日長の室内で行った。容量約200mlのプラスチック容器に濾紙を敷き、給水用の水を入れて脱脂綿で栓をしたガラス管瓶を入れ、そこにベニホシカメムシ雄成虫と餌個体を入れ、24時間後に餌が捕食されたかどうかを調べた。ベニホシカメムシ雄成虫は、アカホシカメムシを餌として与え実験室内で飼育し、羽化後は水以外には全く餌を与えなかった羽化後3~5日の個体であ

る。餌の4種のカメムシは、1998年11月に石垣島の野外で採集した。

ズグロナガカメムシ *Oncopeltus nigriceps* (Dallas, 1852), ヒメマダラナガカメムシ *Graptostethus servus* (Fabricius, 1787), コマダラナガカメムシ *Spilostethus hospes* (Fabricius, 1794), アカナガカメムシ *Thunbergia sanguinaria* (Stål, 1870), ヒメアカホシカメムシ, ハレギアカホシカメムシ, シロジュウジカメムシ, オオアカホシカメムシ, ダルマホシカメムシ *Armatillus verrucosus* Distant, 1908, ホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris* (Fabricius, 1775), ヒロホソヘリカメムシ *Daclera levana* Distant, 1918, アカスジヘリカメムシ *Dasynus coccocinctus* (Burmeister, 1834), アカヘリカメムシ *Leptocoris augur* Fabricius, 1781, フチベニヘリカメムシ *L. rufomarginatus* Fabricius, 1794の14種については、それぞれの成虫を1頭ずつ、ベニホシカメムシの成虫、5齢幼虫、4齢幼虫のいずれかに与えて、5日~10日が経過したあと、捕食されたかどうかを調べた。餌として与えたカメムシ類

は、アカナガカメムシを西表島、シロジュウジカメムシを沖縄島で採集した以外は、石垣島の野外で採集した個体である。

c 結果

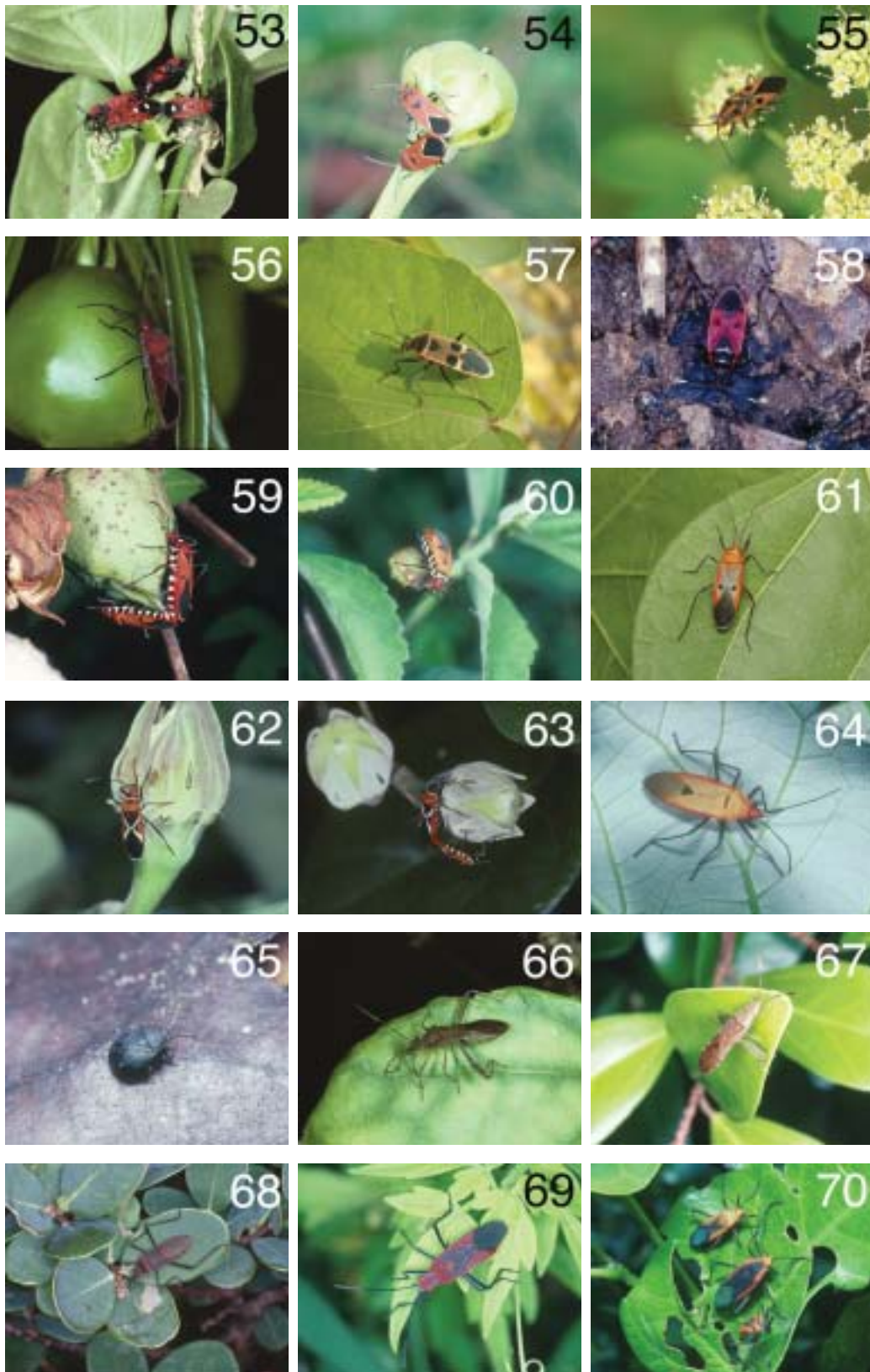
ホシカメムシ科のアカホシカメムシとズグロシロジュウジカメムシ, オオホシカメムシ科のオオホシカメムシとヒメホシカメムシを餌として与えた場合の結果をTable 22に示した。餌として与えた餌種の順序に関係なく、供試したベニホシカメムシは、ホシカメムシ科の2種をすべて捕食し、アカホシカメムシに外見が似ているオオホシカメムシ科の2種は全く捕食しなかった。

上記の4種以外について、実験に供試したベニホシカメムシの発育段階と、餌として成虫を与えた場合の結果をTable 23にまとめた。ホシカメムシ科のカメムシはダルマホシカメムシのように地味な色彩の種を含め5種すべてが捕食の対象になり、やはり地味な色彩のホソヘリカメムシ科の2種も捕食の対象になった。それに対して、いずれも警告的な色彩のナガカメムシ科マダラナガ

Table 21 Bug species provided as prey for the feeding experiment on prey preference of *Antilocos coqueberti*.

Superfamily Family Species	Collection locality	Appearance ^a
Lygaeoidea		
Lygaeidae		
<i>Oncopeltus nigriceps</i> (Dallas, 1852)	Ishigaki-jima	53
<i>Graptostethus servus</i> (Fabricius, 1787)	Ishigaki-jima	54
<i>Spilostethus hospes</i> (Fabricius, 1794)	Ishigaki-jima	55
<i>Thunbergia sanguinaria</i> (Stål, 1870)	Iriomote-jima	56
Pyrrhocoroidea		
Largidae		
<i>Physopelta gutta</i> (Burmeister, 1834)	Ishigaki-jima	57
<i>Ph. cincticollis</i> Stål, 1863	Ishigaki-jima	58
Pyrrhocoridae		
<i>Dysdercus cingulatus</i> (Fabricius, 1775)	Ishigaki-jima	59
<i>D. poecilus</i> (Herrich-Schaeffer, 1844)	Ishigaki-jima	60
<i>D. solenis</i> (Herrich-Schaeffer, 1843)	Ishigaki-jima	61
<i>Dysdercus</i> sp.1	Okinawa-jima	62
<i>Dysdercus</i> sp.2	Ishigaki-jima	63
<i>D. mesiostigma</i> Distant, 1888	Ishigaki-jima	64
<i>Armatillus verrucosus</i> Distant, 1908	Ishigaki-jima	65
Coreoidea		
Alydidae		
<i>Riptortus pedestris</i> (Fabricius, 1775)	Ishigaki-jima	66
<i>Daclera levana</i> Distant, 1918	Ishigaki-jima	67
Coreidae		
<i>Dasynus coccocinctus</i> (Burmeister, 1834)	Ishigaki-jima	68
Rhopalidae		
<i>Leptocoris augur</i> (Fabricius, 1781)	Ishigaki-jima	69
<i>L. rufomarginatus</i> (Fabricius, 1794)	Ishigaki-jima	70

^a Photographs of each bug species are indicated in the respective figures.



Figs.53-70 Appearance of putative prey species; 53, *Oncopeltus nigriceps*; 54, *Graptostethus servus*; 55, *Spilostethus hospes*; 56, *Thunbergia sanguinaria*; 57, *Physopelta gutta*; 58, *Ph. cincticollis*; 59, *Dysdercus cingulatus*; 60, *D. poecilus*; 61, *D. solenis*; 62, *Dysdercus* sp.1; 63, *Dysdercus* sp.2; 64, *D. mesiostigma*; 65, *Armatillus verrucosus*; 66, *Riptortus pedestris*; 67, *Daclera levana*; 68, *Dasynus coccocinctus*; 69, *Leptocoris augur*; 70, *L. rufomarginatus*.

Table 22 Results of the feeding experiment on prey preference of *Antilocos coqueberti* (adult male) when four species of bugs belonging to the superfamily Pyrrhocoroidea (*Dysdercus cingulatus*, *Dysdercus* sp.2, *Physopelta gutta*, *Ph. cincticollis*) were used as prey in random order. Each trial was executed for 24 h and whether the prey was killed was examined.

Prey species	No. examined	Preyed	Not preyed
Pyrrhocoridae			
<i>Dysdercus cingulatus</i>	10	10	0
<i>Dysdercus</i> sp. 2	10	10	0
Largidae			
<i>Physopelta gutta</i>	10	0	10
<i>Ph. cincticollis</i>	10	0	10

カメムシ亜科の4種、ヘリカメムシ科の1種、ヒメヘリカメムシ科の2種は捕食の対象にならなかった。

以上から、ホシカメムシ上科に属する種では、ホシカメムシ科に属する種はすべて捕食の対象になり、オオホシカメムシ科に属する種は全く捕食の対象にならず、ヘリカメムシ上科に属する種では、ホソヘリカメムシ科に属する種はすべて捕食の対象になり、ヘリカメムシ科とヒメヘリカメムシ科に属する種は全く捕食の対象にならなかった。すなわち、複数の系統の中の一部に属するそれぞれ一つの単系統に属する種が、外見に関わりなくベニホシカメムシの捕食の対象になることがわかった (Kohnoら, 2002)。

d 考察

ベニホシカメムシの捕食の対象になった種は、その外見が警告的な色彩であるかどうかに関わらず、その種が属する系統で決まっていた。このことは、ベニホシカメムシの餌の認識に関わる要因として、視覚的刺激以外の刺激が重要な役割を果たしていることを示唆している。

また、ベニホシカメムシの餌となる種が一つの単系統に属するのではなく、複数の系統に属することから、ベニホシカメムシの餌として認識される要因が、独立に複数回進化したことが示唆される。

ここでの実験結果のみから結論は導けないが、ベニホシカメムシの餌の認識に関わる要因を明らかにするためには、カメムシ類の体表から分泌される化学物質などとの関係を今後明らかにすることが重要であると思われる。

3 ベニホシカメムシの発育・繁殖特性

a 目的

ベニホシカメムシの野外における生態を理解するため、あるいはベニホシカメムシをワタの害虫であるアカホシ

カメムシに対する生物的防除資材として保護利用し活用するために、ベニホシカメムシの基本的な発育特性、繁殖特性を理解することは重要であるが、ベニホシカメムシの発育の温度反応、産卵数等はこれまでに詳しく調べられていない。

ここではまず、ベニホシカメムシを実験室内でさまざまな温度条件で飼育することにより、発育の温度反応を明らかにする。また、短日条件において、発育の遅延や休眠が誘導されるかどうかを明らかにする。さらに、産卵数等の繁殖に関わる生態的特性を明らかにする。

b 材料と方法

ベニホシカメムシの発育に関わる温度と日長条件の影響を明らかにするため、石垣島の野外で採集したベニホシカメムシ雌成虫あるいはその子世代の雌成虫を実験室内で産卵させ、これから得た卵を所定の温度日長条件で飼育し、孵化した後はアカホシカメムシと水を与えて飼育し、発育および死亡の過程を記録した。

直径約8cm、高さ約4cmの透明なプラスチック容器の底面に濾紙を敷き、その中に餌としてアカホシカメムシの成虫または5齢幼虫と、蒸留水を入れて脱脂綿で蓋をした給水用の管瓶を置き、ベニホシカメムシ雌成虫を1頭、あるいは雌成虫と雄成虫を各1頭入れ、蓋をした。これを25°C、14L-10Dの温度日長に制御した恒温器に入れるか、あるいは自然日長の実験室内に置いた。捕食されて死亡した餌個体は適宜取り除き、濾紙と水は適宜交換した。ベニホシカメムシの産卵習性に関する報告を見つけないことはできなかったが、他のホシカメムシ類の産卵習性 (Maxwell-Lefroy, 1908; Ballardら, 1928) から類推すると、本種は本来土壌の隙間、地表の木片や石の下などに産卵すると思われる。しかし、土を使わないこの方法でも容器の底面に産卵した。

Table 23 Results of feeding experiment on prey preference of *Antilocos coqueberti* (adult, 5th-instar nymph or 4th-instar nymph) when a variety of adult bugs were provided as prey.

Prey species	Developmental stage of <i>A. coqueberti</i>	N	Result	Attack to prey
Lygaeoidea				
Lygaeidae (Lygaeinae)				
<i>Oncopeltus nigriceps</i>	5th instar nymph	1	not consumed within 5 days	no
<i>Graptostethus servus</i>	adult	6	not consumed within 7 days	no
<i>Spilostethus hospes</i>	5th instar nymph	1	not consumed within 24 h	no
<i>Thunbergia sanguinaria</i>	adult	3	not consumed within 3 days	no
Pyrrhocoroidea				
Pyrrhocoridae				
<i>Dysdercus poecilus</i>	4th instar nymph	6	all attacked within 15 min and consumed	yes
<i>D. solenis</i>	adult	2	all attacked within 1 min ^a	yes
<i>Dysdercus</i> sp. 1	adult	11	all attacked within 25 h and consumed	yes
<i>D. mesiostigma</i>	adult	3	2 of 3 attacked within 10 min and consumed	yes
<i>Armatillus verrucosus</i>	adult	4	all attacked within 10 min and consumed	yes
Coreoidea				
Alydidae				
<i>Riptortus pedestris</i>	adult	2	all attacked within 5 h and consumed	yes
<i>Daclera levana</i>	adult	1	attacked within 18 h and consumed	yes
Coreidae				
<i>Dasynus coccocinctus</i>	adult	2	not consumed within 5 days	no
Rhopalidae				
<i>Leptocoris augur</i>	5th instar nymph	1	not consumed within 5 days	no
<i>L. rufimarginata</i>	adult	1	not consumed within 5 days	no
	5th instar nymph	1	not consumed within 5 days	no
	4th instar nymph	1	not consumed within 5 days	no

^a Interrupted when *A. coqueberti* attacked the prey.

産下された卵塊は、産卵後24時間以内に、湿らせた濾紙を敷いた直径約5cm高さ約1cmのプラスチックシャーレに入れ、15°C、17.5°C、20°C、22.5°C、25°C、27.5°C、30°Cのいずれかの温度で14L-10D（長日）の日長条件、または22.5°C、25°Cのいずれかの温度で10L-14D（短日）の日長条件に制御した恒温器に入れ、孵化、2齢への脱皮までにかかる日数を集団飼育の条件で調査した。卵は一度に産下された卵全部を一つのシャーレに入れることもあったが、場合に応じて10~30卵に分けてそれを一つのシャーレに入れることもあった。孵化した1齢幼虫は水以外を摂取しないので、卵を飼育した容器をそのまま使用し、水分のみを適宜補給した。

2齢になった幼虫は、それまでと温度日長条件は変わらず、給水用に湿らせた濾紙を敷いた直径約5cm、高さ約1cmのプラスチックシャーレに、餌として十分な個体数のアカホシカメムシを入れ、1頭ずつ単独で飼育し、死亡の有無および各齢への脱皮と羽化までの日数を調査した。餌と水は適宜交換してカビが蔓延しないようにした。この容器は羽化するためにはやや狭い印象だったが、多くの場合、問題無く羽化させることができた。

さらに25°C、長日の条件で飼育して羽化した雌を、濾紙を敷いた直径約8cm、高さ約4cmのプラスチック容器に給水用の蒸留水を入れた管瓶とともに入れ、適宜雄と交尾させ、あるいは全く交尾させないで、それまでと同じ温度日長条件で飼育し、毎日1頭のアカホシカメムシ成虫を餌として与え、産卵の有無および産卵数をその個体が死亡するまで毎日調査した。また、22.5°Cおよび25°C短日条件で飼育して羽化させた雌を適宜雄と交尾させ、それまでと同じ温度日長条件で飼育し、最初に産卵するまでの日数（産卵前期間）を調査した。

温度に対する発育特性は、第3章においてアカホシカメムシで行ったのと同様の方法で、ベニホシカメムシが正常に発育した温度範囲において、発育速度を温度に一次回帰し、外挿法により低温発育臨界温度と有効積算温度を推定した。

c 結果

ベニホシカメムシ卵を20°Cから30°Cの5段階の温度で飼育した場合には大半が正常に孵化したが、15°Cの条件では全く孵化せず(0/116)、17.5°Cの条件では9.0% (71/789)の卵しか孵化しなかった。また、20°Cで飼育し、2齢から15°Cで飼育した場合にも、やはりすべての個体が3齢に脱皮することなく(0/40)、2齢で死亡した。17.5°Cで幼虫を飼育した場合には、供試した59個体のうち36個体(61.0%)

Table 24 Development periods of eggs and each nymphal instar in successfully emerged *Antilochus coqueberti* fed *Dysdercus cingulatus*.

Temperature (°C)	Photoperiod	N (2nd-instar nymph)	No. emerged (%)	Developmental period (Days; Mean ± SE)						
				egg	1st instar	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Total nymphal
20.0	14L-10D	38	21 (55.3)	16.7 ± 0.1	5.0 ± 0.0	10.2 ± 0.4	11.1 ± 0.4	15.7 ± 0.6	28.3 ± 2.1	70.4 ± 1.4
22.5		27	22 (81.5)	12.5 ± 0.1	3.8 ± 0.1	10.2 ± 0.2	7.7 ± 0.2	9.7 ± 0.2	18.4 ± 0.3	49.8 ± 0.5
25.0		58	36 (62.1)	10.3 ± 0.2	2.7 ± 0.1	7.6 ± 0.3	6.9 ± 0.2	7.4 ± 0.1	14.4 ± 0.3	39.0 ± 0.4
27.5		12	8 (66.7)	8.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	6.1 ± 0.4	7.6 ± 0.5	6.4 ± 0.2	11.8 ± 0.5	33.9 ± 0.5
30.0		54	19 (35.2)	7.1 ± 0.1	2.0 ± 0.0	5.0 ± 0.2	4.8 ± 0.2	6.9 ± 0.3	9.7 ± 0.2	28.4 ± 0.6
22.5	10L-14D	40	32 (80.0)	13.0 ± 0.0	3.6 ± 0.1	7.0 ± 0.1	7.1 ± 0.1	9.2 ± 0.1	16.8 ± 0.2	43.7 ± 0.3
25.0		33	23 (69.7)	10.0 ± 0.0	3.0 ± 0.0	5.4 ± 0.1	5.7 ± 0.1	6.6 ± 0.1	12.1 ± 0.1	32.8 ± 0.1

Table 25 Thermal requirements for development of *Antilochus coqueberti* estimated from data for 20, 22.5, 25, 27.5 and 30°C.

Developmental stage	Regression equation	r ²	Lower threshold temperature (°C)	Total effective temperature (day-degrees)
egg	v = -0.1063 + 0.008273 t	0.99	12.8	120.9
nymph	v = -0.02645 + 0.002055 t	0.99	12.9	486.5
egg and nymph	v = -0.02119 + 0.001646 t	0.99	12.9	607.5

は2齢に脱皮したが3齢に脱皮したのは1個体(1.7%)だけで、4齢に達した個体は無かった。14L-10Dの長日条件の20°Cから30°Cの5段階の温度で飼育した場合、10L-14Dの短日条件の22.5°Cと25°Cの温度で飼育した場合に羽化した個体の卵および各齢の期間をTable 24に示した。また、14L-10Dの長日条件で飼育した場合の20°Cから30°Cの5段階の温度で飼育したときの結果に基づいて、発育速度を飼育温度に一次回帰した結果と、それから推定した低温発育臨界温度と有効積算温度をTable 25に示した。推定されたベニホシカメムシ幼虫期の低温発育臨界温度の12.9°Cは、IV章で得られたアカホシカメムシのそれの13.3°C~14.4°Cと比較するとやや低い、それでもなお多くの日本産昆虫(ダニ等を含む)のそれ(桐谷, 1997)の中ではかなり高いところに位置する(Kohno, 2003a)。

ベニホシカメムシの卵期間(Table 24)はアカホシカメムシのそれ(Table 9)と比較すると、20°C, 22.5°Cではほぼ同等であったが、25°C~30°Cではやや長かった。ベニホシカメムシの幼虫期間をアカホシカメムシのそれと比較すると、アカホシカメムシを非常に好適な餌だと判断されたトックリキワタで飼育した場合より長かったが、やや不適な餌だと判断されたオオハマボウで飼育した場合よりは短く、好適な餌だと判断されたサキシマフヨウなどで飼育した場合とほぼ同等だった。幼虫の場合も卵の場合と同様にアカホシカメムシの発育期間と比較すると、ベニホシカメムシの発育期間は実験した温度の

範囲内では温度が低いほど短く、温度が高いほど長かった。

ベニホシカメムシを10L-14Dの短日条件で飼育した場合、同じ温度の14L-10Dの長日条件で飼育した場合と比較すると、幼虫期間は短く(Table 24)、25°Cで飼育した場合の産卵前期間も短かった(Table 26)。また、短日条件で飼育した場合でもほとんどの個体が産卵したので、生殖休眠は誘導されなかったと判断された(Kohno, 2003a)。

ベニホシカメムシを交尾させた場合と交尾させなかった場合の産卵特性をTable 27とFig.71に示した。Fig.71に示された生存率と累積産卵数の推移を見ると、交尾させなかった場合の方が死亡の開始と産卵がやや遅くなる傾向が見られるように感じられるが、産卵前期間、成虫の寿命、産卵回数、卵塊を形成している卵数、総産卵数のいずれも、その平均値には、交尾させた場合と交尾させなかった場合の間に有意な差は認められなかった。交尾させた個体が産下した卵の大半は孵化したが、交尾させなかった卵は全く孵化しなかった(Kohno, 2003a)。

d 考察

ベニホシカメムシは20°C~30°Cの温度条件では卵が順調に孵化し幼虫が成長したが、15°Cでは全く卵が孵化せず、17.5°Cにおいても極めて死亡率が高かったことと、卵および幼虫の発育の温度反応から推定された低温発育臨界温度の12.9°Cがこれまでに調べられた多くの日本産

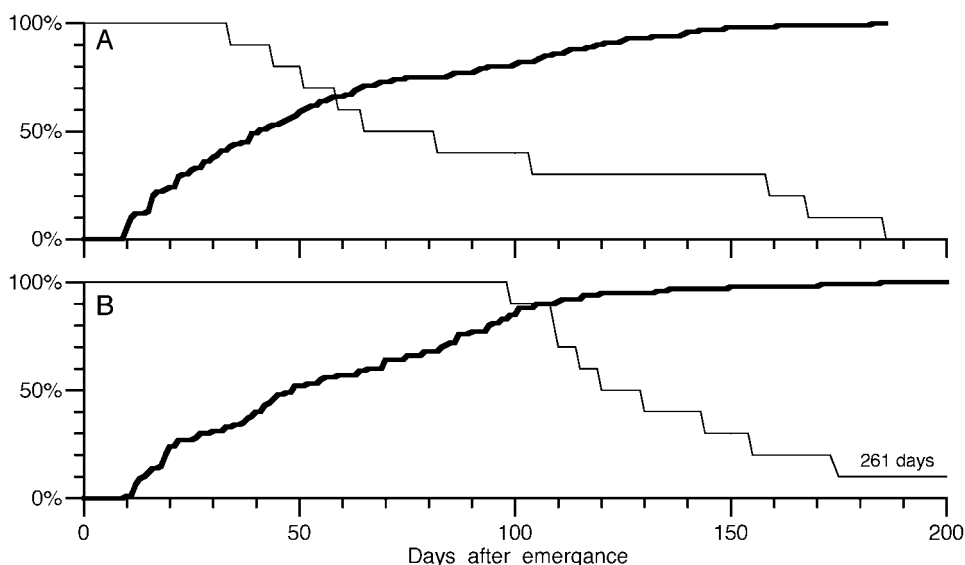


Fig.71 Changes in the survival percentage (thin line) and percentage of cumulative oviposition (thick line) of female *Antilochus coqueberti* after emergence at 25°C and a 14L-10D photoperiod. A: copulated; B: uncopulated.

Table 26 The incidence of oviposition by *Antilochus coqueberti* females under different temperature and photoperiod regimes.

Temperature (°C)	Photoperiod	No. examined	No. oviposited	% oviposited	Preoviposition period (Days: Mean±SD [Range])
25	14L-10D	10	10	100.0%	10.7±0.7 [10-12]
25	10L-14D	7	7	100.0%	9.4±1.0 [8-11]
22.5	10L-14D	7	6	85.7%	14.5±1.6 [13-17]

** Preovipositional periods when reared at 25°C were significantly different between photoperiods (P < 0.01, t-test)

Table 27 Reproductive traits of copulated and uncopulated *Antilochus coqueberti* females at 25°C and a 14L-10D photoperiod fed one *Dysdercus cingulatus* adult daily. All values are shown as mean ± SD [minimum—maximum].

Condition	No. examined	Preoviposition period (days)	Adult longevity (days)	No. of oviposition	Egg batch size	Total fecundity
Copulated	10	10.7 ± 0.7 [10-12]	97.2 ± 56.9 [34-186]	10.9 ± 5.9 [4-20]	55.2 ± 15.5 [20-91]	601.7 ± 294.5 [222-990]
Uncopulated	10	15.5 ± 8.1 [10-38]	141.7 ± 47.9 [99-261]	7.7 ± 4.4 [1-17]	60.4 ± 17.1 [5-83]	465.3 ± 241.6 [38-902]

昆虫（ダニ等を含む）のそれ（桐谷，1997）の中では比較的高いことが明らかにされたことは、本種の成長には比較的高い温度条件が必要であることを示すものであり、本種が熱帯・亜熱帯を中心に分布を持っており、知られている分布域の北限が石垣島である（林，2002）ことと矛盾しない。推定された本種の低温発育臨界温度は本種の主な餌種であるアカホシカメムシのそれよりやや低いにもかかわらず、本種の分布域がより低緯度地域に限定されている（林，2002）ことは、本種の分布域を制限しているのは温度条件ではなく、本章第2節で明らかにされたような極めて限定された餌選好性を持つために、本種が生息するためには、餌であるアカホシカメムシ類が通年安定して生息していることが必要であることを示唆する。

ベニホシカメムシの卵期の死亡率の温度条件の違いによる比較はできなかったが、幼虫期の死亡率を飼育温度条件の違いで比較すると、20°C～30°Cの条件のうちでは30°Cではやや死亡率が高くなった（Table 24）ことから、本種の成長に最適な温度は20°C～27.5°Cの範囲にあると推察される。石垣島の最も気温が低い1月の平均気温が約18°C、最も気温が高い7月および8月の平均気温が約29°Cであるので、石垣島の温度条件は本種の成長にほぼ適合していると推察される。

本種とその主な餌種であるアカホシカメムシの発育の温度反応は類似していたが、より低温域において本種の発育速度はアカホシカメムシの発育速度に対して相対的に速かった。本種の成長に必要な餌量が温度によって影響を受けないと仮定すれば、温度が低いほど本種のアカホシカメムシに対する密度抑制効果が高くなり、温度が高いほどアカホシカメムシに対する密度抑制効果が低くなると推察される。

本種を短日条件で飼育した場合、成虫が休眠反応を示さなかったばかりでなく、長日条件で飼育した場合よりむしろ発育期間が短縮された。短日条件で発育期間が短縮される例は、温帯域に生息するヒメハナカメムシの一種 *Orius insidiosus*でも知られており（Rubersonら，1991），短日条件では冬の到来に備えて発育が速くなるのが有利である，という解釈がされている。しかし、ベニホシカメムシでは休眠反応はないので、同様な解釈はできない。日長条件がベニホシカメムシの発育速度に与える影響について、ここで行った飼育実験の結果のみからは適切な解釈はできないと思われるので、この点に関して明らかにするのは今後の課題である。

本種は交尾しない場合でも交尾した場合とほぼ同様な

産卵特性を示したが、このことは本種の卵巣の成熟に関して交尾の有無が無関係であることを示唆している。これは、ヒメハナカメムシ類 *Orius* spp. が交尾しないと卵巣が発達しない (Kingsleyら, 1982; Itoら, 1998) のとは対照的である。本種が交尾しなかった場合に産下された卵は孵化しなかったため、交尾相手が見つかる前に卵巣が成熟してしまった場合には無精卵を産下する可能性があるため、適応度を下げる結果になる危険性が存在すると考えられる。しかしながら、第III章における野外観察の結果に示されているように、卵巣成熟のために不可欠な餌であるアカホシカメムシが多数発生している場合には、捕食者である本種の個体群密度も高くなる場合が多いので、卵巣が成熟できるほど餌密度が高い条件で、しかも交尾相手を見つけるのが困難であるという状況は、野外では実際には起こりにくいと想像され、交尾が卵巣成熟のための必須条件になるような淘汰が起こらなかったと考えられる。ただし交尾しなくても産卵が可能であるという本種の性質は、本種を生物的防除資材として用いるために人工的に増殖しようという場合などには、交尾が行われたかどうかに注意を払う必要があることを示している。

4 ベニホシカメムシの捕食特性

a 目的

ベニホシカメムシの野外における生態を理解するため、あるいはベニホシカメムシをワタの害虫であるアカホシカメムシに対する生物的防除資材として保護利用するために、ベニホシカメムシの基本的な捕食特性を明らかにすることは重要であると思われるが、これまでに本種の捕食特性が調査された事例は全くない。

ここでは、本種各齢の個体の餌の大きさ（齢）に関する捕食能力および選好性、本種各齢個体の各齢の餌密度に対する機能の反応 (Holling, 1959)、本種の成長に必要な餌個体数を室内実験で明らかにする。

b 材料と方法

この節における飼育実験はすべて25°C, 14L-10Dの温度日長条件で行った。いずれも透明なプラスチック製の飼育容器に、アカホシカメムシと、水を入れ脱脂綿で蓋をしたガラス製の容器を入れて給餌および給水した。供試したベニホシカメムシは、実験室内でアカホシカメムシを餌として与え、それぞれの齢へ脱皮した後、水以外に全く餌を摂っていない脱皮後ほぼ1日の個体である。ただし、1齢幼虫は水以外に餌を摂らないので、2齢幼

虫に関しては、実験に供試するまで水以外に餌を全く摂っていない個体である。

餌として供試したアカホシカメムシの大半は石垣島の野外で採集した個体であるが、若齢の個体を中心に、一部は野外で採集した雌成虫を実験室内で産卵させ、産下された卵から孵化した個体をサキシマフヨウの種子と水を餌として飼育した個体も含まれる。供試したアカホシカメムシ成虫は雌雄の区別をしなかったが、卵巣が成熟していると思われた腹部が膨満した個体は供試しなかった。

1) 餌の大きさに関する各発育段階のベニホシカメムシの捕食能力

アカホシカメムシの2～5齢の各齢幼虫および成虫のいずれか1頭を、2～5齢の各齢幼虫あるいは成虫のベニホシカメムシに供試し、24時間後にベニホシカメムシがアカホシカメムシを殺したかどうかによって各発育段階のベニホシカメムシの捕食能力を調べた。25°C, 14L-10Dの温度日長条件におけるアカホシカメムシの死亡率は無視できる程度に小さいと判断されたため（第IV章第1節）、ベニホシカメムシを入れない試験区は設けなかった。実験のための容器として、直径約5 cm、深さ約1 cmのプラスチックシャーレを使った。すべてのアカホシカメムシとベニホシカメムシの発育段階の組み合わせに対して、いずれも20回の試行を行った。

2) 各発育段階のベニホシカメムシの餌の大きさに関する選好性

アカホシカメムシの2～5齢の各齢幼虫および成虫のうち発育段階が異なる2頭を、2～5齢の各齢幼虫あるいは成虫のベニホシカメムシに供試し、どちらの発育段階のアカホシカメムシが先にベニホシカメムシに攻撃されるかによって各発育段階のベニホシカメムシの餌の大きさに関する選好性を調べた。直径約8 cm、深さ約4 cmのプラスチック容器に発育段階が異なるアカホシカメムシを2頭入れ、そのあとそこに2～5齢の各齢幼虫あるいは成虫のベニホシカメムシを入れ、ベニホシカメムシがいずれかのアカホシカメムシを捕食するまで観察した。すべてのアカホシカメムシの発育段階の組み合わせに対するベニホシカメムシの発育段階の組み合わせに対して、いずれも20回の試行を行った。

3) ベニホシカメムシ各齢幼虫の餌密度に対する機能の反応

ベニホシカメムシ各齢幼虫の餌密度に対する捕食数の関係を明らかにするため、直径約8 cm、深さ約4 cmのプラスチック容器に、Table 28に示したとおりの個体数のアカホシカメムシの2～5齢のいずれかの齢の幼虫あるいは成虫を入れ、そこにさらにベニホシカメムシの2～5齢のいずれかの齢の幼虫を1頭入れ、24時間の間にベニホシカメムシによって捕食されるアカホシカメムシの個体数を調べた。各餌密度条件（個体数/容器）の反復数は以下のとおりである。1, 2, 4個体/容器の場合は8反復, 8, 16個体/容器の場合は4反復, 32, 64個体/容器の場合は2反復。

4) ベニホシカメムシ幼虫が各齢期間に捕食する餌個体数

ベニホシカメムシ幼虫が各齢期間に捕食する餌個体数を明らかにするため、直径約5 cm、深さ約1 cmのプラスチックシャーレに、ベニホシカメムシの2～5齢の

いずれかの齢の幼虫を入れ、餌として十分量の各齢幼虫アカホシカメムシの2～5齢のいずれかの齢の幼虫あるいは成虫を与え、次の齢になるまでに殺された餌個体数を調べた。アカホシカメムシ成虫に対するベニホシカメムシ2齢幼虫の試験区は10回の反復を行ったが、その他の各試験区では20回の試行を行った。

c 結果

1) 餌の大きさに関する各発育段階のベニホシカメムシの捕食能力

各発育段階のベニホシカメムシの各発育段階のアカホシカメムシに対する24時間以内の捕食成功率をTable 29に示した。各発育段階のベニホシカメムシは、比較的広い範囲の発育段階のアカホシカメムシを捕食することが可能で、とくに4齢, 5齢幼虫は、供試したいずれの発育段階のアカホシカメムシに対してもすべて捕食に成功した。しかしながら、ベニホシカメムシ2齢幼虫のア

Table 28 The combinations of the developmental stages of the predator *Antilochus coqueberti* and the prey *Dysdercus cingulatus*, and prey density in the experiments for elucidating the functional response of the predator to prey density.

Predator (<i>Antilochus coqueberti</i>)	Prey (<i>Dysdercus cingulatus</i>)	Prey number per container
2nd-instar nymph	2nd-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16
	3rd-instar nymph	1, 2, 4, 8
	4th-instar nymph	1, 2, 4
	5th-instar nymph and Adult	1, 2
3rd-instar nymph	2nd-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16, 32
	3rd-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16
	4th-instar nymph	1, 2, 4, 8
	5th-instar nymph and Adult	1, 2, 4
4th-instar nymph	2nd-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16, 32
	3rd-, 4th- and 5th-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16
	Adult	1, 2, 4, 8
5th-instar nymph	2nd- and 3rd-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64
	4th- and 5th-instar nymph	1, 2, 4, 8, 16, 32
	Adult	1, 2, 4, 8, 16

Table 29 Number and percentages of each developmental stage of the prey *Dysdercus cingulatus* killed by each developmental stage of the predator *Antilochus coqueberti* within 24 hrs.

Predator	N	No. of killed prey (%)				
		2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Adult
2nd instar nymph	20	20 (100)	20 (100)	18 (90)	5 (25)	1 (5)
3rd instar nymph	20	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	11 (55)
4th instar nymph	20	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)
5th instar nymph	20	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)	20 (100)
Adult	20	2 (10)	13 (65)	19 (95)	19 (95)	19 (95)

カホシカメムシ5齢幼虫ならびに成虫に対する捕食成功率と、ベニホシカメムシ成虫のアカホシカメムシ2齢幼虫に対する捕食成功率は低く、ベニホシカメムシ3齢幼虫のアカホシカメムシ成虫に対する捕食成功率とベニホシカメムシ成虫のアカホシカメムシ3齢幼虫に対する捕食成功率はやや低かった(Kohnoら, 2004b)。

2) 各発育段階のベニホシカメムシの餌の大きさに関する選好性

アカホシカメムシの2～5齢の各齢幼虫および成虫のうち発育段階が異なる2頭を、2～5齢の各齢幼虫あるいは成虫のベニホシカメムシに供試したとき、どちらの発育段階のアカホシカメムシが先にベニホシカメムシに攻撃されたかをTable 30に示した。

ベニホシカメムシ若齢(2齢, 3齢)幼虫が異なった発育段階の2頭のアカホシカメムシを餌として与えられた場合、アカホシカメムシ2～4齢幼虫の間の組み合わせ

せでは差が認められなかったが、その他の組み合わせでは、より若齢のアカホシカメムシを先に攻撃する傾向が認められ、とくにベニホシカメムシ2齢幼虫において、また餌として与えられたアカホシカメムシの発育段階の差が大きい場合にその傾向は顕著だった。

ベニホシカメムシ4齢幼虫の場合、3～5齢幼虫のアカホシカメムシが2齢幼虫のアカホシカメムシと一緒に餌として与えられた場合、3～5齢幼虫のアカホシカメムシを先に攻撃する傾向が認められたが、その他の組み合わせにおいては差が認められなかった。

ベニホシカメムシ5齢幼虫と成虫の場合、アカホシカメムシ4齢, 5齢幼虫, 成虫の相互間では差が認められなかったが、その他の組み合わせでは、より老齢のアカホシカメムシを先に攻撃する傾向が認められ、とくに成虫において、また餌として与えられたアカホシカメムシの発育段階の差が大きい場合にその傾向は顕著で、ベニホシカメムシ成虫によってアカホシカメムシ2齢幼虫が

Table 30 Number of each developmental stage of the prey *Dysdercus cingulatus* attacked first by the predator *Antilochus coqueberti* in each combination of two prey individuals. Twenty replications were done for each combination. Numbers in boldface and in italics indicate that the values are significantly different from even at 1% and 5% risk by the binominal test, respectively.

2nd-instar predator		Counterpart prey				
		2nd	3rd	4th	5th	Adult
Prey attacked at first	2nd	10	14	19	20	
	3rd	10		13	19	20
	4th	6	7		17	20
	5th	1	1	3		20
	Adult	0	0	0	0	
3rd-instar predator		Counterpart prey				
		2nd	3rd	4th	5th	Adult
Prey attacked at first	2nd		10	9	14	17
	3rd	10		10	14	17
	4th	11	10		<i>15</i>	<i>15</i>
	5th	6	6	<i>5</i>		13
	Adult	3	3	<i>5</i>	7	
4th-instar predator		Counterpart prey				
		2nd	3rd	4th	5th	Adult
Prey attacked at first	2nd		<i>5</i>	<i>5</i>	<i>5</i>	9
	3rd	<i>15</i>		8	11	10
	4th	<i>15</i>	12		10	14
	5th	<i>15</i>	9	10		12
	Adult	11	10	6	8	
5th-instar predator		Counterpart prey				
		2nd	3rd	4th	5th	Adult
Prey attacked at first	2nd		3	2	1	1
	3rd	17		3	3	<i>5</i>
	4th	18	17		7	10
	5th	19	17	13		11
	Adult	19	<i>15</i>	10	9	
Adult predator		Counterpart prey				
		2nd	3rd	4th	5th	Adult
Prey attacked at first	2nd		0	0	0	0
	3rd	20		3	2	2
	4th	20	17		6	6
	5th	20	18	14		10
	Adult	20	18	14	10	

先に攻撃されたことは一度もなかった。

以上から、ベニホシカメムシは発育段階の違いにより、攻撃対象となる餌（ここではアカホシカメムシ）の大きさ（発育段階）に対して選好性の違いが存在し、発育段階がより早いベニホシカメムシは発育段階がより早いアカホシカメムシを、発育段階がより進んだベニホシカメムシは発育段階がより進んだアカホシカメムシをより好んで攻撃する傾向が明らかになった(Kohnoら, 2004b)。

3) ベニホシカメムシ各齢幼虫の餌密度に対する機能の反応

ベニホシカメムシ2～5齢の各齢幼虫が、様々な餌密度条件において、餌であるアカホシカメムシの2～5齢の各齢幼虫あるいは成虫を24時間の間に捕食した個体数と捕食された個体の比率をFig.72に図示した。ベニホシカメムシ（捕食者）とアカホシカメムシ（餌）のいずれの発育段階の組み合わせにおいても、餌密度が高いほど単位時間において捕食される餌個体数は多くなったが、与えられた餌個体のうち捕食された個体の数の比率は下がり、餌密度が高まっても捕食される個体数は頭打ちになった。これはHolling (1959)に示されたタイプIIの機能の反応にあてはまる(Kohnoら, 2004b)。

4) ベニホシカメムシ幼虫が各齢期間に捕食する餌個体数

ベニホシカメムシ2～5齢の各齢幼虫が、アカホシカメムシ2～5齢の幼虫あるいは成虫を餌として与えられた場合に、各齢期間において捕食した餌個体数をTable 31に示した。ベニホシカメムシ幼虫の齢期が進むほど、餌であるアカホシカメムシの発育段階の違いにかかわらず捕食する餌個体数は多くなり、ベニホシカメムシ幼虫の齢期が同じであれば、餌であるアカホシカメムシの発育段階が進んだものであるほど捕食する個体数は少なくなった。ただし、アカホシカメムシ成虫を餌とした場合、ベニホシカメムシ2齢幼虫は供試した10頭のうち3頭しか餌を捕食することができず、7頭は餌を捕食することなく死亡した。もし仮に、餌として同じ発育段階のアカホシカメムシが幼虫期間を通して与えられたとすると、ベニホシカメムシは幼虫期間の発育を完了するのに、アカホシカメムシが2齢幼虫の場合には97.2頭、3齢幼虫の場合には67.5頭、4齢幼虫の場合には35.6頭、5齢幼虫の場合には23.8頭、成虫の場合には17.3頭の個体を捕食すると予想される(Kohnoら, 2004b)。

Table 31 Number of the prey *Dysdercus cingulatus* killed by the predator *Antilochus coqueberti* during each developmental stage of the predator when fed prey at each developmental stage. Each value is given as mean \pm SD [minimum-maximum]. The number of replications for each treatment was twenty except for the second instar predator against adult prey.

Developmental stage of <i>Antilochus coqueberti</i>	Developmental stage of <i>Dysdercus cingulatus</i>				
	2nd instar	3rd instar	4th instar	5th instar	Adult
2nd instar	8.1 \pm 1.3 [6-10]	4.1 \pm 0.9 [4-6]	2.3 \pm 0.6 [2-4]	1.2 \pm 0.4 [1-2]	1.0 \pm 0.0 ^a [1-1]
3rd instar	15.7 \pm 1.9 [13-20]	7.6 \pm 1.3 [6-10]	3.5 \pm 0.9 [3-6]	2.6 \pm 0.6 [2-4]	2.2 \pm 0.4 [2-3]
4th instar	23.8 \pm 3.6 [19-30]	16.1 \pm 2.4 [12-20]	8.1 \pm 1.1 [7-10]	6.1 \pm 1.1 [5-9]	4.4 \pm 1.0 [3-6]
5th instar	49.6 \pm 4.7 [41-58]	39.0 \pm 3.2 [32-44]	21.7 \pm 2.6 [17-25]	13.9 \pm 2.3 [11-18]	9.7 \pm 1.3 [8-12]

^a Only 3 out of 10 second-instar predators killed adult prey; the rest did not, and died.

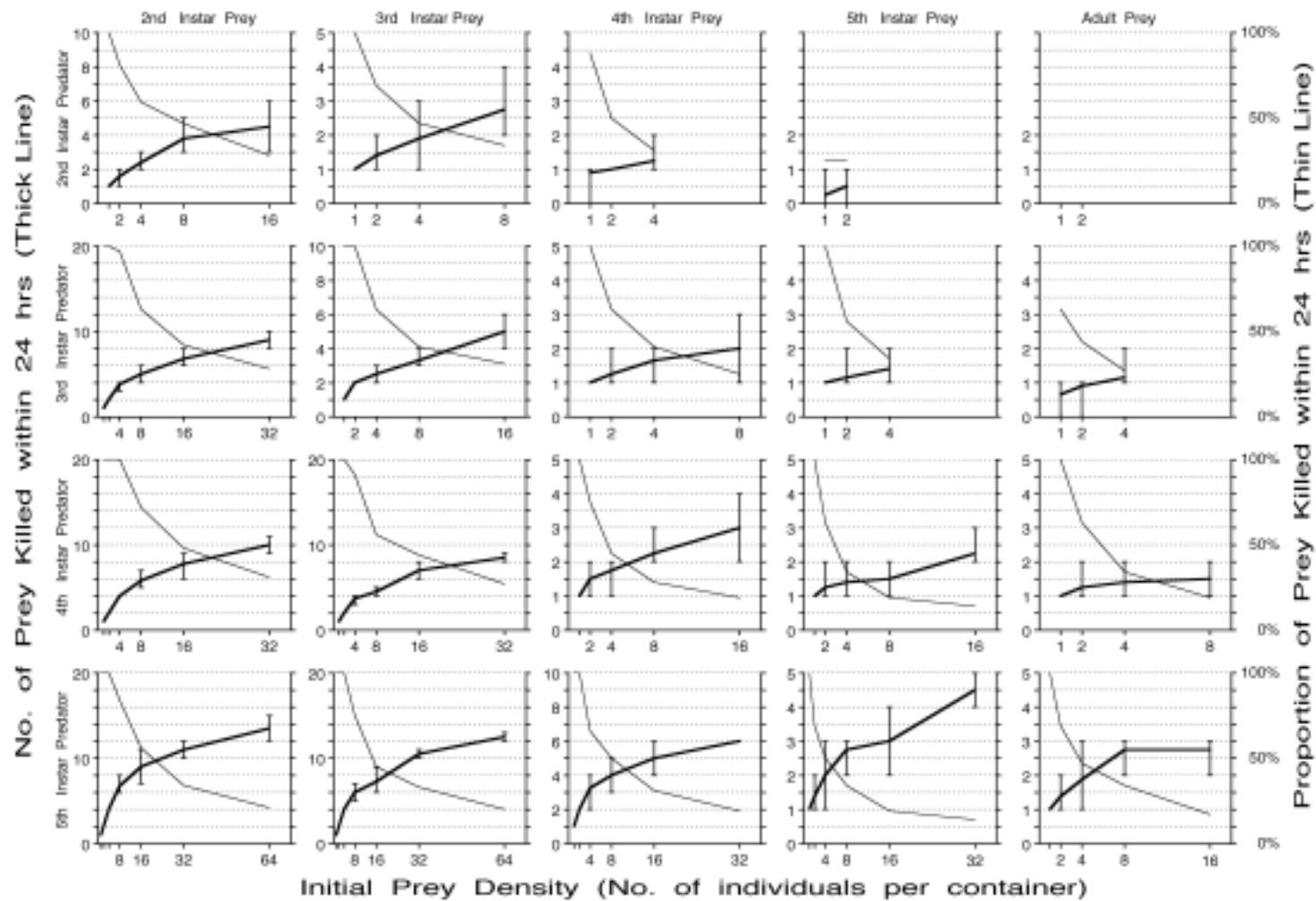


Fig.72 Numbers and proportions of prey *Dysdercus cingulatus* at various developmental stages killed by the predator *Antilochus coqueberti* at various developmental stages within 24h under various prey densities. Thick lines and vertical bars with anchors indicate the mean numbers and the ranges of killed prey within 24h, respectively (left vertical axis). Thin lines indicate the proportion of prey killed within 24h (right vertical axis).

d 考察

餌の大きさに関する各発育段階のベニホシカメムシの捕食能力の結果は、ベニホシカメムシ2齢幼虫にとってのアカホシカメムシ5齢幼虫および成虫、ベニホシカメムシ成虫にとってのアカホシカメムシ2齢幼虫は好適な餌にならないことを示すものであったが、いずれの発育段階のベニホシカメムシも、餌個体の大きさ（齢）に関しては、比較的幅広い選好性を持っていることを示した。しかし、異なる発育段階の餌を与えて餌の大きさ（齢）に関する選好性を明らかにする実験の結果は、各発育段階のベニホシカメムシがより明確に餌の大きさ（齢）に選好性を示し、発育段階が早いベニホシカメムシは発育段階が早い餌個体を、発育段階が進んだベニホシカメムシは発育段階が進んだ餌個体を選好することを示した。この結果は、第III章第2節において野外で観察された各発育段階のベニホシカメムシの捕食対象となった餌個体の齢の分布と極めて似通った傾向であるので、この野外観察の結果が、野外における餌個体の齢構成などの外部要因に影響を受けたのではなく、主にベニホシカメムシが本来持っている捕食特性を反映したものであることを強く示唆するものである。

ベニホシカメムシ各齢幼虫が餌密度に対していずれもHolling (1959)のタイプIIの機能の反応、すなわち捕食数が餌密度に対して単調に増加する飽和型曲線を示したことは、いずれの齢のベニホシカメムシ幼虫も単位時間あたりに処理できる餌の数に上限があることを示している。また同様に、いずれの齢のベニホシカメムシ幼虫もそれぞれの齢期間の間に、より小さい餌（発育段階が早い餌個体）を与えられた場合にはより多くの餌個体を捕食し、より大きい餌（発育段階が進んだ餌個体）を与えられた場合にはより少ない餌個体しか捕食しなかったことから、各齢期間に処理できる餌の量に上限があることが予想される。これらの結果から、ベニホシカメムシ幼虫が成長に必要な量以上の餌を捕食しない傾向を持つことが推察される。もし仮にベニホシカメムシを人工的に増殖してアカホシカメムシに対する生物的防除資材として使用することを考えた場合、餌であるアカホシカメムシの齢期が早いほどベニホシカメムシにより多く捕食され得ると考えられるので、アカホシカメムシ幼虫の発生のより早い段階でベニホシカメムシを放飼するのが効率的であると予想される。

5 捕食実験に使用したカメムシ類についての補足

この章のベニホシカメムシの餌選好性に関する実験で、

18種のカメムシ類が餌の対象種として実験に用いた。ホシカメムシ科の6種（アカホシカメムシ、ヒメアカホシカメムシ、ハレギアカホシカメムシ、シロジウジカメムシ、ズグロシロジウジカメムシ、オオアカホシカメムシ）は第II章で解説したが、それ以外の12種については解説していないので、ここではその12種について簡単に種を解説する。

ズグロナガカメムシ

Oncopeltus nigriceps (Dallas, 1852)

ナガカメムシ科Lygaeidae, マダラナガカメムシ亜科Lygaeinae (Fig.53). 日本国内では、沖縄島、宮古島、石垣島から記録がある(林, 2002). 石垣島における筆者の観察によれば、ガガイモ科Asclepiadaceaeのツルモウリンカ *Tylophora tanakae* Maxim.を主な寄主植物としているが、ガガイモ科のトウワタ *Asclepias curassavica* L., アコン *Calotropis gigantea* R. Br.でもしばしば幼虫が見つかり、主にそれらの果実や種子から吸汁する。成虫はガガイモ科のサクララン *Hoya carnosa* (Lf) R. Br.でも見つかることがある。非常に派手な光沢のある赤と黒と白を基調とした警告的な色彩である。生体から寄主植物由来の有毒成分のカルデノライドが検出されているが、痕跡的である(Scudderら, 1972).

ヒメマダラナガカメムシ

Graptostethus servus (Fabricius, 1787)

ナガカメムシ科Lygaeidae, マダラナガカメムシ亜科Lygaeinae (Fig.54). 日本国内では、本州、四国、九州、奄美大島、与論島、沖縄島、慶良間諸島(屋嘉島)、石垣島、西表島から記録がある(林, 2002). 石垣島における筆者の観察によれば、ヒルガオ科Convolvulaceaeのグンバイヒルガオ *Ipomoea pes-caprae* (L.) Sweet, ホシアサガオ *Ipomoea triloba* L.などを主な寄主植物としており、主にこれらの果実や種子から吸汁する。成虫はキョウチクトウ科Apocynaceaeのミフクラギ(オキナワキョウチクトウ) *Cerbera manghas* L., ホウライカガミ *Parsonsia laevigata* Alston, ガガイモ科のアコンでもしばしば見つかる。Scudderら(1972)は寄主植物としてガガイモ科の *Calotropis procea*を報告している。赤と黒を基調とした警告的な色彩である。

コマダラナガカメムシ

Spilostethus hospes (Fabricius, 1794)

ナガカメムシ科Lygaeidae, マダラナガカメムシ亜科Lygaeinae (Fig.55). 日本国内では、四国, 九州, 奄美大島, 徳之島, 沖永良部島, 沖縄島, 慶良間諸島(阿嘉島, 慶留間島), 宮古島, 石垣島, 西表島, 波照間島, 与那国島, 南大東島から記録がある(林, 2002). 石垣島における筆者の観察によれば, キク科Compositaeのベニバナボロギク *Crassocephalum crepidioides* S. Moore, セリ科Umbelliferaeのボタンボウフウ *Peucedanum japonicum* Thunb., ガガイモ科のトウワタ, アコンなどを寄主植物としており, 主にこれらの果実や種子から吸汁する. Scudderら(1972)は寄主植物としてガガイモ科の *Calotropis* sp. を報告している. 赤と黒を基調とした警告的な色彩であるが前種と比較するとやや地味である.

アカナガカメムシ

Thunbergia sanguinaria (Stål, 1870)

ナガカメムシ科Lygaeidae, マダラナガカメムシ亜科Lygaeinae (Fig. 56). 日本国内では, 九州, 奄美大島, 沖縄島, 石垣島, 西表島から記録がある(林, 2002). キョウトクトウ科のキバナキョウチクトウ *Thevetia peruviana* (Pers.) K.Schum. を寄主植物としており(金城ら, 1998), 主にその果実や種子から吸汁する. 石垣島における筆者の観察によれば, 成虫はキナバキョウチクトウのほか, キョウチクトウ科のホウライカガミ, ガガイモ科のツルモウリンカでもまれに見つかる. キバナキョウチクトウは日本の在来種ではないので, 本来の野生寄主植物は不明である. 派手な光沢のある赤と黒を基調とした警告的な色彩である.

オオホシカメムシ

Physopelta gutta (Burmeister, 1834)

オオホシカメムシ科Largidae (Fig.57). 日本国内では, 本州, 四国, 九州, 対馬, 屋久島, 奄美大島, 徳之島, 硫黄島, 沖縄島, 慶良間諸島(阿嘉島), 石垣島, 西表島, 与那国島から記録がある(林, 2002). 石垣島における筆者の観察によれば, 成虫はトウダイグサ科Euphorbiaceaeのアカメガシワ *Mallotus japonicus* (Thunb. ex Murray) Muell. Arg.の果実で見られることはあったが幼虫を発見することはできなかった. しかし, 灯火に集まる成虫は多かった. かなり地味だが, 薄い赤色と黒色を基調とした警告的な色彩である.

ヒメホシカメムシ

Physopelta cincticollis Stål, 1863

オオホシカメムシ科Largidae (Fig.58). 日本国内では, 本州, 四国, 九州, 対馬, 屋久島, 口永良部島, トカラ列島(平島), 奄美大島, 徳之島, 沖永良部島, 硫黄島, 沖縄島, 慶良間諸島(阿嘉島), 久米島, 宮古島, 石垣島, 西表島, 波照間島, 与那国島, 南大東島から記録がある(林, 2002). 石垣島における筆者の観察によれば, トウダイグサ科のアカメガシワを寄主植物としており, 成虫は樹上の果実や種子から吸汁し, 幼虫は主に落下した種子から吸汁する. 成虫は灯火に多数集まることがあった. 九州以北で見られる本種はすべて前種と同様のかかなり地味な色彩だが, 石垣島で見られる本種の大多数はより鮮やかな赤色と黒色の警告的な色彩であり, ごく一部が九州以北で見られるのと同様な色彩だった. この研究で実験に供試したのは, より鮮やかな石垣島で普通に見られる色彩のものである.

日本および台湾で見られるヒメホシカメムシは *Ph. cincticollis*ではなく, *Ph. parviceps* Blöte, 1931であるという指摘があるが(Stehlikら, 1999), 分類学的な検討が終わっていないので, 実験に供試した個体は従来の扱い(安永ら 1993)を踏襲して *Ph. cincticollis*として扱う.

ダルマホシカメムシ

Armatillus verrucosus Distant, 1908

ホシカメムシ科Pyrrhocoridae (Fig.65). 日本からは近年正式に記録された種で(Miyamotoら, 2005), 石垣島と西表島から分布が知られている. 詳しい生態は明らかにされていないが, 山麓の木陰になるような場所のススキで叩き網採集をすると得られる. 黒っぽい地味な色彩で, 石垣島で見られる他のホシカメムシ科の種との間に外見的な類似性はほとんどない.

ホソヘリカメムシ

Riptortus pedestris (Fabricius, 1783)

ホソヘリカメムシ科Alydidae (Fig.66). 日本国内では, 北海道, 本州, 四国, 九州, 対馬, 奄美大島, 徳之島, 沖永良部島, 与論島, 沖縄島, 慶良間諸島(座間味島, 慶留間島), 宮古島, 石垣島, 西表島, 与那国島から記録がある(林, 2002). 長らく *Riptortus clavatus* (Thunberg, 1783)とされてきたが, Kikuhara (2005)によって *R. pedestris* (Fabricius, 1775)であることが明らかにされた. ダイズ等のマメ科Leguminosaeの

害虫としてよく知られた種で(Schaefer, 1980), 石垣島における筆者の観察によれば, クロバナツルアズキなどのマメ科の植物で成虫も幼虫も見られる。茶褐色の地味な色彩である。

ヒロホソヘリカメムシ

Daclera levana Distant, 1918

ホソヘリカメムシ科Alydidae (Fig.67). 日本国内では, 奄美大島, 徳之島, 沖縄島, 宮古島, 石垣島, 西表島, 与那国島から記録がある(林, 2002). 寄主植物は長い間不明であったが, マメ科のソウシジュ *Acacia confusa* Merr.が寄主植物であり, 成虫も幼虫も主にその果実や種子から吸汁することが明らかにされた(河野, 2003c). ソウシジュは外国から導入されたことがわかっている種であり(初島, 1975; Walker, 1976), 本種もソウシジュの分布の拡大を追うように分布を拡げていると考えられる。前種と同様の茶褐色の地味な色彩である。

アカスジヘリカメムシ

Dasynus coccocinctus (Burmeister, 1834)

ヘリカメムシ科Coreidae (Fig.68). 日本国内では, 石垣島, 西表島, 八重山諸島黒島から記録がある(林, 2002; 河野, 2004). 海岸の風衝地に自生するジンチョウゲ科Thymelaeaceaeのアオガンビ *Wikstroemia retusa* A.Grayを寄主植物としており(宮本ら, 1999), 筆者の観察によれば, 主にその若い茎から吸汁し, 芽を萎れさせる。それほど派手ではないが, 赤と黒を基調とした警告的な色彩である。

アカヘリカメムシ

Leptocoris augur (Fabricius, 1781)

ヒメヘリカメムシ科Rhopalidae (Fig.69). 日本国内では, 宮古島, 石垣島, 西表島, 与那国島から記録がある(林, 2002). ムクロジ科Sapindaceaeのコフウセンカズラ *Cardiospermum halicacabum* L. var. *microcarpum* Bl. とアカギモドキ *Allophyllus timorensis* (DC.) Bl.を寄主植物としており(林, 1992), 石垣島における筆者の観察によれば, 主にそれらの果実から吸汁する(河野ら, 2006). 赤と黒を基調とした警告的な色彩である。

フチベニヘリカメムシ

Leptocoris rufomarginatus (Fabricius, 1794)

ヒメヘリカメムシ科Rhopalidae (Fig.70). 日本国内

では, 沖縄島, 石垣島, 西表島から記録がある(林, 2002). ムクロジ科Sapindaceaeのアカギモドキ *Allophyllus timorensis* (DC.) Bl.を寄主植物としており(金城ら, 1998), 石垣島における筆者の観察によれば, 主にそれらの果実から吸汁する(河野ら, 2006). 赤と黒を基調とした警告的な色彩である。

VI シロジュウジカメムシ種群 2種の種間関係

1 琉球におけるシロジュウジカメムシ種群2種の分布の実態

a 目的

シロジュウジカメムシ種群の2種は形態的な明瞭な違い, 例えば頭部の色彩, 前胸背の点刻の密度, 前胸背の黒斑の有無などがあるにもかかわらず, 閉じた前翅に見られる最も印象的な黒地に白いX型の斑紋が共通しているため, また学名そのものにも混乱があるため, しばしば取り違えられて同定されている。したがって, 標本で確認できない限り, これまでの分布記録は疑わしいものとして扱う必要があると思われる。

林(2002)は過去の文献記録ならびに自身が確認した標本をもとに, シロジュウジカメムシ種群の2種の分布を以下のように記している。この中で*を付したものは, 林(2002)の中で自身が確認した標本をもとに, 新たに分布が確認された場所であり, 種が正しく特定できたものと判断される。

シロジュウジホシカメムシ *Dysdercus philippinus* Herrich-Schaeffer, 1853 奄美大島*, 徳之島, 沖縄島, 慶良間諸島(渡嘉敷島), 久米島, 宮古島, 石垣島, 西表島, 与那国島; 台湾, 中国, 東洋区

ズグロシロジュウジホシカメムシ *Dysdercus decussatus* Boisduval, 1835 沖縄島, 慶良間諸島(渡嘉敷島, 屋嘉島), 久米島, 宮古島, 伊良部島*, 石垣島, 西表島, 与那国島; 九州; 台湾, 中国, 東洋区, ソロモン群島

ここでシロジュウジホシカメムシは本論文におけるシロジュウジカメムシ *Dysdercus* sp.1, ズグロシロジュウジホシカメムシはズグロシロジュウジカメムシ *Dysdercus* sp.2に該当する。これによると, この両種は日本国内において, 沖縄島, 慶良間諸島(渡嘉敷島), 久米島, 宮古島, 石垣島, 西表島, 与那国島で分布が重複していることになる。しかしながら, 第三章における石垣島における野外観察の結果は, 石垣島にはこの2種

のうちズグロシロジュウジカメムシは分布するものの、シロジュウジカメムシは分布しないということを強く示唆するものだった。このことはさらに、他の琉球列島の島々においても、分布状況を再確認する必要性があることも示している。

ここでは、琉球列島ならびに、周辺地域におけるシロジュウジカメムシ種群の分布状況の現況を明らかにする。

b 方法

琉球列島の主な島を訪れた際、オオオハマボウの群落を調査し、シロジュウジカメムシ種群が発見された場合、どちらの種であったかを記録した。調査した島は、奄美諸島：奄美大島、沖縄諸島：沖縄島、久米島、宮古諸島：宮古島、八重山諸島：石垣島、竹富島、小浜島、黒島、西表島、鳩間島、波照間島、与那国島である。

また、博物館等に所蔵されている標本、その他の採集地が明確である標本等がどこで採集されたものであるかを調査した。標本を調査した博物館は、農業環境技術研究所、国立科学博物館、大阪市立自然史博物館である。その他の標本は、高橋敬一氏（元国際農林水産業研究センター沖縄支所）によって台湾で採集されたものを検した。

c 結果

琉球列島各地における野外調査の際、シロジュウジカメムシ種群は以下の島で得られた。シロジュウジカメムシ：沖縄島（那覇市、大宜味村）。ズグロシロジュウジカメムシ：宮古島（旧上野村）、石垣島、竹富島、小浜島、黒島、西表島、鳩間島。しかし、奄美大島、久米島、波照間島、与那国島ではいずれの種も確認できなかった。標本によって確認できたシロジュウジカメムシ種群の分布の記録は以下のとおりである。注釈があるものを除き、複数の個体の標本が確認された。シロジュウジカメムシ：奄美大島、徳之島、沖縄島（名護市）、西表島（1963年の1例1個体のみ）、台湾（高雄、恒春、静浦）。ズグロシロジュウジカメムシ：宮古島、石垣島、西表島、与那国島、フィリピン（ミンダナオ）。

さらに、林(2002)によって新たに記録され、信頼できると判断される記録を含め、野外観察と標本の調査から明らかになった琉球およびその近傍のシロジュウジカメムシ種群の分布をまとめるとFig.73および下記のとおりになる。シロジュウジカメムシ：奄美諸島（奄美大島、徳之島）、沖縄諸島（沖縄島）、八重山諸島（西表島、1例のみ）、台湾。ズグロシロジュウジカメムシ：宮古諸

島（宮古島、伊良部島）、八重山諸島（石垣島、竹富島、小浜島、黒島、西表島、鳩間島、与那国島）、フィリピン。

以上のように、琉球列島およびその近傍において、2種のシロジュウジカメムシ種群のうち、両種とも確認された場所は八重山諸島の西表島だけで、それ以外の場所では、どちらか一方の種しか確認できなかった。しかも、両種が確認された西表島におけるシロジュウジカメムシの記録は、1963年に採集された1個体のみで、それ以外はすべてズグロシロジュウジカメムシだった。

d 考察

西表島で1個体のシロジュウジカメムシの標本が確認されたものの、両種は琉球およびその近傍で、明瞭に棲み分けていることが明らかになった。すなわち、琉球列島の北部、中部にあたる奄美諸島と沖縄諸島、さらに琉球列島の西側の近傍にあたる台湾にはシロジュウジカメムシが分布し、琉球列島南部にあたる宮古諸島と八重山諸島、さらに琉球列島の南側にあたるフィリピンにはズグロシロジュウジカメムシが分布している。

両種の地理的分布を概観すると、シロジュウジカメムシの分布は、琉球列島南部の宮古諸島、八重山諸島において、ズグロシロジュウジカメムシの分布によって分断される形になっている。地史的に見ると、琉球列島は台湾を通して中国大陆と陸続きになっていた時期があると考えられているが、フィリピンとは一度も陸続きになったことがないと考えられている。したがって、シロジュウ

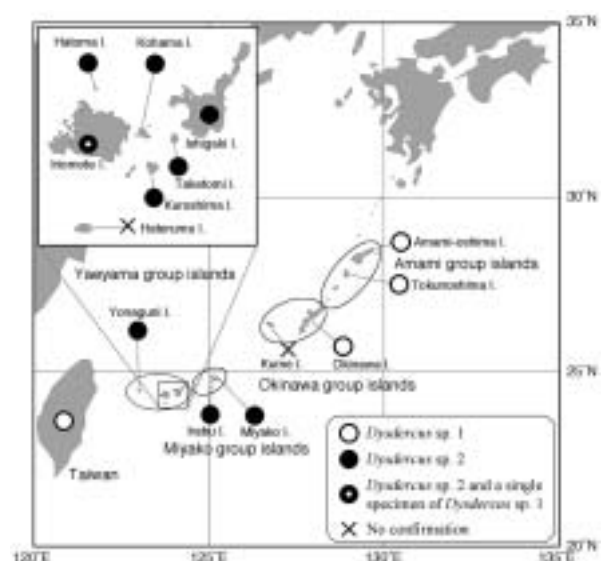


Fig.73 Distribution of two sibling species of *Dysdercus decussatus*, *Dysdercus* sp.1 and *Dysdercus* sp.2, in and around the Ryukyus.

ウジカメムシが台湾から陸続きになった琉球列島に沿って奄美諸島まで侵入して定着し、その後何らかの手段でズグロシロジュウジカメムシがフィリピンから琉球列島南部の宮古諸島および八重山諸島に侵入し、先に定着していたシロジュウジカメムシをそれらの地域から駆逐して定着し、現在の分布が形成されたと考えるのが妥当だと思われる (Fig.74). ズグロシロジュウジカメムシがシロジュウジカメムシを駆逐して異所的な分布が形成された機構については、さらに次節で考察する。

2 シロジュウジカメムシ種群2種の分布に影響を与えた要因

a 目的

前節で、2種のシロジュウジカメムシ種群が琉球列島において異所的な分布を示していることが明らかになった。2種の分布の境界は海によって分断されているので、側所的な分布だと表現することも可能だと思われる。

ガウゼの仮説あるいは競争排除則として知られている概念は、同一の生態的地位を占める2種は共存できない、というものである。第三章における野外観察によれば、両種はいずれもアオイ科のオオハマボウを主な寄主植物とし、その果実や種子から吸汁して幼虫が成長し、冬季

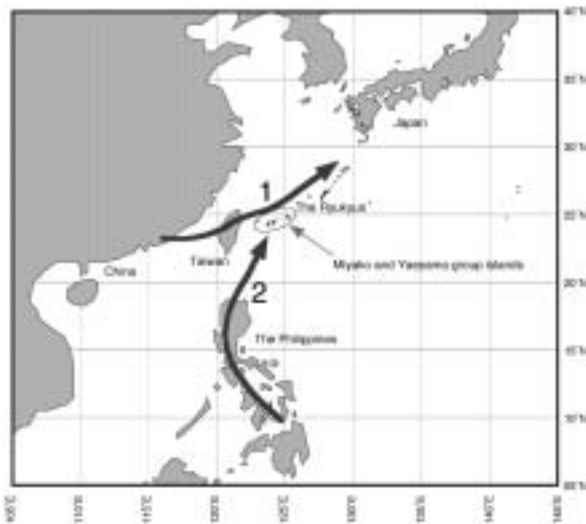


Fig.74 Presumable invasive processes of two *Dysdercus* bugs into the Ryukyus estimated from the distribution patterns in and around the Ryukyus: 1, *Dysdercus* sp.1 invaded from southern China through Taiwan into the Ryukyus and established there first; 2, thereafter, *Dysdercus* sp.2 invaded from the Philippines to the Ryukyus and expelled *Dysdercus* sp.1 from the Miyako and Yaeyama groups islands.

から春にかけて、非繁殖成虫が寄主植物の葉裏で集団を形成するというように、極めて似通っているものだった。したがって、この2種は実質的には同一の生態的地位を占めていると見なすことができると思われる。したがって、この2種の間は何らかの競争関係が存在したことが、同一地域における2種の共存を阻んだと疑われる。

ところが、同じ餌資源をめぐる競争関係にある植食性昆虫の場合は、競争が起こること自体が稀であり (Lawtonら, 1981), しかも競争が起こった場合、競争関係にある2種のうち一方が絶滅してしまうことは極めて稀で、2種が共存するのが普通であることも知られている (Strong, 1984; Kuno, 1988, 1992). したがって、シロジュウジカメムシ類2種に見られる異所的分布は、餌をめぐる競争のみによって達成された結果であると考えるのは難しいと思われる。

Ribeiroら (1986) は、異所的に分布していた共通の生態的地位を持つ2つの種の地理的な分布が重なった場合、側所的分布や個体群の消滅が起こり、移動力が小さい場合には側所的な分布を示しやすく、移動力が大きい場合には個体群の消滅が起こり易いことを示した。またサチュロス行動 (不稔を示す雌に雄が配偶行動をとること) があれば、たとえ共通の資源をめぐる競争がなくても側所分布を導くことを示した。さらにKuno (1992) はLotka-Volterraの競争モデルに配偶干渉の効果を組み込むことにより、競争関係にある2種の間には配偶干渉が存在する場合には、2種の間には食物をめぐる競争のみがある場合より、一方が絶滅する確率ははるかに高くなることを明確に示した。

琉球におけるオオハマボウは海岸林を形成する種として代表的な種であり、ごく普通に豊富に見られる種である (初島, 1975; Walker, 1976; 中西ら, 1985; Nakanishi, 1988). したがって、2種のシロジュウジカメムシ類の間の餌をめぐる激しい競争が起こるような事態は想定しにくく、さらに第三章における野外観察の結果において、ズグロシロジュウジカメムシが繁殖するオオハマボウ (サキシマハマボウとの混成群落を含む) においてアカホシカメムシの繁殖が確認されたように、ズグロシロジュウジカメムシだけで環境収容力を満たしてしまっているわけではないと考えられる。

そこで、ここでは実験的に2種のシロジュウジカメムシ種群を種間交雑させることにより、2種の間には配偶干渉の有無を推定する。

b 材料と方法

2種のシロジュウジカメムシ類の間で正逆の種間交雑を試み、交尾が起こるかどう、さらに種間交尾した雌が産卵した卵が孵化するかどうかを調べた。

交雑実験に使用したシロジュウジカメムシは、2001年3月に沖縄島（那覇市）のオオハマボウの葉裏で集団を形成している個体を採集し、自然日長の室内に置いたプラスチック容器（縦横高さがそれぞれ約50cm）の中に鉢植えのオオハマボウの苗とともに入れ、2001年6月に一部の個体が交尾を始めたとき、まだ交尾を始めていなかった個体である。

交雑実験に使用したズグロシロジュウジカメムシは、2001年6月に石垣島のオオハマボウの葉裏で集団を形成していた個体を採集したもので、いずれも交尾をしていなかったものである。

直径約8cm高さ約4cmのプラスチック容器にいずれか一種の雌ともう一方の種の雄を1頭ずつ、餌としてのワタ種子、オオハマボウ種子、トクリキワタ種子および管瓶に入れて綿で蓋をした給水用の蒸留水と一緒に入れ、自然日長の室内に置き、交尾するかどうかを2001年6月5日から20日間調べた。材料を十分に確保できなかったため、正逆交雑のみそれぞれ4組の試験を行い、同種の雌雄の間の実験は行わなかった。

c 結果

シロジュウジカメムシ雄とズグロシロジュウジカメムシ雌の組み合わせでは、4組のうち2組が実験開始後6～9日で交尾をした(Figs.75-76)。シロジュウジカメムシ雌とズグロシロジュウジカメムシ雄の組み合わせでは、4組のうち3組が実験開始後4～12日で交尾した。交尾した雌は交尾後6～14日後に産卵した。しかしながら、産卵された卵はいずれも孵化しなかった。

ここで行われた実験の結果から、同種の交尾相手が存在しない状況ではシロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシの間には正逆両方向の異種間の交尾が容易に起こるが、両種の間には生殖的な隔離が形成されると言うことができる。

d 考察

ここで行われた実験の結果は、同種の雌雄間での交尾の起こり易さ、あるいは2種の雌が供試された場合にどちらの雌と交尾するかが調べられていないので、異種間の交尾の起こりやすさがどの程度であるのかは評価できない。しかしながら、Kuno (1992)の2種間に配偶干渉が存在する場合の競争モデルに組み込まれている要件としての、異種間で交尾が起こるが異種間では不稔である、という条件は満たされている。したがって、前節で確認されたシロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシの琉球における異所的な分布が形成された背景には、この2種間の配偶干渉の存在が大きく関わっている可能性が示唆される。

Kuno (1992)の競争モデルによれば、どちらの種が絶滅するかは、それぞれの初期密度の違いに大きく依存しており、初期密度が低い方が絶滅しやすい。このモデルに従って琉球における現在の分布を考えると、先に定着していたシロジュウジカメムシを宮古諸島および八重山諸島からズグロシロジュウジカメムシが駆逐するためには、ズグロシロジュウジカメムシの分布の中心であるフィリピンからこれらの地域に一度に多数の個体が飛来したか、あるいは波状的に何度も飛来して、先に定着していたシロジュウジカメムシより個体数が多くなっていた状況を想定する必要がある。

琉球列島の昆虫相を形成する種の中には、台湾、マレーシア、フィリピンから琉球列島へ飛来したと考えられて



Figs.75-76 Interspecific copulation between *Dysdercus* sp.1 female and *Dysdercus* sp.2 male (75) and *Dysdercus* sp.2 female and *Dysdercus* sp.1 male (76) in the laboratory.

いる種が多数ある(金城, 1986). 石垣島や西表島で稀に採集されるシロジュウジカメムシ類と同属のハレギアカホシカメムシは, 元来フィリピン, ボルネオ, スラウェシに分布する種であり(Freeman, 1947), 石垣島や西表島で採集された個体は, フィリピンあたりから飛来した個体だと推察されている(Miyamotoら, 2003). このような例から, ズグロシロジュウジカメムシもフィリピンあたりから琉球に飛来したと考えると不自然だとは言えないと思われる.

さらに, 台湾から奄美諸島に至る地域においてズグロシロジュウジカメムシが分布しているのが, 宮古諸島, 八重山諸島だけであるという結果を説明するにあたり, フィリピンから飛来したと考えると説明しやすい点がある. すなわち, 宮古諸島, 八重山諸島は, 地理的にフィリピンから最も近い地域であるため, シロジュウジカメムシを駆逐するために十分な個体数が飛来する可能性が最も高い地域だと考えることができる. 沖縄諸島, 奄美諸島は, フィリピンから飛来するには距離が遠すぎるため, 十分な個体数が飛来する可能性が相対的に低くなると考えられる. また, 台湾はフィリピンから遠くはないが, 台湾は, 琉球列島の島々と比較すると遥かに面積が大きいので, 宮古諸島や八重山諸島に飛来したのと同じ個体数のズグロシロジュウジカメムシが飛来したとしても, 先に定着していたシロジュウジカメムシの個体数が相対的に多いと考えられるため, 駆逐するに至らなかったと考えることができる.

以上のように, シロジュウジカメムシ種群2種の間には配偶干渉が存在すると仮定すると, 琉球およびその周辺地域における2種の分布を合理的に説明できると思われる.

シロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシの学名に関する問題は依然として残っているものの, 日

本において近年出版されている文献では, 両種は別種として扱われてきた. この節における交配実験によって, シロジュウジカメムシ種群2種は近縁ではあるが, 生殖的な隔離が確立していると判断されたため, それぞれ独立な種であることが再確認されたと言える. Freeman (1947)には, 台湾を模式産地としていてシロジュウジカメムシに該当する可能性が高いと考えられる*D. sauteri*と, ミンダナオを模式産地としていてズグロシロジュウジカメムシに該当する可能性が高いと考えられる*D. simon*を含めた10種について(Table 32), "私は模式標本を見ていないけれど, 上にあげられた新参異名全てに対応する標本を拾い上げることは容易である. 全ての型は中間型によって繋がっており, 見ることができる範囲において, それらの全ての間にはいかなる構造的な相違も認められない. これが全ての型が一つの同じ種に属すると私が考える根拠である."と主張されている. これら10種は, 琉球列島, 台湾, インドシナ半島, マレー半島, スマトラ, ジャワ, ボルネオ, スラウェシ, フィリピン諸島, ニューギニア, ソロモン群島にわたって分布しており, 南シナ海を中心にして環状分布を形成している形になっており, *D. decussatus*が輪状種(環状種, ring species)になっている可能性が指摘できる. 輪状種とは, ある祖先種が隔離障壁を取り囲むように分布を拡げ, その分布の先端同士が接触したとき, その先端の個体群同士の間では生殖的な隔離ができていたような場合を言い, ヒマラヤ・チベットの周辺部に環状に分布するヤナギムシクイが良い例である(Irwinら, 2001). シロジュウジカメムシ類はニューギニア周辺から記録された種が多いので(Table 32), ニューギニアあたりで種分化が始まった可能性が高いと思われる. ニューギニアあたりに分布していた起源種が, ボルネオの*D. crucifer* Stål, 1870, スマトラの*D. sumatranus*

Table 32 Sibling species treated as junior synonym of *Dysdercus decussatus* in Freeman (1947) including invalid species.

Species	Type locality	Remarks	Reference
<i>D. decussatus</i> Boisduval, 1835	Cartelet I., Solomon Is.		Stehlik (1965)
<i>D. cruciatus</i> Montrouzier, 1855	Woodlark I.		Montrouzier (1855)
<i>D. fabricii</i> Montrouzier, 1855	Woodlark I.		Montrouzier (1855)
<i>D. crucifer</i> Stål, 1870	Pulo Loz (Pulo Laut?)		Stål (1870), Schmidt (1932)
<i>D. simplex</i> Walker, 1873	Celebes		Schmidt (1932)
<i>D. papuensis</i> Distant, 1888	Murray I., New Guinea		Distant (1888)
<i>D. decorus</i> Breddin, 1901	Celebes		Schmidt (1932)
<i>D. crucifer</i> Matsumura, 1913	Okinawa	invalid for homonym to <i>D. crucifer</i> Stål, 1870	Matsumura (1913), Schmidt (1932)
<i>D. simon</i> Taeuber, 1927	Mindanao, Philippines		Taeuber (1927), Schmidt (1932)
<i>D. jacobsoni</i> Blöte, 1931	Sangi, Simaloor		Blöte (1931)
<i>D. sumatranus</i> Schmidt, 1932	Sumatra		Schmidt (1932)
<i>D. sauteri</i> Schmidt, 1932	Takao, Formosa	same as <i>D. crucifer</i> Matsumura, 1913	Schmidt (1932)

Schmidt, 1932, 台湾の *D. sauteri* Schmidt, 1932 というように、インドネシアからマレー半島、インドシナ半島を経て台湾に向かう南シナ海の南側から西側を通る経路と、スラウェシの *D. simplex* (Walker, 1873), フィリピンの *D. simon* Taeuber, 1927 というように、南シナ海の東側を通る経路とでそれぞれ種分化し、両者が接した琉球列島においては互いに生殖隔離を起こすようになった、と理解することが可能だと思われる。これらの点について明らかにするには、各地の *D. decussatus* の新参異名とされている種の形態や遺伝子を再検討する必要があると思われる。

VII 総合考察

1 アカホシカメムシ類の生活史戦略

第Ⅲ章における石垣島の野外における観察結果から、石垣島に見られる3種のアカホシカメムシ類(アカホシカメムシ、ヒメアカホシカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシ)はそれぞれ明瞭な寄主植物の選好性および生活史戦略の違いを示すことが明らかになった。第Ⅲ章でも触れたが、Derrら(1981)は、アカホシカメムシ類の体の大きさ、産卵特性、寄主植物の結実の季節性や種子の大きさなどの関係に着目し、アメリカ産とアフリカ産のアカホシカメムシ類の生活史戦略を3種類に大まかに類型化されると予測した。すなわち、大型のアカホシカメムシ類は"specialist migrant colonizer"として類型化され、大型で脂肪含量の多い種子を一年のうちの限られた時期に生産する典型的な木本のアオイ目を寄主植物とし、大きい卵を多数産卵し、種子がなくなる不適な餌条件になる季節には移動するかあるいは休眠する。中型のアカホシカメムシ類は"generalist migrant colonizer"として類型化され、中型の卵をやや多数産み、典型的な木本の種と比べれば種子の脂肪含量がより少ないが、時間的により一様に存在する種子をつけるさまざまな灌木や木本の種を利用して繁殖する。小型のアカホシカメムシ類は"non-colonizer"として類型化され、小型の卵を少数産み、空間的にも時間的にも最も均一に存在する多年生草本の種子で繁殖し、顕著な休眠性や移動性を示さない。第Ⅲ章で明らかにされた寄主植物の利用様式や繁殖の季節性から、アカホシカメムシは典型的な"generalist migrant colonizer", ヒメアカホシカメムシは典型的な"non-colonizer"に類型化されたが、ズグロシロジュウジカメムシは"specialist migrant colonizer"として類型化される性質を多く持つものの、"generalist migrant

colonizer"として類型化される性質も持っており、3種類の類型には完全にはあてはまらなかった。これは、Derrら(1981)による類型が妥当でないことを示すものではなく、ズグロシロジュウジカメムシがそれぞれの典型にはあてはまらず、"specialist migrant colonizer"と"generalist migrant colonizer"の中間的な性質を持つ種だと理解するのが妥当だと思われる。この研究の野外調査のなかで1頭だけ確認されたオオアカホシカメムシは、アジアに分布するアカホシカメムシ類の中では最も大型の種のひとつであるが(Freeman, 1947)、日本では単発的に採集されているに過ぎず、分布域全体を見渡しても、寄主植物すら明らかになっていないため、アジアに分布するアカホシカメムシ類全体の生活史戦略を比較検討するにあたり、その生活史は今後明らかにされる必要があると考えられる。

アカホシカメムシ類 *Dysdercus* は経済的に重要な作物であるワタを含むアオイ科Malvaceaeやそれに近縁なキワタ科Bombacaceae, シナノキ科Tiliaceae, アオギリ科Sterculiaceaeを含むアオイ目Malvalesを基本食性とする種子食者であるが(Ahmadら, 1987), アカホシカメムシ類すべてが棉作害虫として問題になっているわけではなく、アジア・オセアニア地域ではこの研究でとりあげたアカホシカメムシ *D. cingulatus* (Maxwell-Lefroy, 1908; 岩田, 1975, 1978a; Ahmadら, 1980; Dhiman, 1985; Siddiqi, 1988; Ambroseら, 1999), *D. koenigii* (Chauthaniら, 1966; Kamble, 1974; Quayumら, 1980; Srivastavaら, 1995), *D. sidae* (Ballardら, 1928)が、アフリカ地域では *D. fasciatus* (Whitfield, 1933; Fuseiniら, 1975b), *D. voelkeri* (Fuseiniら, 1975b), *D. superstitiosus* (Galichet, 1956)が、アメリカ地域では *D. delauneyi* (Sands, 1917), *D. peruvianus* (Berry, 1951)が棉作害虫として認識されているに過ぎない。これら害虫として認識されている種のうち、Derrら(1981)は *D. fasciatus* を"specialist migrant colonizer", *D. superstitiosus* を"generalist migrant colonizer"に分類しており、本研究において、アカホシカメムシは"generalist migrant colonizer"に分類されるが、"non-colonizer"に分類されている種はない。したがって、"non-colonizer", すなわち、栄養的には貧弱だが、時間的により均一に種子を生産する草本や灌木の生活史特性に依存するかたちで生活史形質を進化させてきた種は、産卵数が少なく移動分散能力が低いと考えられるので棉作害虫になりにくい、"specialist migrant colonizer"あるいは"generalist migrant

colonizer"に分類される種は、産卵数が多く移動分散能力が高いので、一般的な傾向として棉作害虫として問題になる可能性が高いといえることができる。しかしながら、"specialist migrant colonizer"あるいは"generalist migrant colonizer"に分類される種が必ずしも棉作害虫として問題になるわけではないのは、ズグロシロジュウジカメムシが棉作害虫として認識されておらず、本研究において"specialist migrant colonizer"と"generalist migrant colonizer"の中間的な生活史形質を示したことから明らかである。

第III章の石垣島における野外調査の結果によれば、ズグロシロジュウジカメムシは一年を通してオオハマボウやサキシマハマボウに依存していたことから、顕著な移動能力を持たないと判断されたが、第VI章で検討したように、ズグロシロジュウジカメムシが大きな移動能力を持たないと仮定すると、現在の琉球におけるシロジュウジカメムシとズグロシロジュウジカメムシの分布様式を説明しづらい。したがって、ズグロシロジュウジカメムシは少なくとも潜在的には大きな移動能力を持つと判断せざるをえない。それにもかかわらず、ズグロシロジュウジカメムシあるいは*D. decussatus*としてまとめられている同胞種であるシロジュウジカメムシ種群各種が棉作害虫として認識されていないことは、ズグロシロジュウジカメムシを含むシロジュウジカメムシ種群各種が移動分散能力の欠如によってワタ圃場に侵入できないのではなく、本質的にワタに対して選好性を持たないか、あるいは少ないことによると思われる。ズグロシロジュウジカメムシの寄主植物としてワタの好適性を実験的に明らかにすることは今後の課題として残されているが、アカホシカメムシ類のそれぞれの種が棉作害虫になるかどうかは、それぞれの種的生活史戦略とは一義的には関係はなく、主にワタへの選好性の強さに依存していると考えられる。

第III章の石垣島における野外調査の結果から、アカホシカメムシは季節によって異なる様々なアオイ目植物の果実や種子を利用して一年中繁殖することが明らかになった。アカホシカメムシは繁殖地に定着し、卵巣が成熟すると飛翔筋が分解され飛翔力が低下するので(Nairら, 1985a, b)、新しい繁殖地への侵入および定着は、繁殖経験の無い成虫によって行われると推察される。石垣島においてアカホシカメムシの繁殖が確認されたそれぞれの寄主植物の群落は空間的にも離れていたため、アカホシカメムシは異なる寄主植物群落間を移動するために十分な移動分散能力を持つことが明らかになった。さらに、

第IV章における室内飼育実験において、ワタがアカホシカメムシにとって好適な餌であることも明らかになった。したがって、アカホシカメムシが実際に棉作害虫として問題になっている理由が、生活史戦略と食性の面から裏付けられたことになる。

第IV章の実験室内の飼育実験において、原産地が異なるため明らかにアカホシカメムシの本来の寄主植物ではないトックリキワタが最も好適な寄主植物と判断された(Tables 9, 11; Kohnoら, 2004a)。また、アカホシカメムシの分布の中心とは明らかに異なる南西諸島の特産種であるサキシマフヨウ(常谷ら, 1984)は、アカホシカメムシの好適な寄主植物であり(Tables 9, 11; Kohnoら, 2004a)、石垣島のアカホシカメムシにとって最も重要な寄主植物と判断された(Kohnoら, 2005)。これらのことは、原産地における寄主植物が、原産地以外の場所においては、その種にとって必ずしも最も好適な寄主植物とは限らないという可能性を示すものである。第IV章において飼育実験に供した寄主植物のうち、リュウキュウトロアオイ、オオハマボウ、サキシマハマボウ、タカサゴイチビは東南アジアにも自然分布する種であり、その中で最もアカホシカメムシの寄主植物として好適性が低いと判断されたタカサゴイチビ(Tables 9, 11; Kohnoら, 2004a)でも、季節によっては石垣島の野外でアカホシカメムシによって寄主植物として利用されていた(Fig.30; Kohnoら, 2005)。アカホシカメムシの本来の寄主植物があるとすれば、ここにあげた種のいずれかである可能性が高いと考えられるが、アカホシカメムシは特定の限られた植物に寄主植物として依存するのではなく、その時に利用できる種を臨機応変に寄主植物として利用するように生活史を進化させてきた種と考えるのが妥当かも知れない。北アメリカに分布するマダラナガカメムシの一種 *Oncopeltus fasciatus* (Dallas, 1852) は種子食者であり(Ralph, 1976)、大きな移動力を持つことで知られているが、アカホシカメムシと同様に、季節によって結実時期が異なる数種の寄主植物に順次依存して生活していることが知られている(Millerら, 1982)。

アカホシカメムシは繁殖地に定着し、卵巣が成熟すると飛翔筋が分解され飛翔力が低下するので(Nairら, 1985a, b)、複数回産卵する個体の場合、1回目の産卵もそれ以降の産卵も飛翔して移動する必要がない近接した場所で行われると推察される。したがって、繁殖場所を利用できる期間の長さが産卵様式に影響を与えると予想される。第III章の石垣島における野外調査の結果によ

れば、冬から春にかけてのサキシマフヨウのように、繁殖場所として比較的長期間にわたって利用可能と思われた場合もあったが、トックリキワタやキワタノキでは短期間しか利用可能ではないと思われた。繁殖場所としての利用が長期間可能であれば、1回目の産卵を終えたあと、さらに栄養を摂取して2回目の産卵を行うことにより適応度を高めることができると考えられるが、短期間しか利用可能でなければ、1回の産卵にすべての栄養を投資した方が適応度を高めることができると考えられる。第IV章における室内実験の結果、アカホシカメムシは多数回産卵した個体もあったものの、多くの個体は2回以下しか産卵せず、しかも、より早い産卵でより多くの卵を産んだ。このことは、産卵回数について調べられたことがあるアフリカ地域とアメリカ地域に分布するアカホシカメムシ類の全てが多数回産卵する(Derrら, 1981; Kasule, 1985)のとは対照的である。このことから、アカホシカメムシは1回産卵性になってはいないものの、短期間しか利用できない繁殖場所も有効に利用でき、異なる繁殖場所を順次利用するのに適応した生活史戦略を示していると判断される。ヒメアカホシカメムシとズグロシロジュウジカメムシについては産卵回数に関する調査を行っていないので、この点について検討するのは今後の課題である。

石垣島においてアカホシカメムシは、冬から春にかけては好適な寄主植物と判断されたサキシマフヨウの果実や種子で、春から初夏にかけてはやはり好適な寄主植物と判断されたトックリキワタやキワタノキの種子で旺盛に繁殖したが、これらの好適な寄主植物の果実や種子が存在しない夏から晩秋にかけて、好適な寄主植物と判断されたものの野外ではあまり利用されていなかったサキシマハマボウの果実や種子、あまり好適でない寄主植物と判断されたオオハマボウやタカサゴイチビの果実や種子、ほとんど果実をつけないムクゲやブッソウゲなどで細々と繁殖した(Fig.47; Kohnoら, 2005)。これらの植物は、アカホシカメムシの繁殖にとって必ずしも好適ではないものの、休眠性を持たないと思われるアカホシカメムシの継続的な繁殖を保証するために重要な意味を持っていると考えられるのと同時に、アカホシカメムシを棉作害虫としてとらえた場合、ワタ圃場以外の場所での生存を保証する代替寄主植物として、防除対策を考える上でも重要だと考えられる(Tengecho, 1994)。したがって、アカホシカメムシによるワタの被害を軽減するためには、ワタ圃場の近隣にある野生のアオイ目植物を除去するか、あるいはそれらの野生のアオイ目植物に対する

防除対策をとることが必要になると思われる。アカホシカメムシに対する防除を考えたとき、野生のアオイ目の植物に対する薬剤による防除は現実的ではないので、アカホシカメムシに対する天敵類を保全あるいは増強して利用することが、アカホシカメムシの密度抑制のために妥当な手段の一つだと考えられる。それらの天敵の中で、アカホシカメムシ類に特異的な捕食性天敵であるベニホシカメムシは、アカホシカメムシの自然分布域に広く分布しているため、最も重要な候補になると考えられる。

アカホシカメムシは様々なアオイ目植物の果実や種子を餌として繁殖したが、繁殖場所への侵入は、いずれの場合もそれぞれの植物の開花後であった。その中でも、キワタ科の2種(トックリキワタ、キワタノキ)の場合は、果実が成熟し開裂した後だった。それ以前には、これらの繁殖場所において全く、あるいはほとんどアカホシカメムシが見られなかったことから、寄主植物の果実あるいは種子から発せられる何らかの匂い物質がアカホシカメムシを誘引していることが示唆される。ズグロシロジュウジカメムシについても同様である。石垣島に生息するカメムシ類の中では、オオバギ *Macaranga tanarius* (L.) Muel. Arg., シマシラキ(オキナワジンコウ) *Excoecaria agallocha* L. の果実で繁殖するナホシキンカメムシ *Calliphata nobilis* (Linnaeus, 1763) (この学名は間違っている可能性が高いが、ここでは従前どおりの学名とする)(河野, 2006), シマシラキ(オキナワジンコウ)の果実で繁殖するハラアカナホシキンカメムシ *Calliphata exellence* (Burmeister, 1834) (この学名は間違っている可能性が高いが、ここでは従前どおりの学名とする)(河野, 未発表), アカメガシワ *Mallotus japonicus* (Thunb.) Muell.-Arg., ウラジロアカメガシワ *Mallotus paniculatus* (Lamarck) Muell. Arg., オオバギ, ヤンバルアカメガシワ *Melanolepis multiglandulosa* (Reinw.) Reichb. の果実で繁殖するアカギカメムシ *Cantao ocellatus* (Thunberg, 1784) (河野, 未発表), センダン *Melia azedarach* L. の果実で繁殖するミカンキンカメムシ *Solenostedium chinense* Stål, 1854 (河野, 未発表), カンキツ類 *Citrus* spp. の果実で繁殖するミカントゲカメムシ *Rhynchocoris humeralis* (Thunberg, 1783) (榊原, 2001; 河野, 未発表), ミフクラギ(オキナワキョウウチクトウ) *Cerbera manghas* L.などの果実で繁殖するクチナガカメムシ *Bathycolia indica* Dallas, 1851 (河野, 未発表), ツゲモドキ *Drypetes matsumurae* (Koidz.) Kanehira. の果実で

繁殖するイワサキオオトゲカメムシ *Amblycara gladiatoria* (Stål, 1876) (河野ら, 2003), 各種のマメ科植物の果実で繁殖するイチモンジカメムシ *Piezodorus hybneri* (Gmelin, 1789) (河野, 未発表), アカギモドキ *Allophyllus timorensis* (DC.) Bl. の果実で繁殖するフチベニヘリカメムシ (河野ら, 2006), アカギモドキ, コフウセンカズラ *Cardiospermum halicacabum* L. var. *microcarpum* Bl. の果実や種子で繁殖するアカヘリカメムシ(河野ら, 2006), ソウシジュ *Acacia confusa* Merr. の果実や種子で繁殖するヒロホソヘリカメムシ *Daclera levana* Distant, 1918 (河野, 2003c), オオクサボク *Pisonia umbellifera* (Forst.) Seem. の果実や種子で繁殖するイワサキヘリカメムシ *Dasynus biguttatus* (Matsumura, 1913) (河野, 未発表), マサキ *Euonymus japonicus* Thunb. やハリツルマサキ *Maytenus diversifolia* (Maxim.) Ding Hou の果実や種子で繁殖するフタスジハリカメムシ *Plinactus basalis* (Westwood, 1842) (河野, 未発表) などにおいても, 寄主植物が結実するまで寄主植物上ではほとんど見られない。したがって, ここに上げたカメムシ類においても, 寄主植物の果実や種子から発せられる何らかの匂い物質がそれぞれの寄主植物への定位に関連していると示唆される。稲作における斑点米カメムシ類もおそらく同様であろう。ここに上げたカメムシ類は様々な分類群にわたっており, 各々の寄主植物も様々な分類群にわたっている。もし匂い物質が関係しているとすれば, それぞれ種特異性の高い様々な物質が関係していると予想されるが, この機構に関する研究事例は見つけることができず, 今後の重要な研究課題になると思われる。もし匂い物質が同定されれば, アカホシカメムシを初めとする種子食性のカメムシ類の発生予察や防除に利用可能になることが期待できる。

2 ベニホシカメムシの生活史戦略

第Ⅲ章の野外観察および第Ⅴ章の飼育実験の結果から, ベニホシカメムシは純粋な捕食者であり, ホソヘリカメムシ類も捕食することはあるものの, その餌のほとんどをアカホシカメムシ類の中の一部の種, すなわち, アカホシカメムシとズグロシロジュウジカメムシに依存していることが明らかになった。その中でも, ズグロシロジュウジカメムシが単独で生息, あるいはごく少数のアカホシカメムシと共存しているオオハマボウの群落においてベニホシカメムシは確認されず, ある程度の個体数のアカホシカメムシが共存しているサキシマハマボウの群落

においてベニホシカメムシが確認されたように, ズグロシロジュウジカメムシはベニホシカメムシの餌として必須ではなく, アカホシカメムシがベニホシカメムシの餌として最も重要であると判断された。一般に捕食者は捕食寄生者と比較すると餌になる種の範囲が広い傾向にあるが, ベニホシカメムシはカメムシ類に対する捕食者であり, カメムシ類の中でも特定の分類群に偏った餌選好性を持っているので, 食性の幅が狭い点で非常に特異な例だと言える。ベニホシカメムシがアカホシカメムシの特異的な捕食者として進化した背景には, アカホシカメムシに対する捕食者や捕食寄生者がベニホシカメムシ以外にほとんどいないことがあげられると思われる。そのような状況では, アカホシカメムシを餌資源として競争する相手が存在しないので, 進化の過程で有利だった可能性がある。

第Ⅲ章の野外観察および第Ⅴ章の室内での捕食実験の結果, ベニホシカメムシはその発育段階の違いによって, 餌とするアカホシカメムシ類の発育段階について, それぞれ異なった選好性あるいは適性があることが明らかになった。その選好性あるいは適性は, 範囲の狭いものではなかったが, ベニホシカメムシ成虫にとってアカホシカメムシ2齢幼虫がほとんど捕食の対象とならなかったり, ベニホシカメムシ2齢幼虫にとってアカホシカメムシやズグロシロジュウジカメムシ成虫がほとんど捕食の対象とならなかったりしたように, アカホシカメムシ類の生活史がベニホシカメムシの生活史に対して何らかの影響を及ぼす可能性があることを示すものだった。アカホシカメムシ類としてほとんどズグロシロジュウジカメムシのみが生息していたサキシマハマボウを含まないオオハマボウ単独の群落において, ベニホシカメムシが全く見られなかった理由のひとつとして, ズグロシロジュウジカメムシが一年を通して生息していたにもかかわらず, ズグロシロジュウジカメムシの繁殖が途切れる期間が非常に長かったこと(Figs.21, 22, 31, 32, 47)があげられると思われる。また, 餌となる種がアカホシカメムシである場合でも, アカホシカメムシがブソウゲやムクゲに寄生していた場合(Figs.18, 32)には, アカホシカメムシが継続的に生息していたにもかかわらず, その繁殖が単発的にしか起こらなかったため, ベニホシカメムシの繁殖がほとんど, あるいは全く起こらなかった可能性が示唆される。以上のように, 野外におけるベニホシカメムシの繁殖は, 餌であるアカホシカメムシ類の繁殖に極めてよく同調して起こっており, それは実験室内で明らかにされたそれぞれの発育段階のベニホシカメム

シの餌の大きさ（発育段階）に対する選好性をよく反映したものであった。

アカホシカメムシは季節によって異なるアオイ目植物各種の開花，結実に合わせて季節的に場所を変えて繁殖し，それを主要な餌としているベニホシカメムシもアカホシカメムシの繁殖に合わせて季節的に場所を変えて繁殖した．実験室における飼育条件下（25℃，14L-10D）では，ベニホシカメムシ成虫は平均でも3か月以上，最長6か月以上生存し，生涯に平均で約600卵，最高1,000卵近く産卵した（Table 27）．これに対して，同じ温度日長条件下で飼育されたアカホシカメムシは，より寿命が長く，より産卵数が多かったワタ種子を餌にした場合でも，成虫は平均で1か月半，最長でも約3か月しか生存せず，生涯に平均で約200卵，最高でも約400卵しか産卵しなかった（Table 14）．このことは，アカホシカメムシの新しい繁殖地への侵入および定着が繁殖経験のない成虫によって行われると推察されたのに対して，ベニホシカメムシの場合には，新しい繁殖地への侵入および定着が繁殖経験のない成虫ばかりでなく，繁殖経験のある成虫によっても行われていると推察される根拠となる．すなわち，餌であるアカホシカメムシ類の個体数が少なくなれば，ベニホシカメムシはさらに他の場所へ移動することを示すことにもなる．このことは，例えばトックリキワタ（Figs.24, 30）やキワタノキ（Fig.29）の群落における観察において，ベニホシカメムシが非常に短い期間しか観察されなかったという結果とも矛盾しない．

以上に記したように，ベニホシカメムシは餌となるアカホシカメムシ類の中で最も主要な餌種であるアカホシカメムシの生活史によく適合した生活史を持つことが明らかになった．ベニホシカメムシの外見は，アカホシカメムシに似ていて，ともに警告色の目立つ色彩をしている．このことは，アカホシカメムシが餌として十分に存在していたことと同時に，形態や色彩が似ていることが，進化の過程で何らかの有利な条件になっていたことが示唆される．アカホシカメムシ類が体内に蓄積しているアオイ科植物由来の有毒なゴッシポール色素が，実際に脊椎動物の捕食者に対して毒成分として有効であるかどうかは確認されたわけではなく（Fuseiniら，1975a; Aldrich, 1988），ベニホシカメムシが体内に脊椎動物に対する毒性分を蓄積しているかどうかは未だ不明である．したがって，ベニホシカメムシがアカホシカメムシとともに無毒で，他の有毒な警告色のカメムシをモデルとするベイツ型擬態になっているのか，無毒のベニホシカメムシが有毒なアカホシカメムシをモデルとしたベイツ型

擬態になっているのか，ベニホシカメムシがアカホシカメムシとともに有毒でミュラー型擬態になっているのかも依然不明である（Wickler, 1968）．しかし，アカホシカメムシ類に対する特異的捕食者であるベニホシカメムシが餌であるアカホシカメムシに似ていることは，脊椎動物の捕食者に対して捕食を回避する上で有利に働いていることは疑いない．これまでに知られている餌種とその捕食者の間に見られる形態的，色彩的な類似が知られている例，すなわち，アフリカにおけるホシカメムシ科の *Dysdercus* 属数種とそれらを専門的に捕食するサシガメ科の *Phonoctonus* 属2種（Marshall, 1902; Stride, 1956a, b; Galichet, 1956; Fuseiniら, 1975b），インドネシア・ジャワにおける種子食性ホシカメムシ科のダイフウシホシカメムシ *Melamphaus faber* とこれを専門的に捕食するホシカメムシ科のニシダホシカメムシ *Raxa nishidai*（Schaefer, 1999; 西田, 1999; Nishidaら, 2001），グンバイムシ科のツツジグンバイ *Stephanitis pyrioides* とこれを専門的に捕食するグンバイカスミカメ *Stethoconus japonicus*（Henryら, 1986; Nealら, 1991），グンバイムシの一種 *Dulinius unicolor* とこれを専門的に捕食するカスミカメムシの一種 *Stethoconus frappai*（Carayon, 1960）などの例を含め，この餌種と捕食者の間に見られる形態的，色彩的類似性の進化の機構について，さらに深く掘り下げることが可能であろう．

3 捕食性天敵としてのベニホシカメムシ

第三章の石垣島における野外観察と第V章における室内における捕食実験の結果から，ベニホシカメムシが限られた分類群，すなわちホシカメムシ上科 *Pyrrhocoroidea* に含まれるホシカメムシ科 *Pyrrhocoridae* とヘリカメムシ上科 *Coreoidea* に含まれるホソヘリカメムシ科 *Alydidae* に分類されるカメムシ類にのみ餌として選好性を示すことが明らかになった．このことはベニホシカメムシを棉作害虫であるアカホシカメムシに対する生物的防除資材として利用する場合に考慮すべき問題点を明確にする上で重要な情報となる．

ここで行われた野外におけるベニホシカメムシとその餌であるアカホシカメムシ類の個体群動態の調査結果は，ベニホシカメムシの個体数が主な餌種であるアカホシカメムシの個体数の変動に追従して変動することを明らかにするものだった．しかしながら，アカホシカメムシの発生の初期に，既にベニホシカメムシの個体数が比較的多かった場合には，その後のアカホシカメムシの個体数の増加が抑制された場合もあり，これはベニホシカメム

シがアカホシカメムシの個体数を抑制する要因として機能しうることを示すものと思われる。

これらのことから、ベニホシカメムシをアカホシカメムシに対する捕食性天敵として利用することを想定した場合、自然発生するベニホシカメムシだけでは確実な効果が期待できないと思われるので、増強放飼をする必要があると思われる。どの程度の増強放飼が必要かに関しては、まだ試験が行われていないので、今後の検討課題である。

ベニホシカメムシを人工的に増強放飼するためには、ベニホシカメムシを効率的に人工飼育する必要がある。この研究では、天然の餌であるアカホシカメムシを餌として飼育が行われ、20℃～30℃の温度条件で飼育が可能であり、特に22.5℃～27.5℃の範囲では高い生存率を示した(Table 24)。また、アカホシカメムシを餌として与えた場合の産卵数も平均で約600卵と多いため、アカホシカメムシを餌として飼育する限りにおいて、増殖は比較的容易であると判断される。しかしながら、アカホシカメムシを餌として使用する限り、アカホシカメムシを野外で捕獲するか、あるいはアカホシカメムシそのものを人工飼育して増殖する必要があるため、ベニホシカメムシの累代的な人工飼育を行うためには、大きな労力が必要になるとと思われる。したがって、ベニホシカメムシを効率的に人工飼育するためには、人工飼料の開発が必要となる。

第V章におけるベニホシカメムシの餌に対する選好性の実験結果は、外見的な色彩や形態とは無関係に、ホシカメムシ科とホソヘリカメムシ科という限られたカメムシ類のみが捕食対象となったことから、ベニホシカメムシの餌の認識に関わる要因について、視覚的な刺激はあまり重要な役割を果たしていないと推察され、それ以外の刺激要因、例えば嗅覚的な刺激、すなわち揮発性の化学物質などが重要な役割を果たしていると推察される。ベニホシカメムシの餌の認識に関わる要因は、この研究においてはごく基本的な部分に関する知見しか得られていないが、ベニホシカメムシの人工飼料の開発においても重要な要素になると考えられるので、今後の重要な研究課題の一つになるとと思われる。

ここで仮にベニホシカメムシの餌の認識に餌種が分泌する単一の化学物質が関わっていると仮定すると、その化学物質の生成に関わる機構の進化が独立に2回起こった可能性があることになる。すなわち、ホシカメムシ科はオオホシカメムシ科とともにホシカメムシ上科、ホソヘリカメムシ科はヘリカメムシ科、ヒメヘリカメムシ科

とともにヘリカメムシ上科に分類されているため、ホシカメムシ科とホソヘリカメムシ科は単一の単系統群ではないと考えられるからである。したがって、カメムシ類における化学物質生成機構の進化も、今後の重要な研究課題となるとと思われる。

VIII 摘要

琉球に分布するアカホシカメムシ類 *Dysdercus* spp. (カメムシ目：ホシカメムシ科) には、アカホシカメムシ *D. cingulatus*, ハレギアカホシカメムシ *D. solenis*, ヒメアカホシカメムシ *D. poecilus*, オオアカホシカメムシ *D. mesiostigma*, および分類学的に混乱があるシロジュウジカメムシおよびズグロシロジュウジカメムシのシロジュウジカメムシ類 *D. decussatus* species groupがある。これらのうち、アカホシカメムシがアジアの熱帯・亜熱帯地域で果実や種子を加害する棉作害虫として問題になっている。石垣島にも分布するベニホシカメムシ *Antilochus coqueberti* (カメムシ目：ホシカメムシ科) は、アカホシカメムシに対する捕食性天敵とする報告がある一方、ワタの害虫として報告されていたり、植食性であるという報告もある。これらのホシカメムシ類に関する生態的特性については、棉作害虫として重要とされているアカホシカメムシについてすら断片的な報告しかなく、化学農薬の使用を低減した防除戦略を構築するために必要な情報が欠けている。

この論文は、石垣島に普通に見られるアカホシカメムシ、ヒメアカホシカメムシ、ズグロシロジュウジカメムシの3種の植食性とされているアカホシカメムシ類とベニホシカメムシについて、石垣島の野外における観察によって、これらの生活史戦略、とくに季節的な寄主植物あるいは生息地の利用様式を明らかにし、さらに実験室内における飼育実験によって発育の温度反応、繁殖特性、ベニホシカメムシの捕食特性を明らかにし、ベニホシカメムシをアカホシカメムシに対する生物的防除資材として利用するための知見を得ることを目的とした。また、分類学的に問題があるシロジュウジカメムシ類についても検討を加えた。

石垣島の野外における継続的な観察の結果、3種の植食性のホシカメムシ類はそれぞれ異なった寄主植物選好性および生活史戦略を示した。アカホシカメムシは12月から4月にかけて山の麓に多く見られるサキシマフヨウ *Hibiscus makinoi* で旺盛に繁殖し、5月から6月にかけては街路樹などとして植栽されているトックリキワ

タ *Chorisia speciosa* やキワタノキ *Bombax ceiba* で旺盛に繁殖したが、7月から11月にかけては、生け垣として利用されているムクゲ *Hibiscus syriacus*, ブッソウゲ *Hibiscus rosa-sinensis*, 海岸林に多く見られるオオハマボウ *Hibiscus tiliaceus*, サキシマハマボウ *Thespesia populnea*, 荒れ地に見られるタカサゴイチビ *Abutilon indicum* などで繁殖したものの、旺盛な繁殖は見られず、その後12月には再びサキシマフヨウで繁殖した。ヒメアカホシカメムシは草地に見られるキンゴジカ *Sida rhombifolia* でほぼ一年を通して繁殖したが、それほど旺盛な繁殖は見られなかった。ズグロシロジュウジカメムシは一年を通して、海岸林のオオハマボウやサキシマハマボウの群落に生息し、夏季に繁殖したが、11月から翌年の5~6月までは、これらの植物の葉裏に集団を形成して繁殖しなかった。シロジュウジカメムシは沖縄島のオオハマボウの群落に見られ、石垣島のズグロシロジュウジカメムシとほぼ同じ周年経過を示した。Derrら(1981)に示されたアカホシカメムシ類の3つの生活史戦略の種類のうち、アカホシカメムシは、体の大きさが中型で、比較的大きな種子をつける木本性寄主植物の間を、季節によって寄主植物を変えながら移動して、休眠せずに連続的に繁殖する"generalist migrant colonizer"によく当てはまった。ヒメアカホシカメムシは、体の大きさが小型で、季節にあまり関係なく小さな種子を連続的につける草本や小さい木本性の寄主植物を利用して、移動や休眠をせずに連続的に繁殖する"non-colonizer"によく当てはまった。これに対してズグロシロジュウジカメムシは、体の大きさが中型だが、結実時期が比較的限られる寄主植物を利用して、繁殖に適さない時期には休眠していると思われたので、"specialist migrant colonizer"と"generalist migrant colonizer"の中間的な特徴を持つと判断された。

ベニホシカメムシは石垣島の野外では、主にアカホシカメムシを捕食したが、ズグロシロジュウジカメムシも捕食し、ごくわずかだがホソヘリカメムシ *Riptortus pedestris* も捕食した。より若い発育段階のベニホシカメムシはより若い発育段階のアカホシカメムシを、より発育が進んだ段階のベニホシカメムシはより発育が進んだ段階のアカホシカメムシを捕食する傾向が認められた。ベニホシカメムシの繁殖場所は、ズグロシロジュウジカメムシが旺盛に繁殖しているオオハマボウとサキシマハマボウの混合群落にもみられたが、主にアカホシカメムシが旺盛に繁殖している場所であり、季節によって異なった。ベニホシカメムシが発生した場合、その後アカホシカメ

ムシの個体数が抑制される傾向が認められる場合もあったが、アカホシカメムシの個体数の増減に追従してベニホシカメムシの個体数が増減しただけの場合も多かった。

アカホシカメムシを様々な寄主植物の種子を餌として温度20~30°C、日長14L-10Dの条件で飼育したところ、幼虫期間の死亡率は、トックリキワタ、ワタ、サキシマフヨウ、サキシマハマボウ、オクラの種子を餌とした場合は低く、リュウキュウトロロアオイの種子を餌とした場合はやや低く、オオハマボウの種子を餌とした場合はやや高く、タカサゴイチビの種子を餌とした場合は高かった。また、幼虫期間の発育速度は、トックリキワタの種子を餌とした場合は非常に速く、ワタ、サキシマフヨウ、サキシマハマボウ、オクラ、リュウキュウトロロアオイの種子を餌とした場合は早く、オオハマボウの種子を餌とした場合はやや遅く、タカサゴイチビの種子を餌とした場合は非常に遅かった。以上から、死亡率が低い餌では発育が速く、死亡率が高い餌では発育が遅い傾向にあることがわかった。低温発育臨界温度の推定値は、20°Cの条件ですべて死亡したタカサゴイチビの種子を餌とした場合を除き、いずれも13.9~14.4の狭い範囲に収まったことから、餌の違いは低温発育臨界温度には影響を与えず、発育速度のみに影響を与えることがわかった。

ヒメアカホシカメムシをキンゴジカとワタの種子を餌として温度25°C、日長14L-10Dの条件で飼育したところ、キンゴジカの種子を餌とした場合は羽化することができたが、ワタの種子を餌とした場合は、全く成長できずに死亡した。このことから、棉作害虫としてヒメアカホシカメムシがあげられているのは、アカホシカメムシの誤同定に基づく可能性が示唆された。

ズグロシロジュウジカメムシをオオハマボウ、サキシマハマボウ、サキシマフヨウの種子を餌として飼育したところ、いずれの種子を餌とした場合も全く成長させることができず、飼育法に問題があると思われた。

飼育条件下でアカホシカメムシは最大で8回産卵したが、多くの個体は2回以下しか産卵せず、最初の産卵においてより多くの卵を産んだので、一時的にしか存在しない繁殖場所でも有利である、初期に多くの産卵をするような繁殖戦略をとっていると推察された。

ベニホシカメムシは植物の種子を餌として全く成長できなかったことから、純粋な捕食者であると推察された。ベニホシカメムシに対して各種のカメムシ類を実験的に与えたところ、すべてのホシカメムシ科とホソヘリカメムシ科のカメムシ類は捕食されたが、オオホシカメムシ科、ナガカメムシ科、ヒメヘリカメムシ科、ヘリカメム

シ科のカメムシ類は全く捕食されなかったことから、外観には関係なく、系統によって餌となるかどうかが決まっており、しかもその系統は複数の単系統からなっていることがわかった。

アカホシカメムシを餌としてベニホシカメムシを飼育したところ、20~30℃で正常に発育し、22.5~27.5℃において死亡率が低かった。日長14L-10Dの長日条件において卵期と幼虫期の低温発育臨界温度はそれぞれ12.8℃と12.9℃と推定された。日長10L-14Dの短日条件においても休眠反応は認められず、幼虫の発育速度はむしろ速くなった。交尾させたベニホシカメムシ雌成虫の産卵前期間は平均10.7日で、97.2日の寿命の間に平均55.2卵の卵塊を10.9回、合計601.7卵を産んだ。成虫を交尾させなかった場合も交尾させた場合との有意差がみられない産卵前期間、成虫寿命、産卵回数、卵塊サイズ、総産卵数を示したが、交尾させなかった場合は卵が全く孵化しなかったため、人工飼育の際には交尾の有無の確認に注意を払う必要があると判断された。

各発育段階のアカホシカメムシを各発育段階のベニホシカメムシに与えたところ、単独の餌を与えた場合は比較的幅広い選好性を示したが、複数の異なる発育段階のアカホシカメムシを選択させた場合には、より発育段階が若いベニホシカメムシはより発育段階が若いアカホシカメムシを、より発育が進んだ段階のベニホシカメムシはより発育が進んだ段階のアカホシカメムシを攻撃する傾向が認められた。各齢のベニホシカメムシ幼虫が単位時間（1日）あたりに消費する餌の数は、いずれの発育段階のアカホシカメムシを餌とした場合も、餌の密度が高いほど多くなったが、消費する餌個体の比率は餌の密度が高いほど低くなり、HollingのType IIの機能の反応、すなわち捕食数は餌密度に対して飽和型の曲線を示した。各齢のベニホシカメムシ幼虫が各齢期間に捕食する餌の個体数は、餌として与えたアカホシカメムシの発育段階が若いほど多く、発育が進んだものほど少なかった。また、ベニホシカメムシの発育が進むほど、各齢期に捕食する餌の数が多くなった。これらのことから、各齢の幼虫にはそれぞれの齢期間の間に捕食する餌の数に上限があると判断された。

シロジウジカメムシとズグロシロジウジカメムシの両種は互いに形態や、寄主植物や冬季の集団の形成などの生態が酷似しており、従来両種とも琉球に広く分布するとされていたが、石垣島における野外調査ではズグロシロジウジカメムシのみが発見された。そこで、両種の分布について野外調査と標本調査を行ったところ、

西表島で唯一頭のシロジウジカメムシの標本が見つかったことを除き、奄美諸島、沖縄諸島、台湾ではシロジウジカメムシのみが分布し、宮古諸島、八重山諸島、フィリピンではズグロシロジウジカメムシのみが分布している可能性が非常に高いことがわかった。両種の形態を分類学的に再検討したところ、シロジウジカメムシは台湾・高雄を模式産地とする *Dysdercus sauteri* Schmidt, 1932に一致し、ズグロシロジウジカメムシはフィリピン・ミンダナオを模式産地とする *D. simon* Taueber, 1927 に一致した。現在、*D. sauteri* と *D. simon* の両種とも *D. decussatus* Boisduval, 1835 の新参異名とされている。*D. decussatus* の新参異名とされている種は他にもあり、それらは南シナ海を取り囲んで環状に分布していることから、これらは琉球列島を両端として輪状種になっている可能性が示唆された。シロジウジカメムシとズグロシロジウジカメムシは琉球列島において異所的に分布しており、両種間の交尾は実験的には可能だが不妊であることから、両種の間には配偶干渉が働いている可能性が示唆された。ズグロシロジウジカメムシのフィリピンからの大量の飛来が過去にあったか、あるいは現在でも断続的あるいは恒常的に飛来があると仮定しなければ、この2種の琉球列島における分布を説明することは困難である。

アカホシカメムシは多くの種のアオイ目植物を寄主植物として繁殖することが可能であり、比較的大きな移動力を持つことが明らかになったので、棉作におけるアカホシカメムシの加害に対する対策のひとつとして、野生の寄主植物を棉圃場の近傍からできる限り除去することが望ましいことが、この研究で得られた結果からも裏付けられた。また、アカホシカメムシ類に対する特異的な捕食性天敵としてベニホシカメムシが有効に働く可能性が示唆されたが、より確実な効果を期待する場合には人工的に増殖して放飼する必要があると判断された。野生寄主植物に対する化学的防除は非標的生物に対する影響が大きいと考えられるので現実的ではないが、ベニホシカメムシは種特異的な天敵として働くので、選択肢としてあげられると思われる。ベニホシカメムシを効率的に人工増殖するためには、人工飼料を開発する必要があるが、そのためにはベニホシカメムシの捕食行動の解発に関係すると思われる匂い成分を明らかにする必要があると思われる。

ヒメアカホシカメムシとズグロシロジウジカメムシは、棉作害虫としては重要視する必要は無いと判断された。

引用文献

- 1) Adis, J. and R. C. Froeschner (1982): Notes on distribution of some Latin American cotton-stainers (*Dysdercus*: Pyrrhocoridae: Hemiptera) and remarks on the biology of *Dysdercus urbahni* Schmidt. *Proc. biol. soc. Washington*, 95, 371-376.
- 2) Adler, P. H. and A. G. Wheeler Jr. (1984): Extra-phytophagous food sources of Hemiptera-Heteroptera: bird droppings, dung, and carrion. *J. Kansas Entomol. Soc.*, 57, 21-27.
- 3) Ahmad, I. and N. H. Kahn (1980): Effects of starvation on the longevity and fecundity of red cotton bug, *Dysdercus cingulatus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae) in successive selected generations. *Appl. Entomol. Zool.*, 15, 182-183.
- 4) Ahmad, I. and C. W. Schaefer (1987): Food plant and feeding biology of the Pyrrhocoroidea (Hemiptera). *Phytophaga*, 1, 75-92.
- 5) Aldrich, J. R. (1988): Chemical ecology of the Heteroptera. *Annu. Rev. Entomol.*, 33, 211-238.
- 6) Aldrich, J. R. and M. S. Blum (1978): Aposematic aggregation of a bug (Hemiptera: Coreidae): the defensive display and formation of aggregations. *Biotropica*, 10, 58-61.
- 7) Ambrose, D. P. and M. A. Claver (1999): Suppression of cotton leafworm *Spodoptera litura*, flower beetle *Mylabris pustulata* and red cotton bug *Dysdercus cingulatus* by *Rhynocoris marginatus* (Fabr.) (Het., Reduviidae) in cotton field cages. *J. Appl. Entomol.*, 123, 225-229.
- 8) Ambrose D. P. and N. S. Kumaraswami (1990): Functional response of the reduviid predator *Rhynocoris marginatus* Fabr. on the cotton stainer *Dysdercus cingulatus* Fabr. *J. Biol. Control*, 4, 22-24.
- 9) Ambrose, D. P. and D. Livingstone (1989): Biology of the predaceous bug *Rhynocoris marginatus* Fabricius (Insecta-Heteroptera-Reduviidae). *J. Bombay Nat. Hist. Soc.*, 86, 155-160.
- 10) Ambrose, D. P., P. Ramakrishnan and A. Selvi (1983): Impact of antennectomy, eye-blocking and tibial coating on the feeding behavior and predatory efficiency of *Rhynocoris marginatus* Fabr. (Reduviidae: Heteroptera). *Entomon*, 8, 325-329.
- 11) 青木繁伸 (2004): K群の比率の差の検定・多重比較 (対比較) テューキーの方法. <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/lecture/Hiritu/Pmul-Tukey.html>, April 15, 2004.
- 12) Ballard, E. and M. G. Evans (1928): *Dysdercus sidae*, Montr., in Queensland. *Bull. Entomol. Res.*, 18, 405-432.
- 13) Barrion, A. T. and R. R. Jackson (2000): Prey and life cycle of *Dindymus pulcher* (Stål), a snail-eating pyrrhocorid bug from the Philippines. *Philippine Agric. Scientist*, 83, 292-304.
- 14) Beccari, F. and V. Gerini (1970): Catalogo delle specie appartenenti al genere *Dysdercus* Boisduval (Rhynchota, Pyrrhocoridae). *Rivista di agricoltura subtropicale e tropicale. Istituto agronomico per l'oltremare*, 21-72.
- 15) Berry, P. A. (1951): Biology and habits of cotton stainers (Hemiptera: *Dysdercus* spp.), their natural enemies in South America, and two parasitic flies imported into Puerto Rico. *Rev. Entomol.*, 22, 329-342.
- 16) Blöte, H. C. (1931): Catalogue of the Pyrrhocoridae in 'S Rijks Museum van Natuurlijke Historie. *Zool. Mededeelingen*, 14, 97-136.
- 17) Bottrell, D. G. and P. L. Adkisson (1977): Cotton insect pest management. *Annu. Rev. Entomol.*, 22, 451-481.
- 18) Carayon, J. (1960) *Stethoconus frappai* n. sp., Mididé prédateur du tingidé du caféier, *Dulinius unicolor* (Sign.), a madagascar. *J. Agric. Tropic. Botan. Appl.*, 7, 110-120.
- 19) Chauthani, A. R. and U. S. Misra (1966): Observations on the life history of *Antilochus coqueberti*, a predator of *Dysdercus koenigi*. *J. Econ. Entomol.*, 59, 767-768.
- 20) Chemengich, B. T. and B. M. Khaemba (1998): Comparative studies on biological performance of the cotton stainers *Dysdercus cardinalis* Gerst and *Dysdercus fasciatus* Signoret bred on different hosts. *Insect Sci. Appl.*, 18, 25-29.
- 21) Claver M. A. and D. P. Ambrose (2001): Impact of augmentative release of *Rhynocoris kumarii* Ambrose & Livingstone (Heteroptera: Reduviidae) on *Dysdercus cingulatus* (Fabricius) (Hemiptera: Pyrrhocoridae) population and damage on cotton. *J. Biol. Control*, 15, 119-125.
- 22) Corbett, G. H. (1923): Annual report of the government entomologist, for 1923. *Malayan Agric. J.*, 12, 252-259.
- 23) Davis, N. T. (1975): Hormonal Control of flight muscle histolysis in *Dysdercus fulvoviger*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 68, 710-714.
- 24) Denlinger, D. L. (1986): Dormancy in tropical insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 31, 239-264.
- 25) Derr, J. A. (1980a): Coevolution of the life history of a tropical seed-feeding insect and its food plants. *Ecology*, 61, 881-892.
- 26) Derr, J. A. (1980b): The nature of variation in life history characters of *Dysdercus bimaculatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Evolution*, 34, 548-557.
- 27) Derr, J. A. (1981): Light-trap catches of *Dysdercus bimaculatus* Stål (Heteroptera: Pyrrhocoridae) in relation to weather and the fruiting cycle of its host-plants. *Bull. Entomol. Res.*, 71, 47-56.
- 28) Derr, J. A., B. Alden and H. Dingle (1981): Insect life history in relation to migration, body size, and host plant array: a comparative study of *Dysdercus*. *J. Anim. Ecol.*, 50, 181-193.
- 29) Dhiman, S. C. (1985): Review of the *Antilochus coqueberti* Fabr. (Heteroptera-Pyrrhocoridae). *Geobios New Rept.*, 4, 63-65.
- 30) Dingle, H. and G. Arora (1973): Experimental studies of migration in bugs of the genus *Dysdercus*. *Oecologia (Berlin)*, 12, 119-140.
- 31) Distant, W. L. (1888): An enumeration of the Rhynchota received from Baron von Müller, and collected by Mr. Sayer in New Guinea during Mr. Cuthbertson's Expedition. *Trans. Entomol. Soc. London*, 1888, 475-489.

- 32) Duffey, S. S. and G. G. E. Scudder (1974): Cardiac glycosides in *Oncopeltus fasciatus* (Dallas) (Hemiptera: Lygaeidae). I. The uptake and distribution of natural cardenolides in the body. *Can. J. Zool.*, 52, 283-290.
- 33) Duviard, D. (1972): Les vols migratoires de *Dysdercus voelkeri* Schmidt (Hemiptera, Pyrrhocoridae) en Côte D'ivoire. I. - Le rythme endogène fondamental. *Coton Fibres Tropic*, 27, 379-388.
- 34) Duviard, D. (1973): Les vols migratoires de *Dysdercus voelkeri* Schmidt (Hemiptera, Pyrrhocoridae) en Côte D'ivoire. II. - Les rythmes exogènes. *Coton Fibres Tropic*, 28, 239-252.
- 35) Duviard, D. (1977): Migration of *Dysdercus* spp. (Hemiptera: Pyrrhocoridae) related to movements of the Inter-Tropical Convergence Zone in West Africa. *Bull. Entomol. Res.*, 67, 185-204.
- 36) Edwards, F. J. (1969): Environmental control of flight muscle histolysis in the bug *Dysdercus intermedius*. *J. Insect Physiol.*, 15, 2013-2020.
- 37) Edwards, F. J. (1970): Endocrine control of flight muscle histolysis in *Dysdercus intermedius*. *J. Insect Physiol.*, 16, 2027-2031.
- 38) Esaki, T. (1926): Verzeichniss der Hemiptera-Heteroptera der Insel Formosa. *Ann. Musei Nation. Hung.*, 14, 136-189.
- 39) 江崎悌三 (1931): 紅頭嶼の異翅半翅類. 日本生物地理学報, 2, 209-220.
- 40) 江崎悌三 (1937): 委任統治南洋群島の棉の害蟲 (第一報). 昆蟲, 11, 164-169.
- 41) Evans, D. L., N. Castoriades and H. Badruddine (1986): Cardenolides in the defence of *Caenocoris nerii* (Hemiptera). *Oikos*, 46, 325-329.
- 42) Farine, J.-P. (1987): The exocrine glands of *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera, Pyrrhocoridae): morphology and function of nymphal glands. *J. Morph.*, 194, 195-207.
- 43) Farine, J.-P., O. Bonnard, R. Brossut and J. L. Le Quere (1992): Chemistry of pheromonal and defensive secretions in the nymphs and the adults of *Dysdercus cingulatus* Fabr. (Heteroptera, Pyrrhocoridae). *J. Chem. Ecol.*, 18, 65-76.
- 44) Farine, J.-P., C. Everaerts, R. Brossut and J.-C. L. Quére (1993): Defensive secretions of nymphs and adults of five species of Pyrrhocoridae (Insecta: Heteroptera). *Biochem. Syst. Ecol.*, 21, 363-371.
- 45) Fitt, G. P. (1994): Cotton pest management: Part 3. An Australian perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 39, 543-562.
- 46) Freeman, P. (1947): A revision of the genus *Dysdercus* Boisduval (Hemiptera, Pyrrhocoridae), excluding the American species. *Trans. Royal Entomol. Soc. London*, 98, 373-424.
- 47) Fuseini, B. A. and R. Kumar (1975a): Biology and immature stages of cotton stainers (Heteroptera: Pyrrhocoridae) found in Ghana. *Biol. J. Linn. Soc.*, 7, 83-111.
- 48) Fuseini, B. A. and R. Kumar (1975b): Ecology of cotton stainers (Heteroptera: Pyrrhocoridae) in southern Ghana. *Biol. J. Linn. Soc.*, 7, 113-146.
- 49) Galichet, P. F. (1956): Quelques facteurs de réduction naturelle dans une population de *Dysdercus supersticiosus* Fab. (Heteroptera, Pyrrhocoridae). *Rev. Pathol. Végét. Entomol. Agric. France*, 35, 27-49.
- 50) Gross, G. F. (1975): The land invertebrates of the New Hebrides and their relationships. *Phil. Trans. Royal Soc. London. Ser. B. Biol. Sci.*, 272, 391-421.
- 51) Haridass, E. T., M. N. Morrison and A. Balu (1988): Predatory behavior of *Rhinocoris marginatus* Fabricius (Harpactorinae - Reduviidae - Heteroptera - Insecta). *Proc. Indian Acad. Sci. (Animal Sci.)*, 97, 41-48.
- 52) 初島住彦 (1975): 琉球植物誌 (追加・訂正). 沖縄生物教育研究会, 那覇.
- 53) 林正美 (1992): 琉球列島産カメムシ2種の寄主植物. *Rostria*, 42, 27-28.
- 54) 林正美 (2002): カメムシ目. 琉球列島産昆虫目録増補改訂版, 東清二監修, 沖縄生物学会.
- 55) Henry, T. J., J. W. Neal Jr. and K. M. Gott (1986): *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae): a predator of *Stephanitis* lace bugs newly discovered in the United States, promising in the biocontrol of Azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Proc. Entomol. Soc. Washington*, 88, 722-730.
- 56) Holling, C. S. (1959): Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Entomol.*, 91, 385-398.
- 57) Irwin, D. E., S. Bensch and T. D. Price (2001): Speciation in a ring. *Nature*, 409, 333-337.
- 58) Ito, K. and T. Nakata (1998): Effect of photoperiod on reproductive diapause in the predatory bugs, *Orius suteri* (Poppius) and *O. minutus* (Linnaeus) (Heteroptera: Anthocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 33, 115-120.
- 59) 岩田久二雄 (1975): キワタとカーレン. 自然観察者の手記 pp. 133-138., 朝日新聞社, 東京.
- 60) 岩田久二雄 (1978a): 昆虫の美食 - 熱帯棉作害虫の観察. 昆虫を見つめて50年 I, 151-161, 朝日新聞社, 東京.
- 61) 岩田久二雄 (1978b): 吸血カメムシの生活. 昆虫を見つめて50年 II, 86-100, 朝日新聞社, 東京.
- 62) Jackson, R. R. and A. T. Barrion (2002): Foraging behavior, distribution and predators of *Dindymus pulcher* Stål (Hemiptera: Pyrrhocoridae), a snail-eating bug from the Philippines. *Philippine Entomol.*, 16, 53-67.
- 63) 常谷幸雄・大場秀章 (1984): 西南日本に自生するサキシマフヨウ (新称) について. 植物研究雑誌, 59, 22-30.
- 64) Kamble, S. T. (1974): Notes on a predator of *Dysdercus koenigii* Fabr. (Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Current Sci.*, 43, 159.
- 65) Kapur, A. P. and T. G. Vazirani (1956): The identity and geographical distribution of the Indian species of the genus *Dysdercus* Boisduval (Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Rec. Indian Museum*, 54, 159-175.
- 66) Kasule, F. K. (1985): A comparison of the reproductive strategies of three species of *Dysdercus* from Africa (Hemiptera, Pyrrhocoridae). *Oecologia (Berlin)*, 65, 260-265.
- 67) Kasule, F. K. (1990): Associations of fecundity with adult size in the cotton stainer bug *Dysdercus fasciatus*. *Heredity*, 66, 281-286.
- 68) 川沢哲夫・川村満 (1975): 原色図鑑カメムシ百種. 全国

- 農村教育協会, 東京.
- 69) Kerzhner, I. M. (2001): Family Pyrrhocoridae Amyot & Serville, 1943. In *Catalogue of the Heteroptera of the Palearctic Region* (B. Aukema and C. Rieger eds.). Netherlands Entomological Society, Amsterdam, pp. 248-258.
- 70) Kikuhara, Y. (2005): The Japanese species of the genus *Riptortus* (Heteroptera, Alydidae) with description of a new species. *Jpn. J. Syst. Entomol.*, 11, 299-311.
- 71) Kingsley, P. C. and B. J. Harrington (1982): Factors influencing termination of reproductive diapause in *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthracoridae). *Environ. Entomol.*, 11, 461-462.
- 72) 金城政勝 (1986): 南西諸島の昆虫相. In 日本昆虫地理学—変異性と種分化をめぐって. 木元新作編. 東海大学出版会. pp. 85-91.
- 73) 金城政勝・林正美 (1998): 琉球列島産カメムシ数種の寄主植物. *Rostria*, 47, 35-38.
- 74) 桐谷圭治 (1997): 日本産昆虫, ダニ, 線虫の発育零点と有効積算温度. 農環技研資料, 21, 1-72.
- 75) 河野勝行 (2001): 石垣島におけるヒメアカホシカメムシならびにその近縁種の寄主植物. *Rostria*, 50, 31-34.
- 76) Kohno, K. (2003a): Development and reproduction of *Antilochus coqueberti* (Heteroptera: Pyrrhocoridae), the specific predator of *Dysdercus* spp. (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 38, 103-108.
- 77) 河野勝行. (2003b): 八重山諸島竹富島におけるベニホシカメムシの採集記録. *Rostria*, 51, 50-52.
- 78) 河野勝行 (2003c): ヒロホソヘリカメムシの寄主植物. *Rostria*, 51, 53-54.
- 79) 河野勝行 (2004): 八重山諸島黒島でアカスジヘリカメムシの分布を確認. 月刊むし, 396, 47-48
- 80) 河野勝行 (2006): 八重山地方におけるナナホシキンカメムシ (カメムシ目: キンカメムシ科) の寄主植物と生活史. *Rostria*, 52, 67-71.
- 81) Kohno, K. and Bui Thi N. (2004a): Effect of host plant species on the development of *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 39, 183-187.
- 82) Kohno, K. and Bui Thi N. (2005): Comparison of the life history strategies of three *Dysdercus* true bugs (Heteroptera: Pyrrhocoridae), with special reference to their seasonal host plant use. *Entomol. Sci.*, 8, 313-322.
- 83) Kohno, K., Bui Thi N. and M. Fujiwara (2004b): Predation of *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae) by the specialist predator *Antilochus coqueberti* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 39, 661-667.
- 84) 河野勝行・林正美 (2003): イワサキオオトゲカメムシの寄主植物と生態に関する知見. *Rostria*, 51, 55-59.
- 85) 河野勝行・高橋敬一 (2006): 八重山諸島におけるアカヘリカメムシとフチベニヘリカメムシ (カメムシ目: ヒメヘリカメムシ科) の生態と分布. *Rostria*, 52, 72-74.
- 86) Kohno, K., K. Takahashi and M. Sakakibara (2002): New Prey-predator Association in Aposematic Pyrrhocorid Bugs: *Antilochus coqueberti* as a Specialist Predator on *Dysdercus* Species. *Entomol. Sci.*, 5, 391-397.
- 87) Kuno, E. (1988): Aggregation pattern of individuals and the outcomes of competition within and between species: Differential equation models. *Res. Popul. Ecol.*, 30, 69-82.
- 88) Kuno, E. (1992): Competitive exclusion through reproductive interference. *Res. Popul. Ecol.*, 34, 275-284.
- 89) Lawton, J. H. and D. R. Strong Jr. (1981): Community patterns and competition in folivorous insects. *Am. Nat.*, 118, 317-338.
- 90) Luttrell, R. G. (1994): Cotton pest management: Part 2. A US perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 39, 527-542.
- 91) Luttrell, R. G., G. P. Fitt, F. S. Ramalho and E. S. Sugonyaev (1994): Cotton pest management: Part 1. A worldwide perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 39, 517-526.
- 92) Mambiri, A. M. and B. M. Khaemba (1988): Susceptibility of *Dysdercus* species Boisduval (Hemiptera: Pyrrhocoridae) to selected synthetic pyrethroids. *Insect Sci. Appl.*, 9, 309-312.
- 93) Marshall, G. A. K. (1902): Five years' observation and experiments (1895-1901) on the bionomics of South African Insects, chiefly directed to the investigation of mimicry and warning colours. *Trans. Entomol. Soc. London*, 3, 287-584.
- 94) 松村松年 (1905): 沖縄産半翅類に就て. *Trans. Sapporo Nat. Hist. Soc.*, 1, 15-38.
- 95) 松村松年 (1913): 新日本千蟲圖解 卷之壹. 警醒社書店, 東京.
- 96) Maxwell-Lefroy, H. (1908): The red cotton bug (*Dysdercus cingulatus* Fabr.). *Mem. Dept. Agric. India (Entomol. Ser.)*, 2, 47-58.
- 97) McLain, D. K. (1984): Coevolution: müllerian mimicry between a plant bug (Miridae) and a seed bug (Lygaeidae) and the relationship between host plant choice and unpalatability. *Oikos*, 43, 143-148.
- 98) Melber, A. (1979): Influence of abiotic factors and physiological conditions on the formation of aggregation in cotton-bugs (*Dysdercus* spp., Heteroptera). *Entomol. Exp. Appl.*, 25, 196-202.
- 99) Melber, A. (1980): Visuelles Orientierungsverhalten von *Dysdercus*-Larven bei der Bildung von Aggregationen und Freßgemeinschaften (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Zool. Jahrbuch. Physiol.*, 84, 107-124.
- 100) Miller, R. M. and H. Dingle (1982): The effect of host plant phenology on reproduction of the milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus*, in tropical Florida. *Oecologia (Berlin)*, 52, 97-103.
- 101) 三輪勇四郎 (1944): 熱地棉作害虫防除汎論. 台湾農業会, 台北.
- 102) 宮本正一・林正美・金城政勝 (1999): 琉球列島産カメムシ数種の学名覚え書き. *Rostria*, 48, 33.
- 103) Miyamoto, S., M. Hayashi and K. Kohno (2003): New records of three pentatomomorphan species (Heteroptera) from the Ryukyu Islands, Japan. *Jpn. J. Syst. Entomol.*, 9, 117-119.
- 104) Miyamoto, S., M. Hayashi and K. Kohno (2005): New records of three pentatomomorphan bugs (Heteroptera) from Japan. *Jpn. J. Syst. Entomol.*, 11, 11-13.
- 105) 宮本正一・安永智秀 (1989): Hemipteraカメムシ目 Heteropteraカメムシ亜目. 日本産昆虫総目録 pp.151-196,

- 九州大学農学部昆虫学教室・日本野生生物研究センター.
- 106) Monteith, G. B. (1982): Dry season aggregations of insects in Australian monsoon forests. *Mem. Queensland Museum*, 20, 533-543.
- 107) Montrouzier, P. (1855): Essay de l'île de Woodlark ou Moïou. *Ann. Soc. agric. Lyon*, (2) 7, 1-114.
- 108) Myers, J. G. (1928): Ethological observations on some Pyrrhocoridae of Cuba (Hemiptera-Heteroptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 20, 279-300.
- 109) 永原慶二 (1990): 新・木綿以前のこと 苧麻から木綿へ. 中公新書963, 中央公論社, 東京.
- 110) Nair, C. R. M. and V. K. K. Prabhu (1985a): The role of feeding, mating and ovariectomy on degeneration of indirect flight muscles of *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *J. Insect Physiol.*, 31, 35-39.
- 111) Nair, C. R. M. and V. K. K. Prabhu (1985b): The role of endocrines in flight-muscle degeneration in *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *J. Insect Physiol.*, 31, 223-227.
- 112) Nair, C. R. M. and V. K. K. Prabhu (1985c): Entry of proteins from degenerating flight muscles into oöcytes in *Dysdercus cingulatus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *J. Insect Physiol.*, 31, 383-388.
- 113) Nakanishi, H. (1988): Dispersal ecology of the maritime plants in the Ryukyu Islands, Japan. *Ecol. Res.*, 3, 163-173.
- 114) 中西弘樹・福本紘 (1985): 石垣島の砂浜植生の成帯構造の成立. 日生態誌, 35, 513-525.
- 115) Neal, J. W. Jr., R. H. Haldemann and T. J. Henry (1991): Biological control potential of a Japanese plant bug *Stethoconus japonicus* (Heteroptera: Miridae), an adventive predator of the azalea lace bug (Heteroptera: Tingidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 84, 287-293.
- 116) 西田隆義 (1999): ボゴール植物園における食植性ホシカメムシと捕食性ホシカメムシの奇妙な関係. 昆虫と自然, 34 (12), 19-23.
- 117) Nishida, T., K. Nakamura and W. A. Noerdjito (2001): Population dynamics of an isolated population of the tropical pyrrhocorid bug, *Melamphaus faber*, feeding on seeds of *Hyndocarpus* trees and the specialist predator, *Raxa nishidai* in Bogor, West Java, Indonesia. *Tropics*, 10, 449-461.
- 118) Ochou, G. O., G. A. Matthews and J. D. Mumford (1998): Farmers' knowledge and perception of cotton insect pest problems in Cote d'Ivoire. *Int. J. Pest Manag.*, 44, 5-9.
- 119) Prasifka, J. R., P. C. Krauter, K. M. Heinz, C. G. Sansone and R. R. Minzenmayer (1999): Predator conservation in cotton: using grain sorghum as a source for insect predators. *Biol. Control*, 16, 223-229.
- 120) Quayum, M. A. and G. Nahar (1980): External morphology of the pyrrhocorid bug, *Antilochus coqueberti* (Fabr.), a predator of *Dysdercus koenigii* (Fabr.). *Bangladesh J. Zool.*, 8, 119-126.
- 121) Ralph, C. P. (1976): Natural food requirements of the large milkweed bug, *Oncopeltus fasciatus* (Hemiptera: Lygaeidae), and their relation to gregariousness and host plant morphology. *Oecologia (Berlin)*, 26, 157-175.
- 122) Ramalho, F. S. (1994): Cotton pest management: Part 4. A Brazilian perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 39, 563-578.
- 123) Ribeiro, J. M. C. and A. Spielman (1986): The Satyr effect: A model predicting parapatry and species extinction. *Am. Nat.*, 128, 513-528.
- 124) Ruberson, J. R., L. Bush and T. J. Fring (1991): Photoperiodic effect on diapause induction and development in the predator *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthocoridae). *Environ. Entomol.*, 20, 786-789.
- 125) Sahayaraj K. and D. P. Ambrose (1995-1996): Short term functional response and stage preference of the reduviid predator *Ectomocoris tibialis* Distant on the cotton stainer *Dysdercus cingulatus* Fabr. *Z. ang. Zool.*, 81, 219-225.
- 126) Sahayaraj, K. and D. P. Ambrose (1997): Field cage evaluation of predator, *Ectomocoris tibialis* Dist. (Heteroptera: Reduviidae) to control *Dysdercus cingulatus* Fab. *J. Insect Sci.*, 10, 65-66.
- 127) 榊原充隆 (2001): カンキツの害虫, ミカントゲカメムシについて. 沖縄県農業試験場研究報告, 23, 64-69.
- 128) Sakashita, T., K. Fujisaki and F. Nakasuji (1995): Environmental factors affecting wing length variation of a stink bug, *Pyrrhocoris sibiricus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 30, 303-308.
- 129) Sakashita, T., F. Nakasuji and K. Fujisaki (1996): Definition of wing form and morphometric traits of the adult stink bug, *Pyrrhocoris sibiricus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 31, 551-556.
- 130) Sakashita, T., F. Nakasuji and K. Fujisaki (1997): Effects of temperature and photoperiod on nymphal development of the stink bug, *Pyrrhocoris sibiricus* Kuschakewitsch (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 32, 153-157.
- 131) Sakashita, T., F. Nakasuji and K. Fujisaki (1998a): Response to selection for different wing forms in the pyrrhocorid bug, *Pyrrhocoris sibiricus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 33, 139-141.
- 132) Sakashita, T., F. Nakasuji and K. Fujisaki (1998b): Correlated response of nymphal period to selection for wing forms in the pyrrhocorid bug, *Pyrrhocoris sibiricus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 33, 143-145.
- 133) Sakashita, T., F. Nakasuji and K. Fujisaki (1998c): Seasonal variation in wing polymorphism of the pyrrhocorid bug, *Pyrrhocoris sibiricus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 33, 243-246.
- 134) Sands, W. N. (1917): Observations on the cotton stainer in St. Vincent. *West Indian Bull. Trinidad*, 16, 236-255.
- 135) Schaefer, C. W. (1964): The morphology and higher classification of the Coreoidea (Hemiptera-Heteroptera): parts I and II. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 57, 670-684.
- 136) Schaefer, C. W. (1972): Degree of metathoratic scent-gland development in the Trichophorus Heteroptera (Hemiptera). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 65, 810-821.
- 137) Schaefer, C. W. (1980): The host plant of Alydinae, with note on heterotypic feeding aggregations

- (Hemiptera: Coreoidea: Alydidae). *J. Kansas Entomol. Soc.*, 53, 115-122.
- 138) Schaefer, C. W. (1993): The Pentatomomorpha (Hemiptera: Heteroptera): an annotated outline of its systematic history. *Europ. J. Entomol.*, 90, 105-122.
- 139) Schaefer, C. W. (1997): The origin of secondary carnivory from herbivory in Heteroptera (Hemiptera). Ecology and evolution of plant-feeding insects in natural and man-made environments (A. Raman ed.). pp. 229-239, International Scientific Publications, New Delhi.
- 140) Schaefer, C. W. (1999): Review of *Raxa* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 92, 14-19.
- 141) Schaefer, C. W. and I. Ahmad (1987): Parasites and predators of Pyrrhocoroidea [Hemiptera], and possible control of cotton stainers by *Phonoctonus* spp. [Hemiptera: Reduviidae]. *Entomophaga*, 32, 269-275.
- 142) Schmidt, E. (1932): Zur Kenntniss der Familie Pyrrhocoridae Fieber II. *Wiener entomol. Zeitung*, 49, 236-281.
- 143) Schouteden, H. (1916): Cas de mimétisme chez les hémiptères africains. *Rev.Zool. Afr.*, 4, 251-258.
- 144) Schuh, R. T. and J. A. Slater (1995): True bugs of the world (Hemiptera: Heteroptera): classification and natural history. Cornell University Press, Ithaca.
- 145) Scudder, G. G. E. and S. S. Duffey (1972): Cardiac glycosides in the Lygaeinae (Hemiptera: Lygaeidae). *Can. J. Zool.*, 50, 35-42.
- 146) Siddiqi J. I. (1988): Behavioural response of the male *Dysdercus cingulatus* Fabr. (Hemiptera: Pyrrhocoridae) towards the female sex pheromone. *Indian J. Entomol.*, 50, 276-278.
- 147) Sillén-Tullberg, B. (1985): Higher survival of an aposematic than of a cryptic form of a distasteful bug. *Oecologia (Berlin)*, 67, 411-415.
- 148) Sillén-Tullberg, B., G. Gamberale-stille and C. Solbreck (2000): Effects of food plant and group size on predator defence: difference between two co-occurring aposematic Lygaeinae bugs. *Ecol. Entomol.*, 25, 220-225.
- 149) Sillén-Tullberg, B., C. Wiklund and T. Järvi (1982): Aposematic coloration in adults and larvae of *Lygaeus equestris* and its bearing on müllerian mimicry: an experimental study on predation on living bugs by the great tit *Parus major*. *Oikos*, 39, 131-136.
- 150) Singh, D. R. and S. S. Tomar (1977): Comparative toxicity list of nine insecticides for laboratory control of *Antilochus coqueberti* Fabr. (Hem., Pyrrhocoridae). *Deutsche Entomol. Z.*, 24, 181-185.
- 151) Southwood, T. R. E. (1962): Migration of terrestrial arthropods in relation to habitat. *Biol. Rev.*, 37, 171-214.
- 152) Srivastava, R. K., G. Gurusubramanian and S. S. Krishna (1995): Postembryonic development and reproduction in *Dysdercus koenigii* (F.) (Heteroptera: Pyrrhocoridae) on exposure to eucalyptus oil volatiles. *Biol. agric. Hort.*, 12, 81-88.
- 153) Stål, C. (1863): Beitrag zur Kenntnis der Pyrrhocoriden. *Berliner entomol. Z.*, 8, 390-404.
- 154) Stål, C. (1870): Enumeratio Hemipterorum: Enumeratio Pyrrhocorinorum. *Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar*, 9 (1), 90-124.
- 155) Starr, C. K. (1989): An illusion of assortative mating in *Dysdercus poecilus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Oriental Insects*, 23, 177-181.
- 156) Stearns, S. C. (1976): Life history tactics: a review of the ideas. *Quart. Rev. Biol.*, 51, 3-47.
- 157) Stehlík, J. L. (1965): Pyrrhocoridae and Largidae collected by E. S. Brown on Solomon Islands. *Acta Musei Moraviae, Scientiae Naturales*, 50, 253-292.
- 158) Stehlík, J. L. and I. M. Kerzhner (1999): On taxonomy and distribution of some Palaearctic and Oriental Largidae and Pyrrhocoridae (Heteroptera). *Zoosystematica Rossica*, 8, 121-128.
- 159) Steinbauer, M. J. (1996): Notes on extra-phytophagous food sources of *Gelonus tasmanicus* (Le Guillou) (Hemiptera: Coreidae) and *Dindymus versicolor* (Herrich-Schäffer) (Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Aust. Entomol.*, 23, 121-124.
- 160) Stride, G. O. (1956a): On the mimetic association between certain species of *Phonoctonus* (Hemiptera, Reduviidae) and the Pyrrhocoridae. *J. Entomol. Soc. South Africa*, 19, 12-28.
- 161) Stride, G. O. (1956b): On the biology of certain West African species of *Phonoctonus* (Hemiptera, Reduviidae), mimetic predators of the Pyrrhocoridae. *J. Entomol. Soc. South Africa*, 19, 52-69.
- 162) Strong, D. R. (1984): Insects on Plants. Community patterns and mechanisms. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London. 313 pp.
- 163) Sugonyaev, E. S. (1994): Cotton pest management: Part 5. A Commonwealth of Independent States perspective. *Annu. Rev. Entomol.*, 39, 579-592.
- 164) Sweeney, R. C. H. (1960): Cotton insect pest investigations in the federation of Rhodesia and Nyasaland. Part II. Cotton stainer investigations. *The Empire Cotton Growing Review*, 37, 32-44.
- 165) Taeuber, H. W. (1927): Beitrage zur Kenntnis der Heteropteran-Fauna der Philippinen. *Konowia*, 6, 165-201.
- 166) Takara, T. (1957): Provisional list of Hemiptera (Heteroptera) in the Ryukyu Islands. *Sci. Bull. Div. Agric., Home Econ. Engin., University of Ryukyu*, 4, 11-90.
- 167) Tanaka, S. I., Imai, C. and Numata, H. (2002): Ecological significance of adult summer diapause after nymphal winter diapause in *Poecilocoris lewisi* (Distant) (Heteroptera: Scutelleridae). *Appl. Entomol. Zool.*, 37, 469-475.
- 168) Tengecho, B. (1994): Distribution and occurrence of some cotton stainers (Hemiptera: Insecta) on different host plant at Masongaleni Machakos district, Kenya. *Insect Sci. Appl.*, 15, 49-54.
- 169) Tengecho, B. and B. M. Khaemba (1998): Effect of diet change on the reproductive parameters of the cotton stainers *Dysdercus cardinalis* and *D. fasciatus* (Hemiptera: Pyrrhocoridae). *Insect Sci. Appl.*, 18, 211-215.
- 170) Usinger, R. L. (1934): Blood sucking among phytophagous Hemiptera. *Can. Entomol.*, 66, 97-100.
- 171) van Doesburg, P. H. Jr. (1968): A revision of the

- new world species of *Dysdercus* Guérin Méneville (Heteroptera, Pyrrhocoridae). *Zool. Verhandelingen*, 97, 1-215.
- 172) von Euw, J., T. Reichstein and M. Rothschild (1971): Heart poisons (cardiac glycosides) in the lygaeid bugs *Caenocoris nerii* and *Spilostethus pandurus*. *Insect Biochem.*, 1, 373-384.
- 173) Walker, E. H. (1976): Flora of Okinawa and the southern Ryukyu Islands. Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.
- 174) Whitfield, F. G. S. (1933): The bionomics and control of *Dysdercus* (Hemiptera) in the Sudan. *Bull. Entomol. Res.*, 24, 301-313, +pls.
- 175) Wickler, W. (1968): Mimicry in Plants and Animals. McGraw-Hill, New York. [羽田節子訳 (1970) 擬態自然も嘘をつく. 平凡社, 東京.]
- 176) Williams, C. B. (1934): The cotton stainer problem. *The Empire Cotton Growing Review*, 11, 99-110.
- 177) Withycombe, C. L. (1924): Factors influencing the control of cotton-stainers (*Dysdercus* spp.). *Bull. Entomol. Res.*, 15, 135-163.
- 178) Wu, K. M. and Y. Y. Guo (2005): The evolution of cotton pest management practices in China. *Annu. Rev. Entomol.*, 50, 31-52.
- 179) 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 (友国雅章 監修). 全国農村教育協会, 東京.
- 180) Youdeowei, A. (1966): Feeding and aggregation in *Dysdercus intermedius* Dist. (Heteroptera, Pyrrhocoridae). *Anim. Behav.*, 14, 589.
- 181) Youdeowei, A. (1967): Observation on some effects of population density on *Dysdercus intermedius* Distant (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Bull. Entomol. Soc. Nigeria*, 1, 18-26.
- 182) Youdeowei, A. (1969): The behaviour of a cotton stainer, *Dysdercus intermedius* Distant (Heteroptera: Pyrrhocoridae) towards models and its significance for aggregation. *Anim. Behav.*, 17, 232-237.
- 183) Zrzavy, J. (1994): Red bugs and the origin of mimetic complexes (Heteroptera: Pyrrhocoridae: Neotropical *Dysdercus* spp.). *Oikos*, 69, 346-352.
- 184) Zrzavy, J. and O. Nedved (1997): Phylogeny of the new world *Dysdercus* (Insecta: Hemiptera: Pyrrhocoridae) and evolution of their colour patterns. *Cladistics*, 13, 109-123.

Ecological Studies on *Dysdercus* True Bugs (Heteroptera, Pyrrhocoridae) and Their Specific Predator *Antilochus coqueberti* (Heteroptera, Pyrrhocoridae)

Katsuyuki Kohno

Summary

Six species of the genus *Dysdercus* (Heteroptera: Pyrrhocoridae), i.e. *D. cingulatus*, *D. solenis*, *D. poecilus*, *D. mesiostigma*, and two species belonging to *D. decussatus* species group (one having a red head is referred as *Dysdercus* sp.1 and another having a black head is referred as *Dysdercus* sp.2 in this text), have been recorded in the Ryukyus, Japan. Among these, *D. cingulatus* is regarded as a serious pest species damaging cotton bolls and seeds in cotton-cultivation areas of tropical and subtropical Asia. *Antilochus coqueberti* (Heteroptera: Pyrrhocoridae), which also inhabits Ishigaki-jima Island, in the Ryukyus, is reported as a predaceous natural enemy against *D. cingulatus*. On the other hand, *A. coqueberti* is also reported as a cotton pest or a herbaceous species. The information on the ecological characteristics of these pyrrhocorid bug species is limited or sporadic even for *D. cingulatus*, which is regarded as a serious cotton pest. Therefore the basic information needed to formulate a strategy to control *D. cingulatus* in cotton fields with reduced chemical pesticide use is minimal, at best. The objectives of this study were to elucidate the life history strategies of three *Dysdercus* species (*D. cingulatus*, *D. poecilus* and *Dysdercus* sp.2) and *Antilochus coqueberti* by observations in the field on Ishigaki-jima Island with special reference to their seasonal host plant and/or habitat use, and to obtain information for the use of *A. coqueberti* as a biological control agent against *D. cingulatus* through experiments elucidating the temperature dependency of development, reproductive characteristics of *Dysdercus* bugs and *A. coqueberti*, and the predatory characteristics of *A. coqueberti* in the laboratory. In addition, the lingering problem with the taxonomy of *D. decussatus* species group is also discussed.

The results of the continuous observation in the field of Ishigaki-jima Island revealed that each *Dysdercus* species exhibits a distinct host plant preference and life history strategy. *D. cingulatus* reproduces robustly from December to the subsequent April using *Hibiscus makinoi* near the mountains of the island as a host plant, and it also reproduces robustly in May and June, using *Chorisia speciosa* and *Bombax ceiba* in road-side plantings as a host plant. However, it reproduces only sporadically from July to November using *Hibiscus syriacus* and *H. rosa-sinensis* in hedges, *H. tiliaceus* and *Thespesia populnea* in beach forests and/or *Abutilon indicum* in wastelands as a host plant. *D. poecilus* reproduces almost year round using *Sida rhombifolia* in pastures, but the reproduction there is not as robust. *Dysdercus* sp.2 inhabits beach forests including *H. tiliaceus* and *Th. populnea* all year-round, reproduces in the summer using *H. tiliaceus* and *Th. populnea* as a host plant, and forms conspicuous aggregations without copulation on the underside of host plant leaves from November to the subsequent May or June. *Dysdercus* sp.1 inhabits the beach forests of Okinawa-jima Island including *H. tiliaceus*, and

exhibits nearly the same seasonal life cycle to that of *Dysdercus* sp. 2. Based on Derr et al.'s (1981) categorization, *D. cingulatus* fits the description of a generalist migrant colonizer, which is intermediate-sized and subsists on a wide array of trees and shrubs that tend to bear seeds with lower oil content than typical arboreal species but are more evenly distributed. *D. poecilus* clearly fits the non-colonizer of Derr et al.'s (1981) categorization: small-sized and reproducing on the seeds of herbaceous weedy annuals, which are the most evenly distributed in space and time. However, *Dysdercus* sp.2 does not fit any of the three categories of Derr et al. (1981). Although this species is intermediate-sized, which is an attribute of a generalist migrant colonizer, it uses typical arboreal species having a relatively limited flowering and fruiting period as a host plant and reduces activity during periods that are unfavorable for reproduction, without typical migration and/or dispersion, which are attributes of a specialist migrant colonizer.

Antilochus coqueberti principally preyed on *D. cingulatus* on Ishigaki-jima Island, but some *Dysdercus* sp. 2 and a few *Riptortus pedestris* were also preyed on by *A. coqueberti*. Younger *A. coqueberti* tended to attack younger *D. cingulatus* and older *A. coqueberti* tended to attack older *D. cingulatus*.

Although *A. coqueberti* reproduced in vegetative stands including *H. tiliaceus* and *Th. populnea* when *Dysdercus* sp.2 reproduced there, *A. coqueberti* reproduced principally at the reproduction sites of *D. cingulatus* on various host plants that were temporally and spatially separated from one another. *A. coqueberti* seemed to suppress the population of *D. cingulatus* in some cases, but the fluctuation of *A. coqueberti* population only followed the fluctuation of *D. cingulatus* population in many cases.

The mortality of *D. cingulatus* during the nymphal period was low when fed seeds of *Ch. speciosa*, *Gossypium arboreum* (cotton plant), *H. makinoi*, *Th. populnea* and *Abelmoschus esculentus* (okra), relatively low when fed seeds of *A. moschatus*, relatively high when fed seeds of *H. tiliaceus* and high when fed seeds of *Abutilon indicum* at 20 to 30°C and in a 14L-10D photoperiod. The nymphal development of *D. cingulatus* was very rapid when fed seeds of *Ch. speciosa*, rapid when fed seeds of *G. arboreum*, *H. makinoi*, *Th. populnea*, *Abelmoschus moschatus* and *A. moschatus*, relatively slow when fed seeds of *H. tiliaceus* and very slow when fed seeds of *Abutilon indicum*. These results indicate that the nymphal development is rapid when fed the host plant seeds that bring about low nymphal mortality, and vice versa. All the estimated lower threshold temperatures for development of *D. cingulatus* were between 13.9 and 14.4°C when fed all examined host plant seeds, with the exception of a case when they were fed seeds of *A. indicum* with missing data at 20°C because of 100% mortality. This may indicate that the difference in food does not affect the lower threshold temperature for development, but simply affects the developmental rate of *D. cingulatus* above the threshold temperature.

D. poecilus successfully emerged when fed seeds of *Sida rhombifolia* at 25°C and 14L-10D photoperiod, but failed to develop at all when fed seeds of *G. arboreum*. This implies that *D. poecilus* as a cotton pest may be based on its misidentification as *D. cingulatus*.

Dysdercus sp.2 fed seeds of *H. tiliaceus*, *H. makinoi* or *Th. populnea* failed to develop at all in the laboratory; this implies that a method of rearing identical to that used for the other two *Dysdercus* species is not suitable for this species.

Although *D. cingulatus* laid a maximum of eight egg batches in the laboratory, most

individuals laid less than two egg batches and the number of eggs in a batch was larger in earlier oviposition; this implies that *D. cingulatus* exhibits a life history strategy of reproducing as early as possible, which is adaptive in a temporary habitat.

Because *A. coqueberti* did not develop at all when fed plant seeds, this species was judged to be a complete predator. When various species of true bugs were provided as putative prey for *A. coqueberti*, all pyrrhocorid and alydid bugs were preyed on by *A. coqueberti*, but no largid, lygaeid, rhopalid or coreid bugs were preyed on at all; this implies that the prey recognition by *A. coqueberti* is independent of the visual appearance of putative prey species and is dependent on the taxonomic unit of the putative prey species, which consisted of at least two monophyletic groups.

A. coqueberti successfully developed at temperatures between 20°C and 30°C and the nymphal mortality was low at temperatures between 22.5°C and 27.5°C. The lower development threshold temperatures of the egg stage and total nymphal stages at a photoperiod of 14L-10D were estimated to be 12.8°C and 12.9°C, respectively. *A. coqueberti* did not exhibit diapause even at a short photoperiod of 10L-14D, and developed rather faster at 10L-14D than at 14L-10D. Copulated female *A. coqueberti* laid the first egg batch 10.7 days after emergence, and laid a total of 601.7 eggs in 10.9 egg batches, consisting of 55.2 eggs in its adulthood life span of 97.2 days. The preovipositional period, adult life span, number of egg batches laid, batch size and total fecundity of uncopulated females did not differ from those of copulated females, and the eggs laid by uncopulated females did not hatch at all; therefore, careful attention must be paid to the occurrence of successful copulation when the insects are reared artificially.

A. coqueberti at each developmental stage exhibited a relatively broad prey size range against *D. cingulatus* when a single prey individual was provided in the laboratory. On the other hand, when two prey individuals of different developmental stages were provided together for a single predator in the laboratory, younger predators tended to attack younger prey and older predators tended to attack older prey. *A. coqueberti* at each nymphal stage consumed more prey during 24 hours when the prey density was higher, but the ratio of consumed prey to total prey available during 24 hours became lower with increasing prey density when they were fed *D. cingulatus* at any developmental stage as prey; that is, *A. coqueberti* of all nymphal stages examined exhibited a Holling's type II functional response, i.e. saturated curve, to prey density, even if the developmental stages of the prey were different. During its nymphal developmental period, *A. coqueberti* killed fewer prey individuals when fed older prey, and more prey individuals when fed younger prey individuals. Therefore *A. coqueberti* of each nymphal stage was judged to have an upper limit in prey consumption during the nymphal stage.

The morphological characteristics, host plants and aggregating behavior during winter of the two species belonging to the *D. decussatus* species group very much resemble each other. Both species have long been believed to broadly inhabit the Ryukyus, Japan. However, only one of the two, i.e. *Dysdercus* sp.2, was discovered during the field survey on Ishigaki-jima Island. The survey in the field and in the museum revealed that *Dysdercus* sp.1 inhabits the Amami and Okinawa island groups, i.e. the northern and central Ryukyus, and Taiwan, and that *Dysdercus* sp.2 inhabits the Miyako and Yaeyama island groups, i.e. the southern Ryukyus, and the Philippines, with only one exception of a *Dysdercus* sp.1 specimen collected on Iriomote-jima Island in the Yaeyama island group. The taxonomical study revealed that *Dysdercus* sp.1 is

identical to *D. sauteri* Schmidt, 1932, of which the type locality is Takao, Taiwan, and that *Dysdercus* sp.2 is identical to *D. simon* Taeuber, 1927, of which the type locality is Mindanao, the Philippines. Both *D. sauteri* and *D. simon* are presently treated as junior synonyms of *D. decussatus* Boisduval, 1835. The evidence that some species treated as junior synonyms of *D. decussatus* are distributed around the South China Sea suggests that *D. decussatus* is a ring species having two ends of its distribution area in the Ryukyus. *Dysdercus* sp.1 and *Dysdercus* sp.2 exhibit parapatric distribution in the Ryukyus. In addition, the interspecific copulation between them occurred easily in the laboratory, but the eggs laid by interspecifically copulated females did not hatch. These findings suggest that the reproductive interference between *Dysdercus* sp.1 and *Dysdercus* sp. 2 exists. The distribution pattern of these two species in the Ryukyus is almost impossible to explain without considering the existence of a mass migration in the past or the continuous migration in the present of *Dysdercus* sp.2 from the Philippines to the Ryukyus.

This study has proved that *D. cingulatus* can use a variety of Malvales species as host plants, and that the mobility of *D. cingulatus* is fairly large. Therefore it was reconfirmed that one of the recommended control strategies against *D. cingulatus* in cotton fields is to remove the wild host plants of *D. cingulatus* from the vicinity of cotton fields as much as possible. Although the results of this study imply that *A. coqueberti* has the ability to control *D. cingulatus* effectively as a specialist predaceous natural enemy, it may be necessary to release artificially reared predators to obtain more certain effects. Although chemical control against *D. cingulatus* on wild host plants is not a practical method because the side effects against non-target animals would be great, *A. coqueberti* can be a candidate as a biological control agent on wild host plants because the predator works very specifically. The development of an artificial diet will be necessary for efficient artificial mass rearing of *A. coqueberti*. For these purposes, identification of olfactory compounds that can trigger the predatory behavior of *A. coqueberti* will be necessary.

It was judged that *D. poecilus* and *Dysdercus* sp. 2 need not be regarded as important cotton pests.