

環動昆

報 文

- 上村 清：畜舎堆肥溜に処理した昆虫成長制御剤ピリプロキシフェンによるイエバエの駆除効果について（英文）…… 1
- 辻 英明・種池与一郎：クロゴキブリ *Periplaneta fuliginosa* (SERVILLE) とチャバネゴキブリ *Blattella germanica* LINNAEUS に対する低温の効果—特にクロゴキブリ幼虫の休眠消去について— …… 7
- 桜谷保之・藤山静雄：道路建設とチョウ類群集 …… 15

資 料

- 今関信行・長谷川美恵子・吉田政弘：防ダニ加工繊維製品の忌避効果判定に関する各種忌避試験方法の比較検討 …… 24

講 演

- 辻 英明：建築物におけるゴキブリの生態と防除 …… 32
- 吉田政弘：木造建築物におけるダニの発生、被害とその防除について …… 35
- 第2回日本環境動物昆虫学会大会一般講演要旨 …… 41

書 評 …… 31

会 報 …… 53

会員動静

日本環境動物昆虫学会会則

日本環境動物昆虫学会誌投稿規定

Vol. 3 | 1991

1

日本環境動物昆虫学会

Field Evaluation of an Insect Growth Regulator, Pyriproxyfen, against the Housefly, *Musca domestica*

Kiyoshi KAMIMURA

Laboratory of Parasitology, Faculty of Medicine, Toyama Medical and
Pharmaceutical University, Toyama 930-01, Japan

(Received: January 22, 1991)

畜舎堆肥溜に処理した昆虫成長制御剤ピリプロキシフェンによるイエバエの駆除効果について 上村 清 (富山医科薬科大学医学部寄生虫学教室)

1986年7月28日、富山市郊外の2豚舎、2牛舎の堆肥溜に昆虫成長制御剤pyriproxyfen (S-31183)の0.5%粒剤を散布し、1週間毎に蛹化間もないイエバエの蛹を採集し、その羽化阻害効果を検討した。その結果、本剤の50mg/m²散布で3週間ほぼ完全にイエバエの羽化が阻害された。その後9月にイエバエ蛹の密度が低下し、寄生蜂によって羽化が著しく阻害された。しかし、堆肥溜のみの散布では畜舎の成虫数は低下しなかった。

An insect growth regulator, 0.5 % pyriproxyfen granules (S-31183), was applied to manure farmyards in 2 hogpens and 2 cowsheds, to evaluate its efficacy against housefly populations resistant to organophosphorus insecticides. Almost complete inhibition of emergence of housefly continued for 3 weeks after treatment at the rate of 50 mg/m². Six weeks after application housefly pupal density declined and the inhibition rate of adult emergence increased again due to a high percentage of wasp parasitism.

Key Words: Pyriproxyfen, IGR, Housefly, *Musca domestica*, Parasitoid wasp, Manure farmyard

Introduction

The housefly, *Musca domestica* LINNAEUS, is a nuisance insect with worldwide distribution. In Japan, this species was abundant in residential areas in the past, but its population density had been drastically decreased by the implementation of periodic collection of house garbage, its main habitat, in recent years. However, in dumping grounds, animal farms, greenhouses and other breeding places, repeated or inadequate applications of various kinds of insecticides have caused resistant populations. It has become much more difficult to control houseflies in such places, and an outbreak could

menace the neighboring residential area (YASUTOMI, 1966; YASUTOMI and SHUDOU, 1978; KUDAMATSU *et al.*, 1979; YASUTOMI *et al.*, 1988).

Recently, various synthesized juvenile hormone analogues known as insect growth regulators (IGR), namely, methoprene, diflubenzuron and pyriproxyfen, are available and field evaluations of the effect of these IGRs against houseflies have been carried out (ASANO *et al.*, 1984; KAWADA *et al.*, 1987; KAMEI *et al.*, 1990). The present study was conducted to evaluate the effect of pyriproxyfen (0.5 % granules) against larvae of the housefly. Information regarding the influence of wasps which parasitize to houseflies is also presented.

Materials and Methods

Granular formulation of 0.5 % pyriproxyfen (S-31183) which was provided for evaluation by Sumitomo Chemical Co. Ltd., Osaka, Japan, was used in this experiment. Five animal farms A-E in the suburbs southwest of Toyama City, were chosen for this survey in 1986 (Fig.1). In farm A, 600 pigs were bred in a 780 m² hogpen. The attached manure farmyard (232.6 m²) was treated at a rate of 50 mg/m²(2,326 g of 0.5 % G) on July 28. In farm B, 80 beef cattle were bred in a 570 m² cowshed. The attached manure farmyard (73 m²) was treated at a rate of 50 mg/m²(730 g) on July 28. A pyrethroid, permethrin (5 % EC) was applied on July 21 and August 27 to this entire area (643 m²). In farm C, 400 pigs were bred in a 790m² hogpen. The attached manure farmyard (54.3 m²) was treated at a rate of 100 mg/m²(1,086 g) on July 28 and the entire area (844 m²) was treated at a rate of 24 mg/m²(4 kg) on September

6. In farm D, 12 dairy cattle were bred in a 110m² cowshed. The attached manure farmyard (31.8 m²) was treated at a rate of 250 mg/m²(1,590 g) on July 28. Farm E was the control area without treatment where 900 pigs and 10 dairy cattle were bred in 1,189 m² sheds with manure farmyards of 130 m².

The effect of pyriproxyfen was expressed by the inhibition rate of adult emergence from housefly pupae collected from the manure farmyard, as well as by the fluctuation in the number of adult houseflies captured by sticky ribbon traps purchased from Showa Denkou Co..

Age of the pupae was determined by their color. Pupae were orange soon after pupation and became dark brown with age. Pupae which were orange in color were collected from each manure farmyard prior to treatment and at days 1, 4, 7, 14, 21, 29, 36, 43, 50, 56, 63 and 70 after treatment. The pupae were divided into 50 units in the laboratory, and were placed in a 200 ml plastic cup, 8 cm in diameter, covered by a gauze sheet. They were kept at 26±1°C, and emergence was observed every day. Dead pupae and emerged adults were counted and transferred to different cups regularly every day. Incomplete emergence was regarded as dead. The dead pupae were carefully checked for the hole through which parasitoid wasp emerged.

Adult density survey was started one week before the treatment. Three or 4 sticky ribbon traps were hung from the ceiling in each farm. The number of captured houseflies was counted and old traps were replaced by new ones every week.

Results

The inhibition rates of adult fly emergence at the manure farmyards of farms A, B and C are shown in Table 1 and Fig. 2. Weekly fluctuation in the number of captured flies on the sticky ribbon traps in each animal farm is shown in



Fig.1 Map of study area showing collection sites.

Table 1 Inhibition rates of adult emergence of the houseflies in manure farmyards after treatment with 0.5% pyriproxyfen granules

Col- lec- tion site	Level mg/m ²	Pre-	Days after treatment													
			0	1	4	7	14	21	29	36	43	50	56	63	70	
A	50	19.5 (77)	68.3 (101)	94.0 (50)	98.3 (60)	100 (79)	100 (90)	96.6 (89)	45.3 (210)	2.6 (38)	13.3 (120)	13.8 (29)	90.6 (32)	100 (14)	42.0 (50)	
B	50	9.3 (32)	47.2 (36)	40.0 (15)	—	—	—	84.3 (83)	79.8 (124)	—	—	—	—	—	—	
C	100	11.2 (242)	22.0 (50)	90.2 (112)	100 (100)	100 (100)	97.0 (100)	63.0 (100)	98.9 (271)	59.7 (201)	9.0 (200)	78.0 (50)	60.0 (50)	100 (50)	100 (50)	
E	0	—	18.2 (22)	—	—	9.4 (32)	16.7 (36)	12.0 (50)	10.9 (55)	0 (61)	5.7 (35)	—	—	—	—	

() : Number of pupae tested

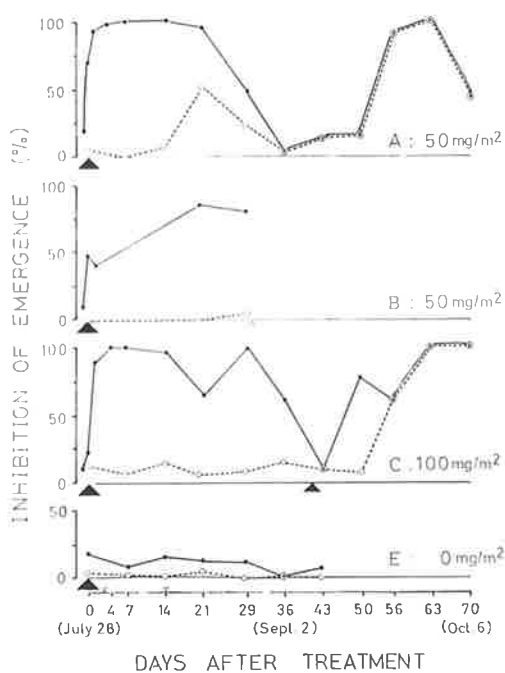


Fig.2 Inhibition rates of adult emergence of the houseflies in manure farmyards after treatment with 0.5 % pyriproxyfen granules and due to parasitic wasps.

●: rate from collected pupae, ○: parasitic rate by wasps of pupae, ▲: treatment with pyriproxyfen, △: treatment with permethrin, ▽: treatment with phenthoate or fenitrothion on paddy fields.

Fig. 3.

In farm A, the inhibition rate of adult emergence was 19 % prior to treatment and

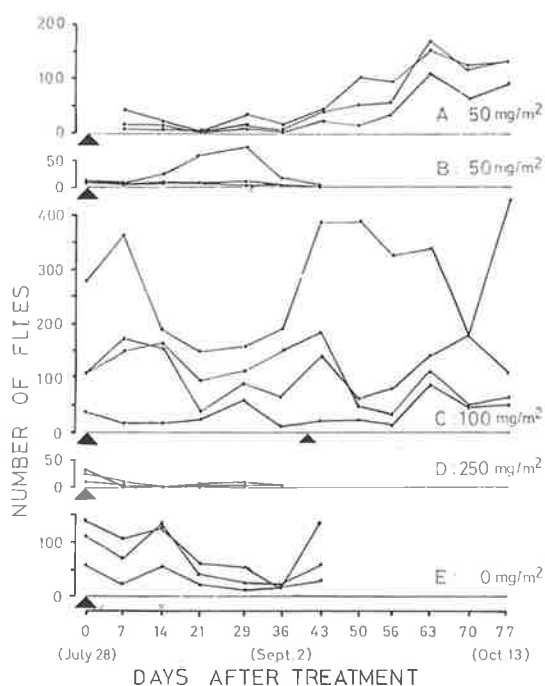


Fig.3 Weekly changes in the number of houseflies on each fly-ribbon trap after treatment with 0.5 % pyriproxyfen granules. Symbols of triangle as in Fig.2.

68 % on the day of treatment. During days 1 through 21 after treatment, the rate was 94-100 %. The effect of pyriproxyfen became weak after day 29, but the inhibition rate increased again on day 56. This was due largely to the parasitization by wasps. The number of captured flies was 0 to 45 (average 2 to 17)

before day 36. On and after day 43, the captured numbers rapidly increased to about 100 (average 12 to 172), in spite of the high percentage of parasitism by wasps.

In farm B, the inhibition rates of adult emergence from pupae were 9 % prior to treatment, 47 % on the day of treatment and 40% on day 1. On days 21 and 29, the rates were 84 and 80 %, respectively. During days 2 to 14, only a few fresh pupae could be obtained and so analysis was impossible. The number of captured flies was only slightly affected by the treatment with pyriproxyfen. On day 30, this farm was sprayed with a pyrethroid, permethrin; thereafter, the adult number decreased. The survey was not continued in September since all manure was removed from this farm.

In farm C, the inhibition rate of adult emergence was 11 % prior to treatment and 22 % on the day of treatment. During days 1 through 29 after treatment, except day 21, it was 90-100 %. The effect of pyriproxyfen became weak on day 36, and the inhibition rate decreased in spite of retreatment at 24 mg/m² on day 40. Nevertheless, the inhibition rate increased again on days 63 and 70 due to the high percentage of wasp parasitism. There was, however, no marked fluctuation in the number of captured flies before day 70 after treatment. Many adult flies emerged from the floor of this farm, especially from the fodder yard. In spite of pyriproxyfen retreatment on day 40 at the rate of 24 mg/m², no change in the number of flies was observed.

In farm D, no pupae was obtained from this manure farmyard during one month after treatment, except the day of treatment. The number of captured flies slightly decreased at day 43 after treatment. In September the survey in farm D was ended as well as in farm B since all manure was carried away from these farms.

In farm E, the control area, the adult

emergence inhibition rate was 0.14 %, and percentage of wasp parasitism was low (0.4 %), during the study period. There was about a 6-fold fluctuation in the number of captured flies during the survey period at this farm. Since the number of captured flies on sticky ribbon traps near the feeders and heaters was high and the fluctuation in the number of dead pupae or captured flies was great, it was difficult to use these numbers for analysis.

Aerial application of organophosphorus insecticides (phenthoate or fenitrothion) was carried out on July 31 (day 3 after treatment), and on August 11 (day 14 after treatment) in areas surrounding the test farms to control paddy field pests, but the effect on houseflies was not clear (Fig.3).

Discussion

Pyriproxyfen is a newly developed insect growth regulator with juvenile hormone effects (SYAFRUDDIN *et al.*, 1990). The adult emergence from pupae is prevented by exposing larvae of the houseflies to pyriproxyfen (HATAKOSHI *et al.*, 1987; KAWADA *et al.*, 1987). In our experiment, treatment of pyriproxyfen at the rate of 50 mg/m² (10 g/m² of 0.5 % granules) inhibited adult emergence almost completely for more than 3 weeks in the manure farmyards in spite of daily addition/removal of manure. However, the number of captured flies on the sticky ribbon traps did not decrease markedly when the application was limited to the manure farmyards. This indicates that many houseflies emerged from untreated places within the farms, for example, in fodder yards and heated nurseries in animal farms A, C and E.

The greater part of houseflies usually remain, within 100 m flying-range and does not disperse widely (SCHROOF and SIVERLY., 1954; OGATA *et al.*, 1960; WADA and ODA, 1963). There are no suitable breeding places for the houseflies near

the survey area, so immigration from other areas was negligible. The life span of adult housefly is only 1 month under laboratory conditions (WEST, 1951) and a shorter life span is expected under field conditions. These facts indicate that the adults collected one month after treatment emerged in the same farm. Many adults might have emerged from untreated areas of the farms and caused the high density of flies one month after treatment. In farm C, the entire area was retreated with 24 mg/m² pyriproxyfen at mid-survey, but the adult fly number did not decrease.

The adult fly density was low in the cowsheds, due particularly to the elimination of breeding places for housefly. Replacement of straws on the floor, removal of the manure, and application of pyrethroid to adult flies were frequently carried out.

The pupal population became low in A and C farms after day 50 posttreatment due to gonotrophic dissociation of adults in fall. On the other hand, the parasitic rate suddenly increased during 1-2 month after treatment. High parasitization by wasps was observed when the pupal density of housefly was low. Housefly pupal density was low though adult flies increased in September. Many wasps have been known to parasitize houseflies (PATTERSON and RUTZ, 1986). Further research on this aspect is required.

Acknowledgements

This work was supported by JS Research Society, Japan Environmental Sanitation Center. The author is deeply indebted to Dr. Ikuo TANAKA, Mr. Goro SHINJO and other members for helpful suggestions. The author also gratefully thanks his colleagues, Drs. Ryo ARAKAWA, Takao OKAZAWA and SYAFRUDDIN for their considerable assistance and critical reading of the manuscript.

References

- ASANO, S., A. KAMADA, M. KAMEI, S. TANI and H. OKAMOTO (1984) Inhibitory effects of Altosid 1OF® on the emergence of house flies from poultry droppings. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **35**: 307-314 (Japanese).
- HATAKOSHI, M., H. KAWADA, S. NISHIDA, H. KISIDA and I. NAKAYAMA (1987) Laboratory evaluation of 2-[1-methyl-2-(4-phenoxyphenoxy)-ethoxy]pyridine against larvae of mosquitoes and housefly. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **38**: 271-274.
- KAMEI, M., A. KAMADA, and Y. UTSUMI (1990) Field trials of BCP-8702 against housefly larvae in hen and pig house. *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **2**: 81-83 (Japanese).
- KAWADA, H., K. DOHARA and G. SHINJO (1987) Evaluation of larvicidal potency of insect growth regulator, 2-[1-methyl-2-(4-phenoxyphenoxy)ethoxy]pyridine, against the housefly, *Musca domestica*. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **38**: 317-322.
- KUDAMATSU, A., T. SATO, A. HAYASHI and R. KANO (1979) Cross resistance to various organophosphorus insecticides in a third Yumenoshima strain of the housefly, *Musca domestica* L. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **30**: 255-261 (Japanese).
- OGATA, K., N. NAGAI, N. KOSHIMIZU, M. KATO and A. WADA (1960) Release studies on the dispersion of the house flies and the blow flies in the suburban area of Kawasaki city, Japan. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **11**: 181-188.
- PATTERSON, R. S., and D. A. RUTZ (eds)(1986) Biological control of muscoid flies. *Entomological Society of America, Miscellaneous Publications*, **61**: 1-174.
- SCHOOF, H. F., and R. E. SIVERLY (1954) Multiple release studies on the dispersion of *Musca domestica* at Phoenix, Arizona. *J. Econ. Ent.* **47**: 830-838.

- SYAFRUDDIN, R. ARAKAWA, K. KAMIMURA and F. KAWAMOTO (1990) Histopathological effects of an insect growth regulator, 4-phenoxyphenyl (*RS*)-2-(2-pyridyloxy) propyl ether (pyriproxifen), on the larvae of *Aedes aegypti*. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **41**: 15-22.
- WADA, Y. and T. ODA (1963) On the range and the number in the dispersal of the housefly, *Musca domestica vicina*, around hog houses. *Endemic Diseases Bull. Nagasaki Univ.* **5**: 116-122 (Japanese).
- WEST, L. S. (1951) The housefly. Comstock Publ. Co., 584 pp.
- YASUTOMI, K. (1966) Insecticide resistance of houseflies outbroken at the dumping site, Yumenoshima-island, Tokyo. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **17**: 71-73 (Japanese).
- YASUTOMI, K., and C. SHUDO (1978) Insecticide resistance in the houseflies of the third Yumenoshima, a new dumping-island of Tokyo (II). *Jpn. J. Sanit. Zool.* **29**: 205-208 (Japanese).
- YASUTOMI, K., M. MIHARA, and C. SHUDO (1988) Succession of insecticide resistance in the houseflies of the third Yumenoshima, a dumping-island of Tokyo, 1978-1986. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **39**: 43-47 (Japanese).

クロゴキブリ *Periplaneta fuliginosa* (SERVILLE) と
チャバネゴキブリ *Blattella germanica* LINNAEUS に
対する低温の効果
—特にクロゴキブリ幼虫の休眠消去について—

辻 英明・種池与一郎

三共株式会社農薬研究所
(受理：1991年3月22日)

Effects of Low Temperatures on *Periplaneta fuliginosa* (SERVILLE) and *Blattella germanica* LINNAEUS, with Special Reference to the Termination of Diapause in *P. fuliginosa* Nymphs. Hideakira TSUJI and Yoichiro TANEIKE (Agricultural Chemicals Research Laboratories, Sankyo Co. Ltd., Yasu, Shiga 520-23, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **3** : 7-14(1991)

When exposed to winter cold on a shelf in a warehouse, young eighth-instar nymphs of *Periplaneta fuliginosa* survived the 1989-1990 winter (lowest temperature, -3°C), emerging as adults next summer, but sixth and seventh instars died. The chilled eighth-instar nymphs needed a much shorter period of incubation at $26\pm 1^{\circ}\text{C}$ before emerging as adults than control nymphs that were kept unchilled. The chilling effect had been fully attained by January 22, 1990; no further exposure to winter cold increased the effect. When given a milder exposure to winter cold in a plywood booth placed in the same warehouse, seventh- and eighth-instar nymphs of *P. fuliginosa* survived the winter, but young *P. fuliginosa* adults died before April 20, without producing progeny. Nymphs and adults of *Blattella germanica* also died before January 5 when exposed to cold in the same plywood booth. Preliminary exposure of second-instar nymphs of *P. fuliginosa* to constant low temperatures was also effective in shortening the time of retarded development at 20°C . Some 55% of the second-instar nymphs survived 6 weeks at 15°C followed by 12 weeks at 5.5°C . These results are further evidence for the suggestion that *P. fuliginosa* enter diapause in the seventh and/or eighth instar(s) as well as in the second instar stage.

Key Words: Cockroach, Diapause, Low Temperatures, *Periplaneta fuliginosa*, *Blattella germanica*

26°Cで飼育して49~91日齢(6~8齢)のクロゴキブリ幼虫混合群の入ったガラス

容器を、1989年11月14日から1989—1990年の冬期に滋賀県野州町で倉庫内の棚の上に放置したところ、1月22日現在、6齢と7齢幼虫では過半数が死亡していたが、8齢の死亡はなく、2月19日現在、6齢と7齢幼虫の全部と8齢幼虫の一部が死亡していた。2月19日に生存していた8齢幼虫のうち58%相当(初期6～8齢全幼虫の24%)が初夏まで生存し、6月8日から7月6日にわたり羽化した。なお2月19日現在生存中の8齢幼虫は26℃に移されると30～50日で大部分が羽化し、すでに休眠が終了していたことを示した。この倉庫内のベニヤ板で囲まれた小室の中に入れた場合は7齢幼虫でも68～88%が越冬し羽化できた。同じ小室内にクロゴキブリ成虫を11月14日から置いたところ、雄は3月9日までに、雌は4月13日までに全滅した。10月25日から放置されたチャバネゴキブリの場合は、1齢幼虫は12月25日までに、3～6(終)齢幼虫と成虫は1月5日までに全滅した。20℃で成長遅延するクロゴキブリの2齢幼虫は、15℃6週間と5.5℃12週間の連続暴露に55%が生存し、20℃に戻された時3齢になるまでの期間が短縮された。以上のことは、クロゴキブリが2齢幼虫と7～8齢幼虫で休眠に入ることを一層はっきりさせ、成虫では越冬が困難なこと、ならびにチャバネゴキブリが冬期に容易に死滅することも示している。

はじめに

採集された個体が産んだ次世代のクロゴキブリ幼虫を飼育した時、高温長日条件下でも大型ステージで发育の遅延が認められた(辻, 1988; 1989)。その後、この发育遅延は7齢および/または8齢(終齢)で起こること、遅延個体を冬期低温下に保った後高温に戻した場合の羽化が早まること(7齢個体の実験)、冷蔵せずに放置すると長期間7・8齢で過ごした後に8齢を越えて9・10齢と加齢する個体もあることが示されている(辻・種池, 1989; TSUJI and TANEIKE, 1990)。これらは内因性休眠(obligatory diapause)の特徴を示している。しかし、8齢の遅延個体に対する低温の効果は未報告なので、倉庫内で冬期の低温条件に曝した場合の経過についてここで報告したい。その際、同時に得られた6・7齢幼虫、成虫、さらにチャバネゴキブリの幼虫・成虫のデータも示す。

一方、クロゴキブリの幼虫を1齢期から20℃の中間温度の短日条件下で飼育すると2齢の期間が極端に延長し(TSUJI and MIZUNO, 1972)、15℃で経過した2齢幼虫は5.5℃の低温処理60日間に90%生存した(TSUJI, 1975)。これは外因性休眠(facultative diapause)の特徴を示している。しかし低温による休眠の消去についての見解が不十分だったので、定温室での追加実験の結果を報告する。

材料と方法

クロゴキブリ：

1988年6月21日に滋賀県野州郡野州町の植物用温室内で獲られたゴキブリをP世代とした。その子供のF₁世代は26℃で長い7/8齢期(休眠)を過ごした後に羽化し、長期間にわたり産卵した(TSUJI and TANEIKE, 1990のYAS-2 Population)。このF₁相当の成虫およびF₁の卵から得た幼虫(F₂世代に相当する)を実験に用いた。

チャバネゴキブリ：

1985年2月に国立予防衛生研究所より分譲され、25～26℃条件下で累代飼育されてきたものである。

定温度条件：

今回の実験での温度の設定条件は以下の通りである。ただし、本文中では変動幅を省略して記載した。

26℃：26±1℃に保たれた飼育室(3m×2.6m内高2.4m)で、1日14時間照明。夏期気温を想定。

20℃：20±1℃に保たれた飼育室(3m×1.6m内高2.4m)で、通常は暗黒。秋期気温を想定。

15℃：室内に置かれ15±1℃に保たれた保冷库(40cm×70cm内高65cm、前面褐色ガラス戸)で、自然日長。冬期直前の気温を想定。

5.5℃：5.5℃±0.5℃に保たれた保冷库(1.7m×1.7m内高2.2m)で、通常は暗黒。冬期気温を想定。想定した季節気温は本州中部平地のものである。

倉庫内越冬実験条件：

1) 倉庫内棚上実験(実験1, Fig.1)

鉄骨トタン張りトタン屋根の屋外倉庫(5m×7.5m壁高2.8m屋根頂上高3.8m)を使用した。倉庫の壁周囲下部に約25cmの、東西の壁頂上部に約30cmの隙間がある。

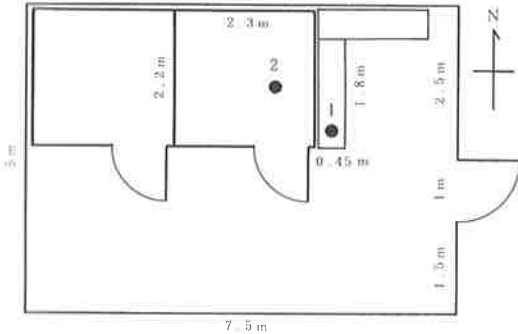


Fig.1 A plane figure of the warehouse and the plywood booth where cockroaches were exposed to 1989-1990 winter cold in Siga-ken.
 ● : Points where cockroach containers were placed. 1 : Results are shown in Table 1 and Figs 2 and 3.
 2 : Results are shown in Tables 2, 3, and 4.

倉庫内中央から北側にかけてスチール棚を置き、その中段(床上1.3m)にゴキブリを飼育容器のまま置いた。当棚上の温度は下記の小室内の温度をもとに推定した(次年冬春期の実測値によると、棚の上は小室内に比べ毎日の最低温度が1℃低く、最高温度は2～3℃高い)。

2) 小室内実験(実験2～4, Fig.1)

上記倉庫内に、厚さ3mmのベニヤ板で5cmの角材を挟んで作った二重構造の壁、同じく角材の上に厚さ10mmのベニヤ板を張った床(表面にビニル製マット)および角材に張られた厚さ3mmベニヤ板の天井からなる縦2.2m横2.3m高さ2.2mの小室を作り、天井の40ワット蛍光灯により1日10時間照明とした。ゴキブリ容器と自記温度計は床面に置いた。蛍光灯の点灯による温度上昇は記録用紙からは読み取れず、無視できると考えられる。一方、最高最低寒暖計を壁面1.5m高に掛け、自記計の値のチェックを行った。

なお、実験1～4の温度(Table 1-4)は、実験操作の日や死亡個体の計数日の違いにより、各表ごとに異なった間隔で表示されている。

実験1 : 49～91日齢の幼虫混合群の倉庫内棚上越冬

26℃で飼育したふ化後0～42日齢の幼虫をガラスの飼育容器(25cm×40cm×高さ25cm, プラスチック蓋付き)内でベニヤ板製の隠れ場所、餌と水を与え、さらに26℃で49日間飼育して、1989年11月14日現在で49～91日齢混合の幼虫群とした。その日のうちに、この群を容器ごと無加温倉庫内のスチール棚の上に移し、冬を過ごさせ

た。

この容器中のゴキブリの生存個体数と死亡個体数は、冬の前、中、後を通して計8回調査した。ステージ構成は“シャドウグラフ”(日本光学製)での頭幅測定により行った。測定は1990年1月22日に生存個体について、さらに同2月19日に生存個体と死亡個体について行った。

生存個体を途中で26℃に戻した時の羽化状況を見るために、1990年2月19日(20頭)、3月19日(18頭)、4月20日(23頭)、5月18日(20頭)に、それぞれ一部の幼虫をランダムに取り出し26℃に戻して小型容器内で飼育観察した。

これらの処置と一部の結果をTable 1に、その他の結果をFig.2-3に示した。

実験2 : 老7齢と老8齢幼虫の倉庫小室内越冬

実験1と同じ倉庫内に設置されたベニヤ板製の小室の床面に、ゴキブリを容器ごと置き、経過を観察した。クロゴキブリ幼虫は26℃でふ化80～100日で7齢ないし8齢に達するが、その後かなり経過した7齢と8齢幼虫を用いて越冬実験を行った。7齢幼虫は106～129日齢、8齢幼虫は140～218日齢の群を用い、それぞれ内径17cm高さ24cmのガラス容器内(ゴース蓋付き)に入れ、ベニヤ板の隠れ場所、水、餌を与えた。

これらの処置と結果はTable 2に示す。

実験3 : 成虫の倉庫小室内越冬

実験2と同様にして経過を調べた。26℃で羽化後14日以内の雄雌を同一容器に入れた。処置と結果はTable 3に示す。

実験4 : チャバネゴキブリ幼虫成虫の倉庫小室内越冬

実験2と同じ場所で実験し、ゴキブリ容器として1リットルビーカーを用いた。処置と結果はTable 4に示す。

実験5 : クロゴキブリ2齢幼虫の定温室内での冷蔵実験

ふ化幼虫120頭を10頭ずつガラス容器(内径8.5cm高さ6cm, ベニヤ板製の隠れ場所, ゴース蓋付き)に入れ、2容器を1グループとして6グループを準備した。全体を26℃で1週間(1齢の前半に相当)飼育し、そこで20℃暗黒条件下に移し6週間飼育、すべてが2齢幼虫となっているのを確認し次の処理を行った。

まず3グループを5.5℃暗黒条件下に移し、それぞれ3, 6, または12週間冷蔵した後に20℃に戻した。

他の2グループは15℃条件下に移し6週間飼育した後、一方は直接20℃に戻し、他方は5.5℃で12週間冷蔵した後20℃に戻した。

残りの1グループは20℃条件下に保ち対照区とした。実験5の処置と結果はFig.4にしめす。

結果と考察

1: 49~91日齢の幼虫混合群の倉庫内棚上越冬

Table 1に示した処理とFig.2に示した頭幅測定結果によると、実験1で倉庫内越冬を強制された個体は6~8齢幼虫である。1990年1月22日までに6~7齢幼虫の多数が死亡したが、8齢幼虫の死亡は認められなかった。しかし、2月19日までは8齢幼虫の一部と6~7齢幼虫のすべてが死亡した(Fig.2)。結局、越冬したのは8齢幼

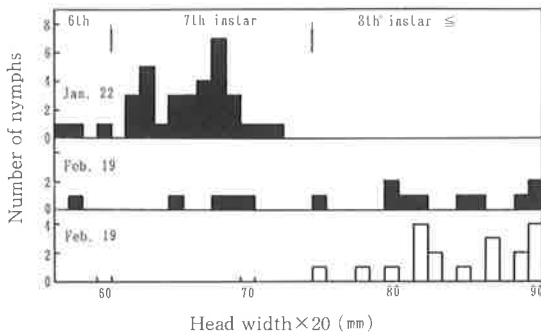


Fig.2 Frequency distribution of head width of cockroaches randomly chosen on Jan. 22 (dead individuals) and Feb. 19 (both dead and living) in 1990 (See Table 1). ■: Dead □: Living.

Table 1 Exposure of a mixed population of older nymphs (49-91 days old at 26°C) of *P. fuliginosa* to winter cold in a warehouse

Date	Temperature range	No. nymphs (% on carried over)			No. living nymphs** transferred to 26°C (& No. dying at 26°C)
		Carried over	live	dead	
1989/1990					
Nov. 14			429 (100)		1000
Nov. 15~Nov. 30	2~17°C				Total =
Dec. 1~Dec. 31	0~15°C				Males + Females
Jan. 1~Jan. 22	-3~12°C	429 (100)	279 (65)	150 (35) ¹⁾	650
Jan. 23~Feb. 19	-3~13°C	279 (100)	178 (64) ²⁾	101 (36) ³⁾	415
Feb. 20~Mar. 19	0~17°C	139 (100)	96 (69)	43 (31)	287
Mar. 20~Apr. 20	1~23°C	78 (100)	67 (86)	11 (14)	246
Apr. 20~May 18	4~29°C	44 (100)	43 (98)	1 (2)	241
May 19 Jun. 7	10~30°C	23 (100)	23 (100)	(All were nymphs)	
Jun. 20 July 6	17~34°C	23 (100)	23 (100)	(All were adults;	
11 males and 12 females)					

* The index number surviving at each date (out of a thousand originally set).

** Adult emergence from these nymphs is shown in Fig. 3.

1) 2) 3) Randomly chosen 35, 19, and 15 nymphs were used for the measurement of head width, respectively (See Fig. 2).

虫のみで、2月19日以後休眠の消去程度を調べるために4回にわたり26℃に移されて羽化を検査された個体(Table 1)はすべて8齢であった。ちなみに、2月19日から5月18日までの8齢幼虫の生存率を生存指数(lx =仮に初期個体数を1000とした時の生存数)(241/415)で見ると58%であった。

越冬した8齢幼虫は倉庫内で6月7日までは羽化しなかったが、7月6日まではすべて羽化した(Table 1)。一方、2月19日、3月19日、および4月20日に26℃に移された個体は、いずれも移行後20~60日以内に羽化した(Fig.3)。これは、2月19日現在すでに休眠が終了していたものの、26℃に移されるまでの温度が低かったため発育が抑制されていたためであり、休眠後の発育所要日数が26℃で20~60日であることを示すと考えられる。5月18日に移された個体の26℃での羽化までの期間はさらに短くなったが(Fig.3)、これは倉庫内の気温が高くなり、すでに休眠後の発育が進行していたためと思われる。

2: 老7齢と老8齢幼虫の倉庫小室内越冬

倉庫小室内(Table 2)は壁や天井の断熱効果と気流遮断効果のため、同じ倉庫内でも小室外の棚の上よりは気温の変動が緩やかで、上記(Table 1)の実験よりは越冬条件としてはマイルドな環境とみてよい。そのためか上記棚の上では7齢幼虫が全滅したのに、小室内では越冬が可能であった。すなわち、7齢幼虫雄68%と雌88%が

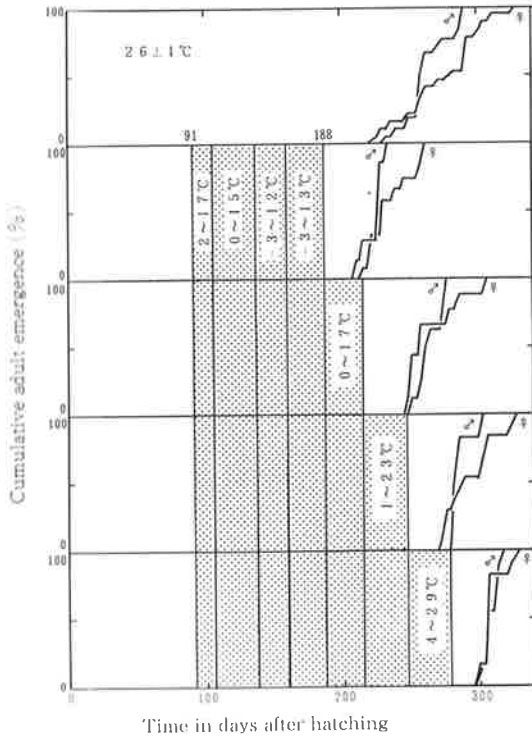


Fig.3 Effects of winter cold on the 8th instar nymphs of *P. fuliginosa* (See Table 1).

越冬し、かつ7月下旬から8月下旬にかけて羽化した。

ところが8齢幼虫では逆に越冬率が低下した(雄30%、雌23%)。これは本実験の8齢幼虫群が26°Cで140~218日齢と休眠の末期または終了後の羽化間近いものを多く含んでいたためと考えられる(前記実験の8齢幼虫は91日齢以下の休眠初期のものであった)。実際、越冬前(10月24日以前)に羽化した個体が雄雌8%ずつあり(この成虫は3月10日までに死亡)、越冬中に確認された死亡個体の多くは低温下で異常脱皮したもの、すなわち休眠していなかったものである。越冬できた8齢幼虫の成虫羽化は6月中旬から7月中旬にかけて起こり、上記棚の上の場合と類似した結果であった。

3: 成虫の倉庫小室内越冬

前記倉庫小室内で幼虫の実験と並べて成虫を越冬させた結果(Table 3)、雄は3月9日までに、雌は4月20日までに100%死亡し、成虫の越冬能力の低いことが示された。

4: チャバネゴキブリ幼虫と成虫の倉庫小室内越冬

前記倉庫小室内でクロゴキブリの実験と並べてチャバ

ネゴキブリの1, 3, 5, 6(終)齢幼虫と成虫を越冬させた結果(Table 4)、1齢幼虫は12月25日までに、その他は年明けの1月5日までに100%死亡し、この条件下ではチャバネゴキブリに越冬能力がなかった。

5: クロゴキブリ2齢幼虫の定温条件下での冷蔵結果

25°C以上の高温条件下の発育では、クロゴキブリ幼虫の2齢の期間は1齢, 3齢, 4齢などの期間と大差がない。ところが、20°Cでは2齢期間だけが他の齢の3~4倍の長さに延長する。そこで、その初期から5.5°Cの期間、あるいは15°C期間+5.5°C期間を挿入した後の20°Cでの発育再開や生存率を調べた。

実験5の各処理区における生存率、3齢, 4齢への脱皮曲線(生存虫の形態とサイズで目視判定)をFig.4に示す。すべての区において、脱皮曲線は脱皮個体数に対する累積パーセントである。図内の数字は実験初めの個体数(各グループ20頭)に対する処理の区切り時の2齢個体数、3齢4齢の各齢到達個体数のパーセント(生存率)である。

その結果、長期間の冷蔵はその後の20°Cでの脱皮前期間短縮(休眠消去)に有効であった。しかし、幼虫をいきなり5.5°Cに移した場合は幼虫生存率に悪影響を及ぼした。あらかじめ15°C6週間飼育を経た場合は生存率が高まり、その後5.5°Cに12週間(3カ月弱)曝されても55%が生残り、20°Cでの発育再開も最も早かった。

興味あることに、15°C6週間は脱皮前期間の短縮に関して5.5°C6週間と同等以上の効果があった。すなわち、クロゴキブリの休眠消去のための最適冷蔵温度は5.5°Cよりむしろ高いのではないかと想像される。

一方、15°Cである程度の通常発育(形態発育)が進行するとしても、それは20°Cでの場合よりはかなり遅くなると考えられる。にもかかわらず、15°C6週間挿入区の結果と無処理区(連続20°C飼育)の結果を比較すると、表面的には20°Cでの2齢発育と15°Cでのそれとはほとんど同じ速度に見える(両区同時に3齢になった)。これは15°Cにおける休眠消去の効果と通常発育の遅れとが相殺された結果と考えられる。TSUJI(1975)がクロゴキブリ幼虫を連続15°Cで飼育した場合、20°C条件下に比べて2齢以外の齢期の発育速度低下が顕著で、結果的に2齢もその他の齢も(特に1齢から6齢までのそれぞれ)がほぼ同じ齢期間(各齢約100日ずつ)を示し、15°Cではあたかも2齢における発育遅延がないように見えたのはこのためであろう。

Table 2 Exposure of older 7th and older 8th instar nymphs of *P. fuliginosa* to winter cold in a plywood booth placed in the warehouse

Nymphal inster	7th instars		8th instars	
	(106-129 days old)		(140-218 days old)	
Age of nymphs at 26°C on their transference to the booth on Oct. 17	Males	Famles	Males	Females
No. insects used	25	25	26	26
No. adults emerging before Oct. 24	0	0	2* (8%)	2* (8%)
No. nymphs dying (and abnormal molting involved) :				
Date 1989/1990	Temperature range			
Oct. 17~Oct. 24	0	0	0	0
Oct. 25~Nov.14	0	0	0	5 (2) **
Nov.14~Jan. 6	1~19°C	0	0	2
Jan. 7~Feb.19	-2~11°C	2 (2) **	0	5 (5) **
Feb. 20~Mar.19	1~15°C	2	1	6
Mar.20~Apr. 20	2~20°C	3	2	4
Apr. 21~May 11	5~26°C	1	0	1
May 12~Jul. 17		0	0	0
Jul. 18~Aug.23		0	0	—
Total no. dead	8 (32%)	3 (12%)	16 (62%)	18 (69%)
No. adults emerging after winter cold	17 (68%)	22 (88%)	8 (30%)	6 (23%)
Date range of adult emergence after winter cold	(Jun. 22~Aug. 23)		(Jun. 15~Jul. 17)	

* All the adults emerging before winter cold died before March 10.

** Abnormal molting involved.

Table 3 Exposure of adult of *P. fuliginosa* to winter cold in a plywood booth placed in the warehouse

No. adults used on Nov. 14		10 males	10 females
No. adults dying			
Date 1989/1990	Temperature range		
Nov. 14~Nov. 30	3~15°C	0	0
Dec. 1~Dec. 31	1~13	0	0
Jan. 1~Jan. 22	-2~10	3 (30) *	3 (30) *
Jan. 23~Feb. 16	-2~11	5 (80)	1 (40)
Feb. 17~Mar. 9	1~15	2 (100)	2 (60)
Mar. 10~Mar. 26	1~13		2 (80)
Mar. 27~Apr. 20	5~20		2 (100)

* (% accumulated)

6: 結論

以上、クロゴキブリの8齢幼虫を冬期の低温に曝すことにより8齢期の延長やそれ以上の加齢がなくなり、後に加温された時速やかに成虫になることが示された。前報 (TSUJI and TANEIKE, 1990) の結果と併せ、クロゴキブリ老齢幼虫の休眠性が一層明確となったと考えられる。

また、発育遅延しているクロゴキブリ2齢幼虫も、長期の低温耐性が示されたばかりでなく、低温に曝されることによりその後の3齢への脱皮が促進された。したがって、この発育遅延も休眠性のものであることが一層確実となった。

クロゴキブリ7齢、8齢幼虫が越冬し羽化できる倉庫室内でも、若い成虫は春までに死亡すること、チャバネ

Table 4 Exposure of nymphs and adults of *B. germanica* to winter cold in a plywood booth placed in the warehouse

Initial stages	Nymphal instars					Adults	
	1st	3rd	5th	6th Male	6th Female	Male	Female
No. insects used on Oct. 25	50	30	30	20	20	15	15
No. insects dying							
Date 1989/1990	Temperature range						
Oct. 25~Nov. 6	8~24°C						
Nov. 7~Nov. 20	7~16°C						
Nov. 21~Dec. 7	3~14°C						
Dec. 8~Dec. 11	2~11°C						
Dec. 12~Dec. 25	2~11°C						
Dec. 26~Jan. 5	0~11°C						
Total (100%)	50	30	30	20 (4/16) *	20 (5/15) *	15	15

*Numbers of dead insects are expressed as Total (Nymphs/New adults) .

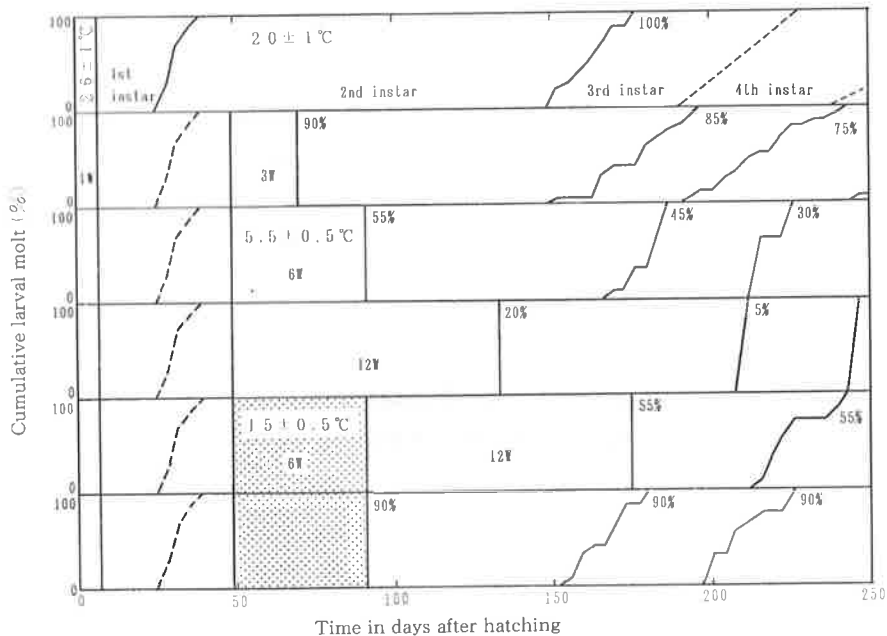


Fig.4 Effects of constant low temperatures on the 2nd instar nymphs of *P. fuliginosa*. Figures in the graph are % survivals on initial 20 individuals. --- : The first molting curve for each treatment was considered as the same as for the control nymphs. The third and second for the control were deduced from the previous data (TSUJI and MIZUNO, 1972) .

ゴキブリはさらに弱く、幼虫、成虫ともほとんど年内に死ぬことが示された。

引用文献

TSUJI, H. (1975)Development of the smoky brown

- cockroach, *Periplaneta fuliginosa*, in relation to resistance to cold. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **26** : 1-6.
- 辻 英明 (1988) 都市化とゴキブリの適応, 採集と飼育 **50** : 446-449.
- 辻 英明 (1989) ゴキブリの都市適応, “都会におけるゴキブリの生態と防除 (ロビンソン, W. H.・辻 英明著), pp. 1-14, 環境生物研究会, 京都.
- TSUJI, H. and T. MIZUNO (1972) Retardation of development and reproduction in four species of cockroaches, *Blattella germanica*, *Periplaneta americana*, *P. fuliginosa*, and *P. japonica*, under various temperature conditions. *Jpn. J. Sanit. Zool.* **23** : 101-111.
- 辻 英明・種池与一郎 (1989) クロゴキブリとヤマトゴキブリの生活史について, 第1回日本環境動物昆虫学会大会講演, 近畿大学農学部, 奈良.
- TSUJI, H. and Y. TANEIKE (1990) Diapause at high temperature in older nymphs of the smoky brown cockroach, *Periplaneta fuliginosa* (SERVILLE). *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* **2** : 84-87.

道路建設とチョウ類群集

桜谷 保之¹⁾・藤山 静雄²⁾

1)近畿大学農学部

2)信州大学理学部

(受理: 1991年3月22日)

Influence of Highway Construction on Butterfly Communities. Yasuyuki SAKURATANI (Entomological Laboratory, Faculty of Agriculture, Kinki University, Nara 631, Japan) and Shizuo FUJIYAMA (Department of Biology, Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto, 390, Japan) *Jpn. J. Environ. Entomol. Zool.* 3:15-23 (1991)

Communities of butterflies were observed at two highways (Nikko-Utsunomiya Highway and Higashi-Fujigoko Highway) before and after highway construction. The species-diversity index of the butterfly community did not change greatly during the observation period. However, the degrees of overlap of species were low, that is, species found after construction were different from those found before construction. The natural environment of the butterfly habitats was little affected by highway construction, perhaps the vegetations on the side-slope of the road were recovered by using the native surface soil with many seeds of wild plants growing locally.

Key Words: Highway construction, Butterfly communities, Road side-slope afforestation, Surface soil recovery

日光宇都宮道路と東富士五湖道路で道路建設前と供用開始後にチョウ類群集の調査を行った。両道路とも種多様度指数(H')は道路建設前と後では大きな変化はなかったが、重複度(CI)はいずれの調査時の間でも高くなく、チョウの種類がある程度入れ替わっていることが示唆された。しかし、チョウ類群集をもとに求めた環境階級存在比(ER)は道路建設前後で大きな変化はなく、供用後も建設前と同様の雑木林ないしは採草地的環境が保たれていることが推察された。日光宇都宮道路では供用開始後、草原性のチョウの割合がやや増加したが、東富士五湖道路では季節的に変化はしたものの年次的変化は認められなかった。以上のことから、これらの道路においては、道路建設によって少なくともチョウ類にはマイナス面での大きな影響はなかったと推察された。これは、道路路面にその地域の表土を用いて、早急にしかも周囲と同様の植生になるような復元を図ったことが一つの重要な原因と思われた。さらに、チョウ相などを考慮した道路管理のあり方についても考察した。

はじめに

チョウ類は、その色彩や形、飛ぶ姿から、工芸品やデザインにもよく使われ、また理科の教材にも取り上げられるなど、もっとも親しまれている生物の一つである。愛好者も多く、分類や分布、生態などに関する研究もかなり進んでいて、すぐれた論文、解説書、図鑑などが多く出版されていることもあり、同定や生態調査は昆虫類の中では比較的容易である。また最近、生きたチョウを放飼して展示する施設が各地につくられており、チョウに関する一般の人々の関心がさらに高まりつつある。しかし、一方では、宅地開発やゴルフ場の開設などによって、チョウ類の生息環境が改変され、なかには絶滅にひんしている種類も少なくなく、早急な対策が望まれている(たとえば、浜ら、1989)。

以上のような状況のもとで、チョウ相の調査は単に環境(多くの場合環境の変化)の指標としての役割だけでなく、花や緑と同様、われわれの生活に潤いをもたらすものとしての価値を見出す積極的意味も持っていると考えられる。ここでは、道路建設がチョウ相に及ぼす影響について、着工前と供用開始後に行った調査結果をもとに報告する。道路建設は程度の差はあっても生態系の構造を変化させるため、その影響を最小限にとどめ、自然環境とできるだけ調和を図るような方策がとられることは言うまでもない。道路はわれわれの生活空間の一部でもあり、これからは道路路面やサービスエリアなどにおける小鳥やチョウなどの野生生物の生息や出現も道路の一部として考える必要があるように思われる。今回の調査に基づき、このような面からの道路管理についても考察したい。

なお、本調査は、日本道路公団から、(社)道路緑化保全協会に委託されたもので、各大学、高校、調査研究機関等の専門家及び日本道路公団、(社)道路緑化保全協会、(株)カーター・アート社の各関係者より構成された調査委員会(委員長、高橋史樹広島大学総合科学部教授)で行ったものである。

調査方法

調査は栃木県日光市清滝付近の日光宇都宮道路と山梨県河口湖付近の東富士五湖道路の2か所で行った。いずれも国立公園内を通る自動車専用道路で、着工前のみならず、道路建設後と供用開始後の追跡調査の機会が与え

られた。

調査は野鳥の調査(由井、1977)を参考にして、一定のルートを一定の時間で歩きながら、見出したチョウ(成虫)を捕虫網ですべて採集するというラインセンサス法に準じて行った。調査期は日光宇都宮道路が1977年(着工前)と道路完成後の1981、1982、1984年の各シーズンで、東富士五湖道路では着工前が1982年、完成後は1986年と1987年の各シーズンである。調査時刻は多くの種類がよく活動する10時~14時ごろとし、道路建設予定地付近(完成後は本線の側道付近)から数地点を選び、1地点あたり原則として20分間採集し、これを2~3日間繰り返した。すなわち、各シーズンの調査時間は延べ数時間に及んだが、採集個体数はすべて4時間当りに換算して処理した。

調査地の概要

1. 日光宇都宮道路

海拔600~700mの日光国立公園の区域内で、中にはさらに特別区域が含まれている。この地域は暖温帯と冷温帯の移行部にあたり、大谷川に沿って、コナラ *Quercus serrata* MERR., ミズナラ *Q. mongolica* FISCH., コマユミ *Euonymus alatus* (THUNB) SIEB., トチノキ *Aesculus turbinata* BL. などの自然林のほか、ニセアカシア *Robinia pseudo-acacia* L., カラマツ *Larix leptolepis* (SIEB. et ZUCC.) GORD, スギ *Cryptomeria japonica* (L. f.) D. DON, ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* (SIEB. et ZUCC.) ENDL. などの人工林や農耕跡の荒地地等も存在するやや雑多な植生からなる地域である。

2. 東富士五湖道路

河口湖~山中湖付近の富士山のすそ野に当る海拔約1,000mの地域で、現在、自衛隊演習場が大半を占め、自然植生はきわめて少なく、広大なススキ *Miscanthus sinensis* ANDERSS. 草原を主体に溶岩上のアカマツ *Pinus densiflora* SIEB. et ZUCC. 林やミズナラ林など特徴的な植生を形成している。林を主体とする日光地区に比べて草原的要素が優占している。気温は日光とほとんど同じで、年平均10.6°Cで、年降水量は日光よりも500mmほど少ない1,500mmである。

結 果

1. 日光宇都宮道路

各調査で得られたチョウの種類と個体数は表1に示す。