

環動昆

原 著

福井昌夫：ハイイロゴキブリ雄による未成熟個体に 対する求愛発音 (英文)	87
岩井大輔：寄主植物のシロネの空間分布とオオルリハムシによる 生息場所利用	93
村上健二郎・野下浩二・森 直樹・桑原保証：無気門亜目ダニ類の 化学生態学 第80報。警報フェロモンを分泌する未定種 ネダニ(ダニ目：コナダニ科) から雌性フェロモンとしての γ-アカリジアール (3-ヒドロキシベンゼン-1,2- ジカルバルデヒド) の同定 (英文)	99
板倉修司・奥田純子・宇田川加苗・田中裕美・榎 章郎： 地下生息性シロアリであるイエシロアリと ヤマトシロアリの栄養価 (英文)	107

解 説

杉本 毅：特殊害虫アリモドクゾウムシの根絶 —外来生物問題に関連して	117
第16回環境アセスメント講演会参加印象記	123
会 報	124
投稿規定	126
会 則	129

Vol. 17

3

2006

日本環境動物昆虫学会

Courtship Stridulation by the Male Cockroach, *Nauphoeta cinerea* (Olivier) (Dictyoptera: Blaberidae) toward Teneral Adults and Nymphs

Masao Fukui

Laboratory of Insect Physiology, Graduate School of Agriculture, Kyoto University,
Sakyo, Kyoto 606-8502, Japan

(Received May 30, 2006 ; Accepted August 11, 2006)

Abstract

Courtship stridulation by sexually mature male cockroaches, *Nauphoeta cinerea* (Olivier), toward sexually mature but unreceptive females was first reported by Hartman and Roth. The above finding was confirmed in the present study: sexually mature males produced stridulation sounds by rubbing the pronotum against the costal veins after they repeatedly showed courtship wing-raising behavior toward sexually mature but unreceptive females. The males also showed courtship stridulation toward teneral adult males and last instar nymphs of both sexes after courting them. The courtship stridulation sounds produced by the males toward the unreceptive mature females and teneral adults and last instar nymphs of both sexes were recorded, and subsequently a frequency analysis of the sounds was performed. The acoustic properties of the analyzed sounds were coincident with Hartman and Roth's data. Consequently, mature males assumed likely recognize teneral adults and last instar nymphs of both sexes as mature adult females, i.e., they mistake the teneral insects as courtship partners. However, it is suggested that mature males can discriminate between post-teneral adults and last instar nymphs.

Key words : *Nauphoeta cinerea*, Adult male cockroach, Teneral adult, Teneral last instar nymph, Courtship stridulation

Introduction

Sound production of cockroaches is known in many species. It often occurs during courtship, in defense of territory and in anti-predator defense (Barth, 1968; Dumortier, 1965; Ziegler, 1972; etc.). Based on the literature so far published, Roth and Hartman (1967) classified the sound production process of cockroaches into five groups. Two of them are found in several species belonging to the Oxyhaloinae and Pnachlorinae of the Blaberidae, which possess spiracular sound producing organs or distinctive stridulating structures. Other cockroaches, that do not possess structured organ(s), produce sounds by rubbing the abdomen against the wings, tapping the substrate, and striking the wings against the abdomen (Roth and Hartman, 1967). Cockroaches with structured organs make sounds in the latter manner.

Detailed behavioral and acoustical studies on the

function of sound production using the Giant Madagascar cockroach, *Gromphadorhina portentosa* (Oxyhaloinae), which possess spiracular sound production organs, led to unusual findings. Adult males hiss for intraspecific communication during aggressive encounters, courtship, and copulation. When disturbed, the adults and nymphs of both sexes also emit hisses (Nelson and Fraser, 1980). Hartman and Roth (1967 a, b) observed courtship stridulation in *Nauphoeta cinerea* (Oxyhaloinae) males, and stated that courtship stridulation is a useless function and may represent a stage of evolution prior to its becoming sexually meaningful to females (Roth and Hartman, 1967). In a previous paper (Fukui and Takahashi, 1991), we briefly indicated that the sexually mature males show courtship stridulation toward teneral adults and nymphs of both sexes. This sound production, therefore, clearly results from the misidentification of teneral insects as sexually mature females by sexually

mature males through antennal contact.

In this report, I describe the details of the courtship stridulation by sexually mature males (20-day-old) toward teneral males and females, and the results of analyses of the courtship stridulation sounds.

Material and Methods

Insects.

Astock population of *Nauphoeta cinerea* was reared on mouse food MF R (Oriental Yeast Co.) under controlled conditions (LD 14:10, $26 \pm 1^\circ\text{C}$, 60% r.h.). Newly moulted final instar nymphs (possible to sex after this stage by external morphological characteristics), and emerged adults were removed every day from cultures containing large numbers of nymphs, and kept separately according to sex in plastic boxes ($21 \times 27 \times 10$ cm), and with ad libitum food and water until use. The insect's age in hours and days was counted with the hour and the day of the ecdysis as the zero hour and day.

Observation and analyses.

Interactions between four insects (two sexually mature 20-day-old males, and two teneral and/or post-teneral insects of adults and/or last instar nymphs of both sexes) were recorded with video-equipment (a camera, HV-16S HITACHI, and a video recorder, SV-512 Shibaden (Tokyo)) in a tray ($20 \times 24 \times 4$ cm) for 30 min in duplo. Video-recordings were analyzed in order to construct behavioral interactions. Stridulation sounds produced by the adult males toward teneral insects were recorded at a distance of 2 cm dorsally from the stridulating male using a Sony Dat recorder (TCD-D8) and a B & K sound level meter (Type 2236) equipped with a B & K microphone (Type 4188, frequency response = 20 Hz to 20 kHz) in a glass pot (11 cm in diameter, 7 cm in height). The sounds were then recorded as AIFF sound files on the hard disk of a Macintosh Powerbook computer via a YAMAHA digital recording processor (CBX-D3; sampling rate 44.1 kHz). Finally, the analysis of a time-amplitude wave form and spectrogram was performed on a computer using Canary (V. 1.2.4) from Cornell Laboratory of Ornithology (Bioacoustics Research Program) (Charif *et al.*, 1995). All observations and recordings were carried out in an experimental room under the illumination of 20-30 lx (Minolta digital light meter T-1) provided by red lights during the afternoon (14:00–17:00). The experimental room was also controlled at $26 \pm 1^\circ\text{C}$ and $60 \pm 10\%$ r.h.).

Some behavioral observations and recordings of courtship stridulation sounds were described in detail in a previous paper (Fukui and Takahashi, 1991).

Results and Discussion

1. Videotape recording and analysis of behavior.

Two sexually mature males (20-day-old) and two adult(s) and/or last instar nymph(s) (teneral and/or post-teneral; henceforth nymph indicates the last instar) were introduced into a tray in which their mutual interactions were videotaped. A total of 12 videotaped interactions were analyzed, and then each of the interactions was constructed from videotapes. In order to prove the possibility of sex and nymph discrimination by the mature males, some of the interactions were previously reported in a paper (Fukui and Takahashi, 1991).

In this section, I describe two representatives of behavioral patterns of *Nauphoeta cinerea* below, in order to clearly show the details of courtship stridulation by males toward teneral adults and nymphs of both sexes.

Stridulation behavior by sexually mature males toward teneral adult females (Fig. 1-1)

5.8 s: (Event time, time after the start of a series of event recordings). The #2 adult sexually mature male (20-day-old) first courted the #3 teneral female (3-hour-old) after antennal contact. However, she did not respond to his wing-raising behavior. So he returned and faced her, and then touched her antennae and body with his antennae. Again he showed the wing-raising behavior toward her. However, she still did not respond to his behavior. One more antennal contact and wing-raising behavior toward her by the #2 male was observed. However, the teneral female did not respond by mounting or feeding on his tergum in response to his behavior.

47.1 s: The adult male (#2) lowered his wings, touched the #3 female antennae and/or body with his antennae, and then began to produce the courtship sound by rubbing his abdomen toward her for about 20 s.

71.3 s: Subsequently, he assumed the position of the wing-raising behavior toward her. After that, he again produced the sound in the same way as described above. However, the teneral female (#3) did not respond toward his repeated courting behavior.

During this observation period, the #1 mature adult male (20-day-old) and the #4 teneral adult female (3-hour-old) had not moved.

Stridulation behavior by sexually mature males

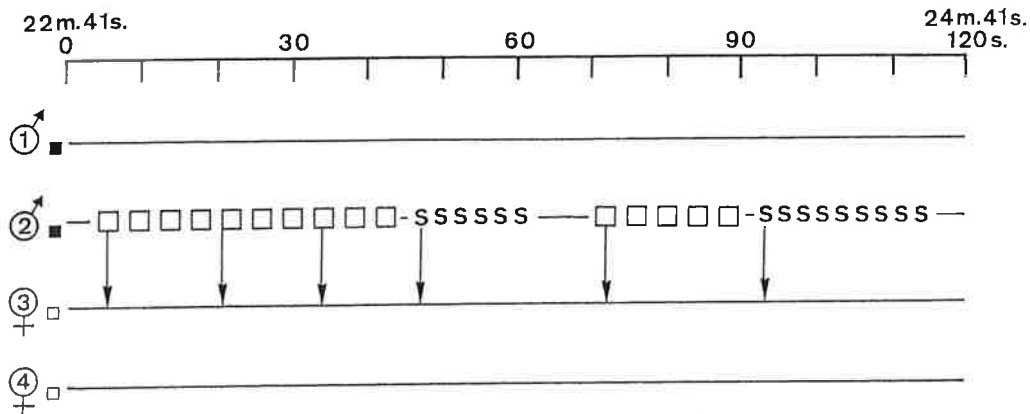


Fig. 1-1. Behavioral interactions showing stridulation behavior by sexually mature males toward teneral adult females. Mature insects are shown by sex symbols with a small solid square. Teneral insects are shown by sex symbols with a small open square. Each arrow indicates initiation of behavior; behavior from an actor to a reactor is indicated by the direction of the arrow. Solid triangle: aggressive behavior; open square: wing raising behavior by mature male; bold S: stridulation behavior by mature male

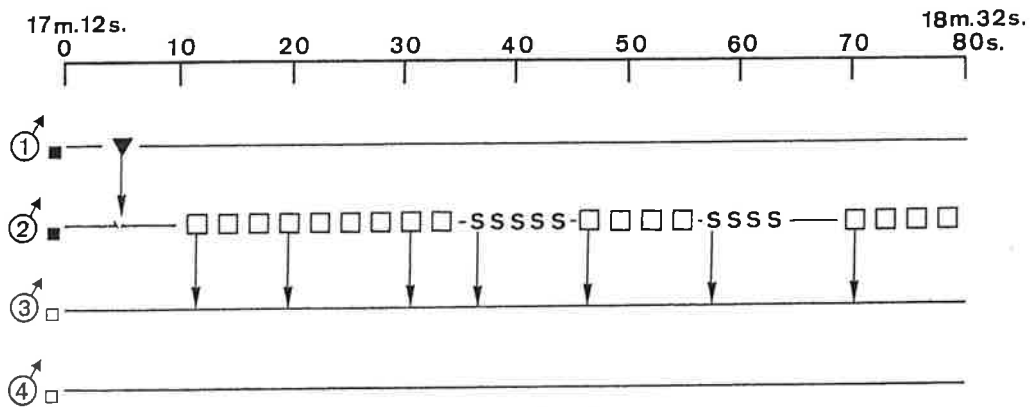


Fig. 1-2. Behavioral interactions showing stridulation behavior by sexually mature males toward teneral adult males. For other details, refer to **Fig.1-1**.

toward teneral adult males (**Fig. 1-2**)

5.0 s: An adult sexually mature male (#1: 20-day-old) encountered and showed aggressive behavior toward another sexually mature male (#2: 20-day-old), that is, the former bit the latter's wing. The #2 male ran away to avoid the aggressive biting by the #1 male.

11.5 s: The #2 mature male met the #3 teneral male (3-hour-old) and touched the latter's antennae and body with his antennae. The #2 male raised his tegmina and wings, and turned and exposed his turgum toward the #3 teneral male. The #3 male, however, did not respond by licking the turgum of the #2 mature male.

19.9 s: The repeated wing-raising behavior of the #2 mature male toward the non-responding #3 teneral male was observed for about 10 s. After that, two more courtship behaviors and consequent stridulation behaviors by the #2 mature male continued for 30 s.

Since the #3 teneral male did not respond by licking the dorsal abdomen of the #2 male raising his wing; the #2 mature male stopped the stridulation and left the #3 male.

70.4 s: The #2 mature male again approached the #3 teneral male, touched the latter's antennae with his antennae, and showed wing-raising behavior toward the latter. However, the #2 mature male lowered his wings because mounting and dorsal licking by the #3 male did not occur. After this, the #2 male never again elicited this behavior.

Courtship stridulation by the males in *N. cinerea* toward sexually mature but unreceptive females was first reported by Hartman and Roth (1967a,b). Their findings were confirmed by our observations (Fukui and Takahashi, 1991). As shown in **Figs. 1-1, 1-2**, it was found that mature males also showed courtship

wing-raising behavior toward immature teneral adults of both sexes. The males produced the courtship sounds after repeating wing-raising behavior toward them (Figs. 1-1, 1-2). A misidentification response (wing-raising behavior and courtship stridulation) by mature males toward teneral adult males was not shown toward males of more than 10-day-old. Toward post-teneral males of various ages (10-day to 60-day-old), mature males behaved aggressively. Often they bite, chase and antennate mutually (Fukui and Takahashi, 1991). Finally, dominance hierarchical relationships were established between them, and one of them took a dominant, and the other a subordinate posture (Ewing, 1967). The misidentification response by mature males was also observed toward teneral nymphs (3- to 12- hour-old) of both sexes (Table 1). They showed courtship behavior to 3- to 12-hour-old males and females, but were not elicited toward post-teneral nymphs of both sexes. In contrast with aggressive behavior to post-teneral adult males, the mature adult males did not respond conspicuously to post-teneral nymphs (Fukui and Takahashi, 1991).

The following chemical evidence supports the above results. Immediately after the final ecdysis, teneral adult females are already covered with cuticular wax of a mixture of hydrocarbons that has a wing-raising stimulant activity and female recognition pheromone toward sexually mature males (Fukui and Takahashi, 1983a,b). Conversely, males and nymphs of both sexes immediately after ecdysis are also covered with a mixture of hydrocarbons as a wing-raising stimulant,

whose composition was identical with that of females (Fukui and Takahashi, 1983b; 1999). Sexually mature males (20-day-old) did not show any courtship behavior toward adult males and nymphs after the teneral period. They behaved discriminatingly toward post-teneral insects: aggressive behavior toward post-teneral males and no conspicuous courtship or aggressive behavior toward post-teneral nymphs of both sexes (Fukui and Takahashi, 1991). As males mature, an intermale recognition pheromone is deposited on the male's body surface, and a nymph recognition pheromone on the nymph's body surface (Fukui and Takahashi, 1983b; 1999) as a specific signal, which is perceived by mature males through antennal contact. Each contact pheromone depressed the function of the mixture of hydrocarbons as wing-raising stimulants (Fukui and Takahashi, 1983; 1999; Takahashi and Fukui, 1983).

2. Sound recording of courtship stridulation.

Sexually mature 20-day-old males produced sounds by stridulation toward teneral insects that did not respond to the wing-raising behavior by the males, as described in the previous section (Figs. 1-1, 1-2; Fukui and Takahashi, 1991). In order to analyze the detailed sound properties, stridulation sounds of mature males toward teneral or post-teneral insects in a glass pot were recorded. Subsequently, the properties of the sounds were compared with the data of Hartman and Roth (1967a,b).

Stridulation sounds of sexually mature males were

Table 1 Courtship stridulation by post-teneral males and it's measured characteristics.

+ Object insect ¹⁾	Observed ²⁾ stridulation	Maximum sound ³⁾ pressure level (dB)	Frequency range (kHz)
Teneral adult female	6/10	64.3	0.2 - 15.5
Post-teneral	8/10	64.0	0.1 - 15.1
Teneral adult male	7/15	65.5	0.1 - 15.1
Post-teneral	0/8	-	-
Teneral nymph female	5/10	66.0	0.2 - 14.9
Post-teneral	0/8	-	-
Teneral nymph male	6/10	63.2	0.2 - 14.9
Post-teneral	0/8	-	-

1) Age of teneral insects = 3-hour-old, Age of post-teneral nymphs = 10-day-old, Age of post-teneral adults = 20-day-old.

2) No. of observed stridulations / No. of used pairs (20-day-old. post-teneral male as object insect)

3) Only the maximum date were cited. All observations and recordings of stridulations were performed in the glass pot.

observed toward teneral insects and sexually mature but unreceptive adult females (Table 1). The sounds had a broad frequency spectrum, as indicated by the FFT spectrum (Fig. 2). The sound properties analyzed were coincident with the data shown by Hartman and Roth (1967a,b); that is, frequencies up to ca. 15 kHz with intensities ca. 60 dB. Other sound properties measured did not show significant differences among the tested insects (Table 1). In order to reveal whether the recorded courtship stridulation sounds motivate females to respond to courting adult males, the recorded sounds were played back toward sexually mature females. However, none of these 12 tested females responded to the playback sounds. Roth and Hartman (1967) already discussed this same result, and they concluded that the courtship stridulation in sexually mature males may represent a stage of evolution prior to its becoming sexually meaningful to the females. I also conclude that this behavior by the male is not effective in the communication system of *Nauphoeta cinerea*, though it is known as a typical example that the giant Madagascar cockroach, *G. portentosa* transfers meaningful messages to other conspecifics using sound production (Nelson and Fraser, 1980).

In conclusion, sound production behavior in *N. cinerea*

males is programmed to stimulate sexually mature but unreceptive females receptive toward the male's courting, although this was not effectively perceived by the females. On the other hand, eliciting the wing-raising and subsequent sound production in the response of mature males toward teneral insects may have an adaptive meaning to protect a weak body. By eliciting courting behavior, mature males never invite aggressive behavior. Teneral insects, whose bodies are structurally weak until sclerotized, but possessing the cuticular wax courting stimulant, may be able to defend themselves against aggression (biting body, legs and antennae) by mature males. Distinct behavioral changes in mature males toward males and nymphs after sclerotization would be explained by the confirmation of intermale and nymph recognition pheromone(s) on their body surfaces.

References

- Barth, R. H., Jr. (1968) The mating behavior of *Gromphadorhina portentosa* (Schaum) (Blattaria, Blaberoidea, Blaberidae, Oxyhaloinae): An anomalous pattern for a cockroach. *Psyche* (Cambridge) 75 : 124–131.
- Charif, R. A., S. Mitchell and C. W. Clark (1995) Canary

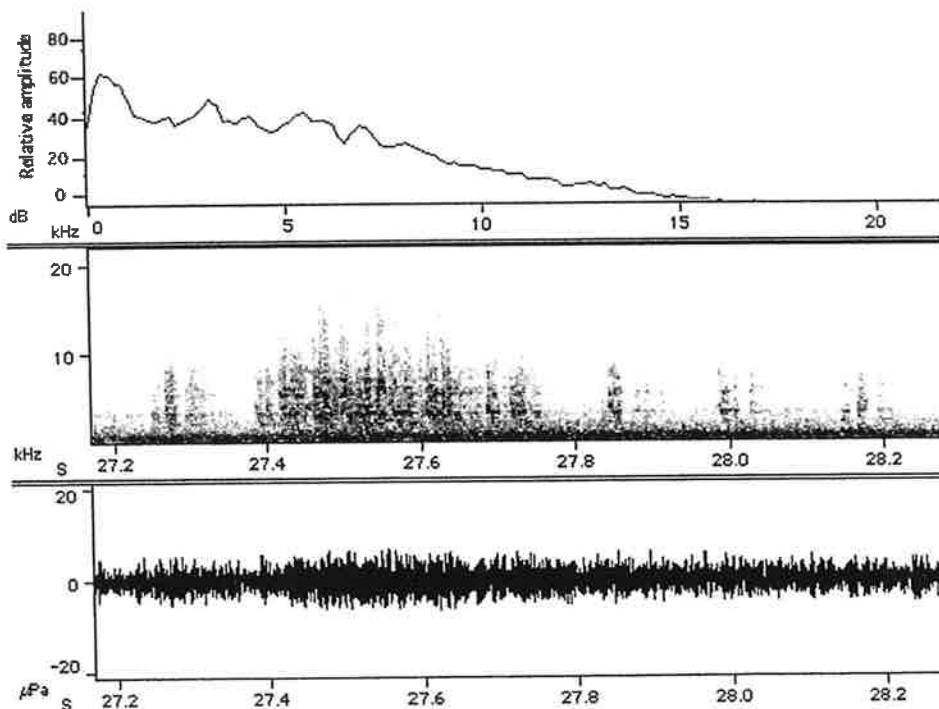


Fig. 2. Spectrum (top), spectrogram (middle) and wave form (bottom) of the courtship stridulation produced by a sexually mature male toward a sexually mature but unreceptive female.

- 1.2 User's Manual. Cornell Laboratory of Ornithology, Ithaca, NY.
- Dumortier, B. (1965) L'emmission sonore dans le genre *Gromphadorhina Brunneri* (Blattodea, Perisphaeridae), etude morphologique et biologique. *Bull. Soc. Zool. Fr.* 90 : 89 - 101.
- Ewing, L. S. Fighting and death from stress in a cockroach. *Science* 155 : 1035 - 1036.
- Fukui, M. and S. Takahashi (1983a) Studies on the mating behavior of the cockroach, *Nauphoeta cinerea* (Olivier) (Dictyoptera: Blaberidae). III. Isolation and identification of intermale recognition pheromone. *Appl. Entomol. Zool.* 18: 351-356.
- Fukui, M. and S. Takahashi (1983b) Studies on the mating behavior of the cockroach, *Nauphoeta cinerea* (Olivier) (Dictyoptera: Blaberidae). *Mem. Coll. Agr., Kyoto Univ.* 122 : 25 - 36.
- Fukui, M. and S. Takahashi (1991) The possibility of the sex and nymph discrimination by the male cockroach, *Nauphoeta cinerea*. *J. Ethol.* 9 : 57 - 66.
- Fukui, M. and S. Takahashi (1999) Characterization of the nymph recognition pheromone of a cockroach, *Nauphoeta cinerea* (Olivier) (Dictyoptera: Blaberidae), that depresses wing-raising activity in adult males. *Appl. Entomol. Zool.* 34 (1) : 39 - 47.
- Hartman, H. B. and L. M. Roth (1967a) Stridulation by a cockroach during courtship behavior. *Nature* 213 : 1243 - 1244.
- Hartman, H. B. and L. M. Roth (1967b) Stridulation by the cockroach *Nauphoeta cinerea* during courtship behavior. *J. Insect Physiol.* 13 : 579 - 586.
- Nelson, M. C. and J. Fraser (1980) Sound production in the cockroach, *Gromphadorhina portentosa*: evidence for communication by hissing. *Behav. Ecol. Sociobiol.* 6 : 305 - 314.
- Roth, L. M. and H. B. Hartman (1967) Sound production and its evolutionary significance in Blattaria. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 60 : 740 - 752.
- Takahashi, S. and M. Fukui (1983) Studies on the mating behavior of the cockroach, *Nauphoeta cinerea* (Olivier) (Dictyoptera: Blaberidae). IV. Synthesis and biological activity of Nauphoetine and related compounds. *Appl. Entomol. Zool.* 18 : 357 - 360.
- Ziegler, R. (1972) Sexual- und Territorialverhalten der Schabe *Gromphadorhina brunneri* Butler. *Z. Tierpsychol.* 31 : 531 - 541.

ハイイロゴキブリ雄による未成熟個体に対する求愛発音

福井昌夫 (京都大学農学研究科昆虫生理学分野)

性的成熟したハイイロゴキブリ雄が、性的成熟しているが雄を受け入れる状態にない雌に求愛発音を示すことが Hartman と Roth (1967) によって報告された。著者は上の報告、すなわち、雄が雌に求愛行動を示した後、上翅前縁部を前胸背板と摺り合わせて摩擦音を出すことを、確認した。性成熟した雄は、十分に成熟していない成虫雄と雌雄の終齢若虫に求愛後求愛発音を示した。これらの求愛発音の対象になったステージの個体に対して雄が示した求愛発音を録音し、その周波数分析を行った。音の特性は凡よそ 60 dB の強さを持った約 15 kHz の周波数を示し、Hartman と Roth のデータに一致した。従って、性成熟した雄は十分に成熟していない成虫と終齢若虫の雌雄を、実際には配偶相手と誤認しているのだが、成熟した雌と認識しているように思われた。しかしながら、成熟した成虫の雌雄と終齢若虫の識別が出来ることが議論されている。

寄主植物のシロネの空間分布とオオルリハムシによる生息場所利用

岩井 大輔

〒330-0856埼玉県さいたま市大宮区三橋1-157-202

(受領 2006年5月16日; 受理 2006年9月14日)

Spatial Distribution of Host Plant, *Lycopus lucidus* Turcz. and Habitat Utilization by *Chrysolina virgata* (Motschulsky) (Coleoptera : Chrysomelidae). Daisuke Iwai. 157-202, 1-chome, Mihashi, Omiya-ku, Saitama, Saitama 330-0856, Japan

Abstract

A field study was carried out on habitat utilization by *Chrysolina virgata* (Motschulsky) at the Watarase Retarding Basin in Tochigi Prefecture, central Japan. The host plant, *Lycopus lucidus* Turcz. was grown mostly in the place where the relative height above water level was comparatively low. The number of adult beetles and egg-masses was related to the host plant density, and those densities were high in the place where the host plant density is high. The move distance of adult beetles was short and movement was restricted by the road. These results suggest that the wide-ranging protection of the locality of the host plant is required for the conservation of *C. virgata*.

Key words : *Chrysolina virgata*, *Lycopus lucidus*, Habitat utilization, Conservation

栃木県の渡良瀬遊水地で、オオルリハムシによる生息場所利用について野外調査を行った。寄主植物のシロネは水面からの比高が比較的低い場所に生育していた。成虫個体数および卵塊数は、寄主植物の生育密度と関係があり、寄主植物の密度が高い場所で多かった。成虫の移動距離は短く、移動は舗装路によって制限された。これらの結果から、オオルリハムシの保全のためには、寄主植物の生育する立地を広く確保することが重要であることが示唆された。

はじめに

湿地は、水域から陸域への移行帯に多種の植物から構成される植生が形成され、様々な動物に食物資源や生息適地を提供するので、生物多様性の高い場所である。しかし、干拓や埋め立て、人工護岸、水質汚濁などによって、湿地そのものの消失や野生生物の生育・生息場所としての機能の低下が起こっている(角野・遊磨, 1995)。日本国内の湿地は、1850年から1985年の間に1610 km²から730 km²に減少している(氷見山, 1995)。

オオルリハムシ *Chrysolina virgata* (Motschulsky) は、湿地に生育するシロネ *Lycopus lucidus* Turcz. とヒメシロネ *Lycopus maackianus* (Maxim.) Makino を主な寄主植物として利用する(Takizawa, 1978; 岩井・八木, 2003)。日本国内では本州と佐渡島(木元・滝沢, 1994)および九州(宮田, 2003)で確認されているが、その分布は局地的であり、生息場所となっている河川、

湖沼、放棄水田等の湿地は、人為的な破壊や改変にさらされている(林ほか, 2003; 岩井・八木, 2003)。2000年に環境庁から公表された昆虫類レッドリストで、本種は「DD(情報不足)」として掲載されている(環境庁, 2000)。

種の保全のためには、個体群が存続するために必要な環境条件を明らかにしなければならない(鷺谷・矢原, 1996)。一般に植食性昆虫は寄主植物の範囲に限られており(Bernays and Chapman, 1994)、食性の幅の狭い植食性昆虫の個体群動態に寄主植物の分布様式や密度は影響を及ぼす(大串, 1993)。そのため、オオルリハムシのような植食性昆虫の保全を考える上で、寄主植物の存在様式と植食性昆虫による生息場所利用の関わりについて情報を蓄積することは重要である。

本研究では、オオルリハムシの寄主植物であるシロネの生育する立地環境、成虫個体数および卵塊数とシロネの生育密度、成虫の移動について調査を行い、寄主植物

の空間分布とオオルリハムシによる生息場所利用を明らかにしようとした。

調査地および方法

1. 調査地

調査は、栃木県藤岡町内野の渡良瀬遊水地に調査区を設定して行った (Fig. 1)。渡良瀬遊水地は渡良瀬川、思川、巴波川の合流地点に位置し、栃木、茨城、群馬、埼玉の4県にまたがる面積 33 km²、標高 15 m 前後の遊水地で、遊水地内はヨシ原が広がり、池が点在している。本調査地では、オオルリハムシの成虫によるシロネの葉の摂食と産卵および幼虫による葉の摂食が確認されている (岩井・八木, 2003)。



Fig. 1 Location of the study site.

2. 調査方法

(1) シロネの生育する立地環境

遊水地内の池の水際線と直交するように8本の帯状調査区を5m以上離して設定した。帯状調査区に沿って1m間隔で測定点を配置し、1本の帯状調査区あたり5~9個の50cm×50cm方形区を設置し、全方形区数を57個とした。方形区内のシロネの茎の本数を記録した。石川(1988)は扇状地を流れる河川で個々の植物の生育が水面からの比高や表層堆積物の粒度組成によって規定されることを示している。本調査で、水面からの比高と粒度組成を定性的に示す土性をシロネの生育する立地環境の測定項目とした。斜面測量器(新潟精機社製)を用いて、測定点ごとに、池の水際線側に隣接する測定点に対する傾斜角を求め、その結果から池の水面に対する比高を算出した。方形区ごとに土性をペドロロジー学会(1997)に従って野外で判定した。調査は2004年5月24日に実施した。

(2) 成虫個体数および卵塊数とシロネの生育密度

遊水地内の池の水際線から5m×5mの調査区を設け、調査区内を1m×1mの25個の小区画に分割した。2004年5月24日に小区画ごとのオオルリハムシの成虫個体数とシロネの茎の本数、2004年7月11日に小区画ごとのオオルリハムシの卵塊数とシロネの茎の本数を記録した。オオルリハムシの卵塊は、すべてシロネの葉に産み付けられていたので、シロネの茎ごとに記録した。

(3) 成虫の移動

遊水地内の2.5m幅の舗装路の両側に30mの帯状調査区(調査区A, 調査区B)を設け、各調査区内を1m×1mの連続した小区画に分割した (Fig. 2)。調査区内はシロネを含む植物群落が連続していた。2004年6月5日に全小区画において捕獲したオオルリハムシの成虫68個体(調査区Aが32個体, 調査区Bが36個体)に個体識別標識を施して、捕獲した小区画に放逐した。3日後の6月8日に再捕獲した。個体識別標識はオオルリハムシの成虫の鞘翅部に速乾性油性ペンで施した。

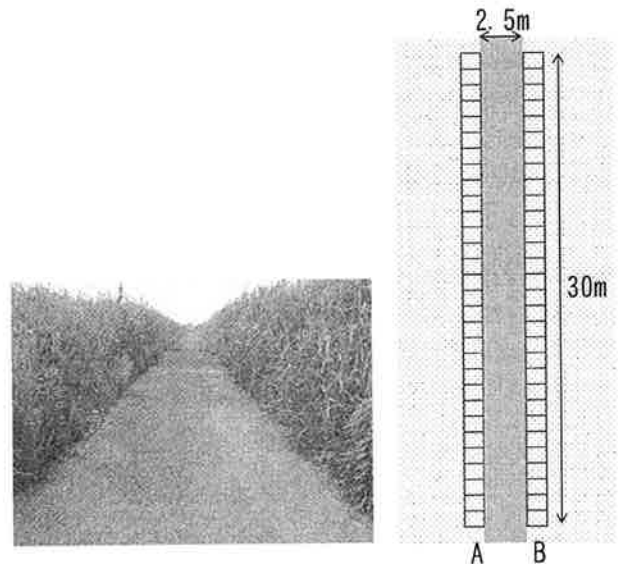


Fig. 2 Sampling area of the mark-recapture study within the Watarase Retarding Basin.

結 果

1. シロネの生育する立地環境

水面からの比高と方形区内のシロネの茎の本数の関係を Fig. 3 に示した。方形区の水面からの比高の最大は80cmであったが、シロネは比高40cm未満で確認され、比高40cm以上では確認できなかった。シロネの茎の本数は比高10cmから20cmで最も高かった。表層土壌の土性はすべての方形区で壤土であった。

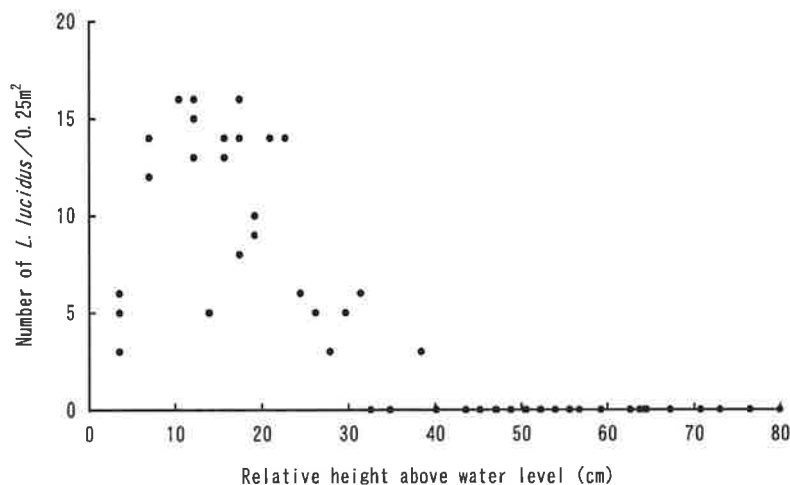


Fig. 3 Relationship between the number of *Lycopodium lucidus* and relative height above water level.

2. 成虫個体数および卵塊数とシロネの生育密度

調査区内で確認したオオルリハムシの成虫個体数は 48 個体であった。小区画あたりの成虫個体数ごとに整理し、頻度分布を Fig. 4 に示した。25 の小区画のうち成虫を確認した小区画の数は 14 区画であった。小区画あたりの成虫個体数の平均値は 1.92、バリエーションは 4.63 で、バリエーションと平均値の比は 2.41 と 1 よりも大きく、集中分布を示した (F 検定: $F=1.79$, $P<0.01$)。小区画あたりのシロネの茎の本数、オオルリハムシの成虫個体数の空間配列とその関係を Fig. 5, Fig. 6 に示した。シロネの茎の本数の多い区画は、ランダムに点在してい

るのではなく中央付近に集中した空間配列であった。シロネの茎の本数の多い区画とオオルリハムシの成虫個体数の多い区画の空間配列は対応していた。シロネの茎の本数とオオルリハムシの成虫個体数の間に正の相関がみられた (スピアマンの順位相関分析: $r=0.914$, $P<0.01$)。オオルリハムシの成虫を確認した 14 の小区画について、成虫個体数 (y) のシロネの茎の本数 (x) に対する回帰

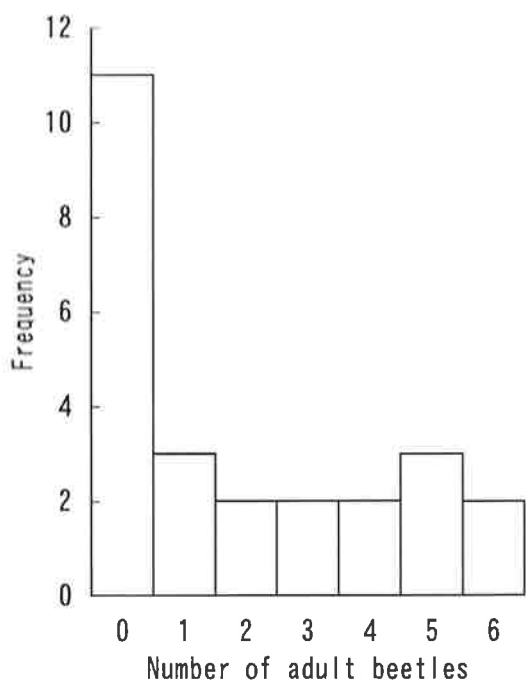


Fig. 4 Frequency distribution of the number of adults of *Chrysolina virgata* per 1×1 m quadrat.

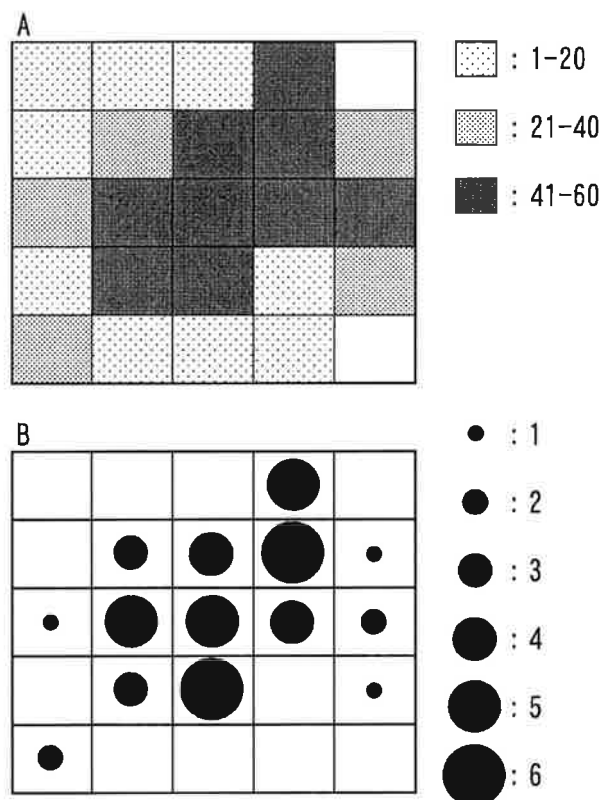


Fig. 5 Spatial distribution of the number of *Lycopodium lucidus* (A) and the number of adults of *Chrysolina virgata* (B) in each 1×1 m quadrat.

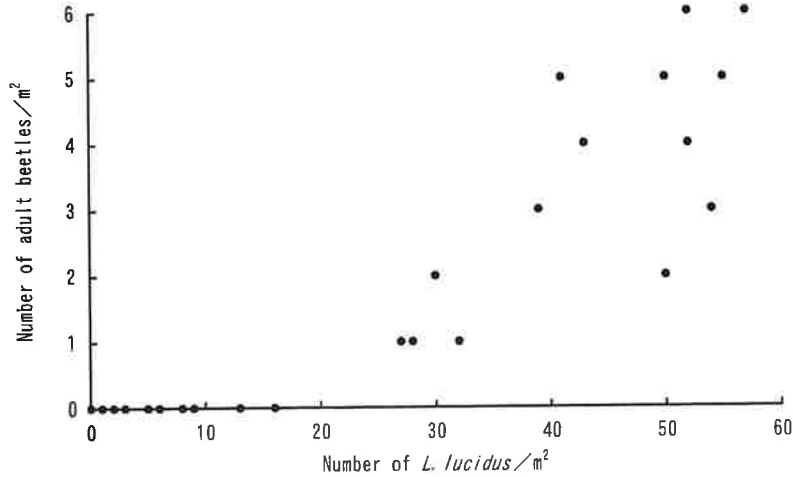


Fig. 6 Relationship between the number of adults of *Chrysolina virgata* and the number of *Lycopus lucidus*.

直線を求めると、 $y=0.132x-2.31$ が得られた。x軸との交点のシロネの茎の本数を求めたところ、17.5本が得られた。

調査区内で確認したオオルリハムシの卵塊数は41個であった。41個の卵塊の卵粒数は、平均14.5個（最小8個、最大18個）であった。小区画あたりの卵塊数ごとに整理し、頻度分布をFig. 7に示した。25の小区画のうち卵塊を確認した小区画の数は14区画であった。小区画あたりの卵塊数の平均値は1.64、バリエーションは3.11で、バリエーションと平均値の比は1.87と1よりも大きく、集中分布を示した（F検定： $F=1.79$ 、 $P<0.01$ ）。小区画あたりのシロネの茎の本数、オオルリハムシの卵

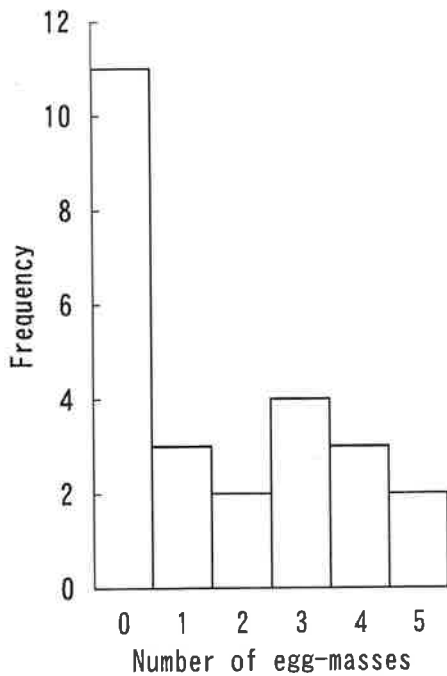


Fig. 7 Frequency distribution of the number of egg-masses of *Chrysolina virgata* per 1×1 m quadrat

塊数の空間配列とその関係をFig. 8, Fig. 9に示した。シロネの茎の本数の多い区画は、ランダムに点在しているのではなく中央付近に集中した空間配列であった。シロネの茎の本数の多い区画とオオルリハムシの卵塊数の多い区画の空間配列は対応していた。シロネの茎の本数とオオルリハムシの卵塊数の間に正の相関がみられた（スピアマンの順位相関分析： $r=0.902$ 、 $P<0.01$ ）。オオルリハムシの卵塊を確認した14の小区画について、卵

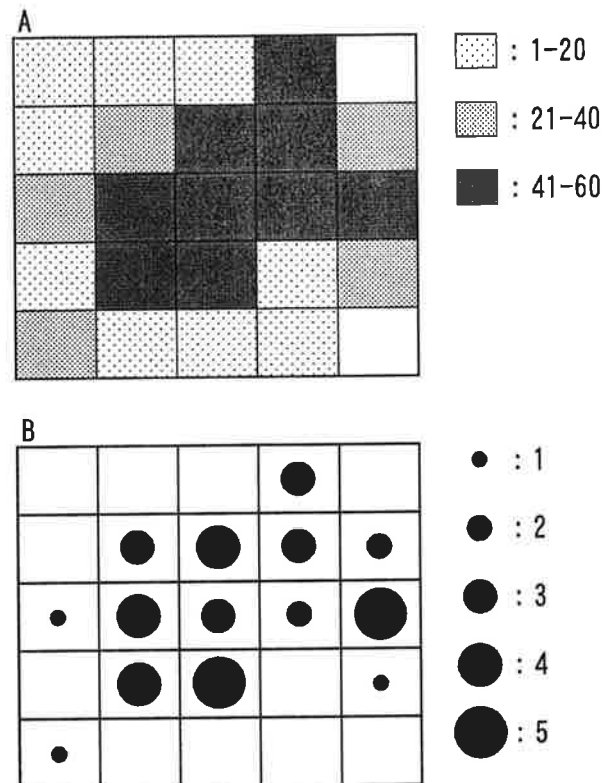


Fig. 8 Spatial distribution of the number of *Lycopus lucidus* (A) and the number of egg-masses of *Chrysolina virgata* (B) in each 1×1 m quadrat

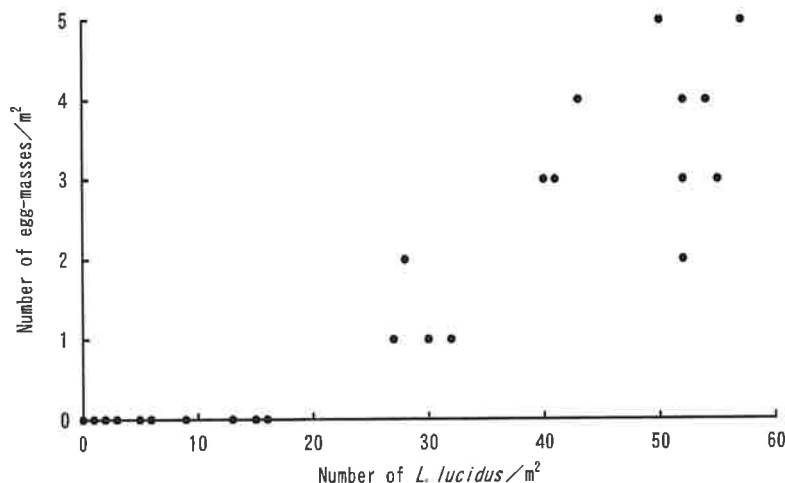


Fig. 9 Relationship between the number of egg-masses of *Chrysolina virgata* and the number of *Lycopodium lucidus*

塊数 (y) のシロネの茎の本数 (x) に対する回帰直線を求めると、 $y = 0.097x - 1.33$ が得られた。x 軸との交点のシロネの茎の本数を求めたところ、13.7 本が得られた。シロネの茎あたりのオオルリハムシの卵塊数の平均値は 0.060、バリエーションは 0.059 で、バリエーションと平均値の比は 0.99 であり、ランダム分布を示した。

3. 成虫の移動

放逐した 68 個体のうち 22 個体を再捕獲した。再捕獲率は 32.4% であった。調査区内と調査区間での再捕獲数と移動距離を Table 1 に示した。再捕獲された個体はすべて放逐された調査区内で確認され、調査区 A と調査区 B の間を移動した個体は確認できなかった。移動距離の平均は 6.32 m であり、移動距離の最大値は 15 m であった。

考 察

オオルリハムシの成虫および卵塊は調査区内で集中分布を示したが、これには生息空間の不均一性による影響が働いていると考えられる。寄主植物であるシロネの生育は地下水位や冠水のしやすさと関連する水面からの比高と対応しており、小区画あたりのシロネの茎の本数にはばらつきがみられた。小区画あたりのシロネの茎の本

数とオオルリハムシの成虫個体数および卵塊数の間に正の相関が認められたことは、シロネの茎の本数が異なる区画はオオルリハムシにとって等価な生息場所でないことを表している。本研究で、オオルリハムシの成虫の生息場所としてシロネの茎の本数が 1 m² あたり 18 本以上、産卵場所として 1 m² あたり 14 本以上であれば好適と推測された。オオルリハムシの成虫は、寄主植物のシロネがまとまって生えている場所を集中して利用していると言えるだろう。

オオルリハムシの卵塊の分布構造の形成には、成虫の産卵行動が反映されると考えられる。卵塊の分布は、茎単位ではランダム分布であったが、1 m² の区画単位では集中分布を示した。野外で卵塊から孵化した幼虫は分散して葉を摂食するが、幼虫の成長に一茎の葉量は十分ではなく、幼虫が地表面に降りて茎間移動を行うことを筆者は野外で観察している。成虫はシロネの茎の本数が高い場所に産卵することで、幼虫が移動中に捕食されることや寄主植物を発見できないという危険を低減している可能性がある。成虫が寄主植物の生育密度をどのように認識しているか、また幼虫期の生存率や行動様式については今後の研究課題である。

オオルリハムシの成虫は、飛翔が観察されておらず (岩井・八木, 2003)、いくつかの個体で後翅の退化も報告されており (Suzuki, 1978)、多くは歩行により移動

Table 1 Movement of adults of *Chrysolina virgata* found on patches

Exchange between patches	The number of recaptures	Mean moved distance (min-max)
A → A	10	5.80 (3-11)
A → A	12	6.75 (2-15)
A → B	0	0
B → A	0	0
	22	6.32 (2-15)

していると考えられている。本調査中にも、植物体を伝って歩行する個体や茎を降りて地表を歩行する個体を観察している。シロネを含む植物群落が連続していれば、本種の成虫が短期間に 15 m 程度の移動を行う場合があることがわかった。しかし、2.5 m 幅の舗装路により分断されていると、本種の成虫の移動は制限された。この結果から、オオルリハムシの生息場所として、シロネの生育密度の高い場所が配置され、その間を植物群落が連続していることが望ましいと考えられる。

本研究から、オオルリハムシの生息場所の保全にあたっては、シロネの生育に適した立地を広く確保することが重要であると考えられる。水際から陸域への勾配が緩やかな状態であれば、シロネの茎の本数が最も高かった比高 10 cm から 20 cm の立地は広く存在するだろう。河川や溜池の改修等で、勾配が急になるとシロネの生育に適した立地の範囲は狭くなり、コンクリート護岸が行われるとその立地は失われる。基本的にシロネの生育に適した立地には手を加えないことが望ましいが、やむなく改変する場合には、改変後に立地を復元、創出することが必要である。

今後、国内各地のオオルリハムシの生息する河川、湖沼、放棄水田等の湿地で、オオルリハムシ個体群そのものと生息環境の情報として寄主植物の生育に適した立地の状態および寄主植物の生育状況を把握することは、本種の保全に役立つであろう。

謝 辞

筆者とともにオオルリハムシの調査研究をすすめ、数々の助言をいただいている林成多、曾田貞滋、八木剛の各氏に謝意を表す。また、小林隆人氏、2名の査読者の方には原稿に有益な助言をいただいた。あわせて謝意を表したい。

引用文献

- Bernays, E. A. and R. F. Chapman (1994) Host-Plant Selection by Phytophagous Insects. 312 pp., Chapman & Hall, New York.
- 林 成多・初宿成彦・八木 剛・曾田貞滋・岩井大輔 (2003) 中国山地およびその周辺地域における湿地性ハムシ類の保全生物学的研究。ホシザキグリーン財団研究報告 (6) : 1-25.
- 氷見山幸夫 (1995) 国土利用変化の概要。「アトラス日本列島の環境変化」, pp. 1-16, 朝倉書店, 東京.
- 石川慎吾 (1988) 揖斐川の河川植生 I 扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境。日本生態学会誌 38 : 73-84.
- 岩井大輔・八木 剛 (2003) 日本におけるオオルリハムシの地理的分布。昆虫ニューシリーズ 6(2) : 105-110.
- 角野康郎・遊磨正秀 (1995) 「ウェットランドの自然」, pp. 198, 保育社, 大阪.
- 環境庁 (2000) 昆虫類レッドリスト。URL : <http://www.biodic.go.jp/> (生物多様性センター)。
- 木元新作・滝沢春雄 (1994) 「日本産ハムシ類幼虫・成虫分類図説」, pp. 539, 東海大学出版会, 東京.
- 宮田 彬 (2003) オオルリハムシ大分県九重町に産す。月刊むし (394) : 4-5.
- 大串隆之 (1993) 昆虫と植物の多様な相互関係を探る。「動物と植物の利用しあう関係」, pp. 9-31, 平凡社, 東京.
- ペドロジー学会 (1997) 「土壌調査ハンドブック改訂版」, pp. 169, 博友社, 東京.
- Suzuki, K. (1978) Discovery of flying population in *Chrysolina aurichalcea* (Mannerheim) (Coleoptera : Chrysomelidae). Kontyu 46 : 549-551.
- Takizawa, H. (1978) Descriptions of two larvae of the genus *Chrysolina* Motschulsky in Japan (Coleoptera : Chrysomelidae). The Entomological Review of Japan 31 : 111-117.
- 鷺谷いづみ・矢原徹一 (1996) 「保全生態学入門—遺伝子から景観まで」, pp. 270, 文一総合出版, 東京.