ヤマトゴキブリの発育に及ぼす日長の効果

岩崎 素子

(〒241-0824 横浜市旭区南希望ヶ丘 31-10)

(受領: 1999 年 10 月 15 日; 登載決定: 2000 年 8 月 19 日)

The effect of photoperiod on growth in the Japanese cockroach,
Periplaneta japonica (Karny)

Motoko IWASAKI

31-10 Minami-kibougaka, Asahi-ku, Yokohama, 241-0824 Japan

(Received: 15 October 1999; Accepted: 19 August 2000)

Key words: *Periplaneta japonica*, effect of photoperiod, diapause, overwintering

Abstract: In order to clarify the effect of photoperiod on growth in the Japanese cockroach, *Periplaneta japonica* (Karny), an experiment was carried out under different photoperiods at 20°C and 25°C. In the short photoperiod (LD 8 : 16 hr or LD 12 : 12 hr), the development in the younger nymphal stages was retarded. In the photoperiod of 13 hrs or longer, the ratio of adult emergence was the highest at LD 16 : 8 hr. But the development of some of nymphs was retarded in the middle or older nymphal stages. When nymphs in prolonged 3rd or 4th nymphal stage were transferred from LD 8 : 16 hr to LD 16 : 8 hr photoperiodic shifts, they began to emerge again within two weeks. On the contrary, when 5th nymphs were transferred from long-day to short-day, the development in 8th or 9th (final) instar was retarded. Moreover, when some of them were transferred to long-day again, the adult emergence was accelerated and more synchronized. When the final or extra instar nymphs were transferred from outdoor conditions to experimental conditions during the winter months, the twice-overwintering nymphs required longer time for adult emergence in LD 13 : 11 hr than LD 14 : 10 hr at the beginning of winter especially. Contrarily, there was no significant difference in the once-overwintering nymphs between LD 13 : 11 hr and LD 14 : 10 hr. It was suggested that there was a difference in intensity of diapause between twice-overwintering nymphs and once-overwintering ones. On the other hand, it seemed that photoperiod did not affect the stage of the embryonic development.

はじめに

ヤマトゴキブリ *Periplaneta japonica* (karny) は、関東地方を中心に東北地方から関西、中国地方までに分布し、農家や樹木、下水溝などに生息する野外性の強い日本在来種のコキブリである (緒方ら, 1989). 冬季に積雪地帯の屋外で幼虫越冬が観察されており (田原・小

林, 1971, Tsuji and Tabaru, 1974), また, 一年を通じて屋外の生活史観察によると, 羽化期は5, 6月のほぼ2ヶ月間に限られ, また, 幼虫の越冬はふ化した時期によって1回または2回行われることが確認されている (小宮山ら, 1981).

Tsuji and Mizuno (1972, 1973) による家住性ゴキブリ4種を用いた室内実験では, ヤマトゴキブリは最も

耐寒性が強く、27℃の長日(LD 16:8 hr)では終齢で、20℃の短日(LD 8:16 hr)では2齢幼虫で休眠が見られ、辻(1993)はこれらの休眠は、長い産卵期間と発育期間のため不揃いになりがちな成虫羽化を初夏に集中させ、効率の良い交配と繁殖に役立てようとするのであろうと推論している。また、緒方ら(1979)はバイオトロンを用いた室内実験から、本種が中日本の自然条件によく適合し、無加温で休眠越冬することを明らかにしている。こうした季節適応は多くの野外性昆虫でよく知られており、日長が発育や生殖活動を調節する主な要因となっていることが、多くの実験研究から確認されている(ダニレフスキー, 1961, 正木, 1974, 1981, 竹田・田中, 1993)。著者はヤマトゴキブリの生活史における日長の役割の具体的な解明を目的として、温度条件を一定にして日長を変化させ、発育に及ぼす日長の効果を主に休眠の誘起や消去に關与する光周反応の観点から検討した。

材料および方法

供試昆虫

供試虫のヤマトゴキブリは次の2コロニーを用いた。
室内コロニー: 1964年以来25℃, 16時間照明下で累代飼育されているコロニーで、休眠導入実験に用いた。

屋外コロニー: 1976年東京都墨田区錦糸堀公園の樹幹で採集し、1978年5月まで横浜の気象条件にセットしたバイオトロン内で飼育し(緒方ら, 1979), 以後川崎市内の屋外ベランダ(直射日光と降雨を避けた場所)に移して飼育されているコロニーで、休眠導入実験の一部と休眠消去および卵期の実験に用いた。

実験条件

実験は全て3台のバイオトロン(田葉井製作所製Platinus A series Rainbow PR2A型)内で行い、温度は原則として25℃とし、越冬幼虫を用いた実験は20℃と25℃とした。相対湿度は50~80% RHで、日長は1日8, 12, 13, 13.5, 14, 16時間照明とした。なお、照明光源は10 W白色蛍光灯2本であった。

飼育には底面が10×16 cm, 高さ14.5 cmの透明プラスチック製容器を用い、底面には木くずを敷き、密度の高い場合にはひだ折りろ紙を入れた。なお、若齢時には、一部の実験で腰高シャーレ(直径11 cm, 高さ6 cm)も併用した。水とマウス・ラット用固形飼料(オリエンタル酵母社製)を適宜与え、原則として1日おきに死亡数や脱皮、羽化数を観察した。なお、幼虫の死亡率は実験開始時の供試虫数を分母とし、幼虫の発育経過や羽化率は死亡個体を差引いた数を分母として算出し

た。また、卵鞘はガラス製管びんにおおの1個ずつ入れて脱脂綿で栓をし、保存して観察した。

頭幅長の計測

幼虫の齢期は形態的特徴から肉眼によって判定し、齢期を明らかにするための個別飼育は低密度飼育による発育不良が懸念されるために行わなかった。そのため老齢幼虫の齢の判定が一部で困難になったため、計測によって齢を確認した。幼虫をエーテルで軽く麻酔し、マイクロメーターを用いて実体顕微鏡下で最大頭幅長を計測した。Tsuji and Mizuno (1972)によるスケールに基づいて齢を決定した。

結 果

1. 一定光周期で継続飼育された場合の幼虫発育における日長の効果

(1) 16, 8時間照明の場合

室内コロニーのふ化幼虫を用いて、1日16時間照明(LD 16:8 hr)と8時間照明(LD 8:16 hr)で飼育した。供試個体数はLD 16:8 hrでは合計100頭とし、LD 8:16 hrでは途中で一部を切り換え実験に転用したため67頭であった。その結果をFig. 1に示す。

長日区(LD 16:8 hr)では、幼虫の各齢期間の変動は齢を追うごとに大きくなったが、順調に脱皮をくり返し、ふ化135日後から羽化が見られ、50%羽化は167日後であった。しかし、一部の幼虫が8, 9齢(終齢)で発育の休止に入ったことによって、羽化は緩慢になり、ふ化300日後の羽化率は89.0%であった。そして、実験を終了した591日後における幼虫死亡率は5.0%を示し、羽化率は98.9%で、まだ1頭の終齢幼虫が残っていた。

一方、短日区(LD 8:16 hr)では、全く異なる発育を示した。すなわち、1齢期間は平均12.6日(S.D. ± 0.96日)で長日区の14.6 ± 2.75日と比べると短期間にしかもそろって脱皮が見られた($P < 0.01$)が、その後、2齢から5齢、主に3齢、4齢の幼虫齢で長期間の発育の休止が見られた(ふ化150~162日後までの幼虫死亡率7.0%)。しかし、約300日を経過した時点から約半数の個体が発育を再開し、ふ化466日後に♀1頭、567日後に♂1頭の羽化が見られた。実験を終了した593日後までの幼虫死亡率は28.4%で羽化率は4.2%であり、残存した幼虫は4.5. 6齢を主にした3~9齢であった。

(2) 14, 12時間照明の場合

室内コロニーを用いて14時間照明区(LD 14:10 hr)と12時間照明区(LD 12:12 hr)を設置し、ふ化幼虫の発育経過を観察した。供試個体数はLD 14:10 hrで合計72頭、LD 12:12 hrでは卵のふ化が揃わなかった

Fig. 1. The effect of photoperiods (LD 16:8 hr and LD 8:16 hr) on development of different instars in *Periplaneta japonica* (Laboratory colony).

Fig. 2. The effect of photoperiods (LD 14:10 hr and LD 12:12 hr) on development of different instars in *Periplaneta japonica* (Laboratory colony).

め合計 45 頭とした。その結果を Fig. 2 に示す。

LD 14:10 hr の幼虫は、順調に脱皮をくり返し、110 日後から羽化が観察された。一方、LD 12:12 hr では

ふ化 50~60 日後から 3~5 齢 (4 齢が 86%) で发育の休止が見られた。その後、LD 12:12 hr の実験区ではタイマーの故障が起こったため、ふ化後 130 日で実験

を打ち切った（幼虫死亡率 4.4%）。LD 14:10 hr はその後羽化のみを継続観察した。実験を終了した 233 日後までの幼虫死亡率は 13.4% で羽化率は 59.7% であり、残りの幼虫は 6~9 齢（主に 8, 9 齢）まで発育していた。

(3) 14, 13.5, 13 時間照明の場合

Fig. 2 の結果から臨界日長は 14~12 時間の間にあると推察して再び実験を行った。照明時間は 14 時間 (LD 14:10 hr), 13.5 時間 (LD 13.5:10.5 hr) と 13 時間 (LD 13:11 hr) とし、室内コロニーと屋外コロニーの両方を用い、供試数はおおよそ 58~60 頭とした。羽化率と幼虫の齢構成を 50 日ごとに肉眼で調べ、その結果を Table 1 に示す。

14 から 13 時間の日長では、いずれのコロニーも羽化は緩慢であったが、各光周期に対する反応はコロニー間で違いが認められ、屋外コロニーと比較して室内コロニーの発育はやや遅く、300 日後の羽化率も低かった。しかし、幼虫の齢構成をみると、いずれのコロニーでも中齢から老齢幼虫の一部（3 齢~9 齢）で発育の休止が見られ、日長が長くなるに従って、幼虫はより発育の進んだ齢で休止し、羽化率が高くなる傾向は認められたが、休眠と非休眠個体を区別するような明確な休眠ステージや臨界日長を求めることはできなかった。

2. 光周期を切り換えた場合の幼虫発育における日長の効果

幼虫期間の途中に日長の変化を受けた場合の光周反応を、室内コロニーを用いて、16 時間照明 (LD 16:8 hr) と 8 時間照明 (LD 8:16 hr) を組み合わせて実験を行った。供試数は 1 実験区あたり 15~19 頭とし、それぞれ

A, B と C, D の 2 区を設けた。

ふ化直後から短日 (LD 8:16 hr) で飼育して 100 日以上発育を休止している 3, 4 齢幼虫を長日 (LD 16:8 hr) に移した場合、発育の再開は速やかで 4~13 日後から脱皮が見られた (Fig. 3 A, B)。その後、7 齢までは順調に脱皮をくり返し、A, B の平均で 73.3% の羽化が見られたが、実験を終了した 495 日後にも 8, 9 齢の幼虫が残存しており、一部の老齢幼虫に発育休止が認められた。

逆に、ふ化直後から長日 (LD 16:8 hr) で飼育して、ふ化 49~56 日後に 5 齢になった幼虫を短日 (LD 8:16 hr) に移した場合の結果を Fig. 3 C, D に示す。6, 7 齢への脱皮はおおのの齢期間も短く揃って見られたが、8 齢以降は明らかな発育の遅延が見られた。そこで D の実験区は長日から短日に切り換えた 200 日後に再び長日に移しかえた。その結果、わずか 10 日後から羽化が始まり、その後の 21 日間に全ての個体が羽化した。一方、短日にそのままおかれた C の実験区では、羽化は緩慢にみられ、実験を終了した時点（切り換え後 478 日）での羽化率は 53.3% で残りは 8, 9 齢幼虫であった。また、羽化した個体の半数に前翅の形態異常が認められた。

3. 越冬幼虫に対する日長の効果

前述の光周期の切り換え実験で、日長を短日→長日 (Fig. 3A, B) または長日→短日→長日 (Fig. 3D) へと切り換えた場合に、発育の再開や羽化が一斉に見られた。これは、越冬幼虫の発育再開に日長が関与している可能性を示唆している。そこで、屋外で越冬している幼虫を用いて、休眠消去に対する日長の効果を検討した。

Table 1. Nymphal development at different photoperiods at 25°C in *Periplaneta japonica*.

Colony	Photoperiod	Nymphal stage (Accumulated percentages of adult emergence)				
		50*	100	150	200	300
Laboratory	LD 13:11	3rd-4th	3-4	3-5	3-8 (0%)	— (3.3)
	LD 13.5:10.5	4-5	4-7	4-9 (0)	4-9 (5.0)	— (18.3)
	LD 14:10	4-5	5-8 (0)	5-9 (3.4)	6-9 (8.6)	— (34.5)
Outdoor	LD 13:11	4-5	4-6	4-9 (0)	4-9 (3.4)	— (16.7)
	LD 13.5:10.5	3-5	5-8 (0)	5-9 (1.7)	5-9 (11.7)	— (58.8)
	LD 14:10	4-5	6-9 (0)	6-9 (5.0)	6-9 (15.0)	— (48.3)

*days after hatching

Fig. 3. Influence of photoperiodic shifts from LD 8:16 hr to LD 16:8 hr (A, B) or LD 16:8 hr to LD 8:16 hr (C, D) on development in *Periplaneta japonica* (Laboratory colony).

ヤマトゴキブリの屋外でのふ化は6月下旬から9月中旬まで見られ、早い時期にふ化した幼虫は老齢となって越冬し、翌年の5、6月に羽化する(1化性)。しかし、遅い時期にふ化したものは若、中齢幼虫で越冬して、翌年の夏に老齢となり、2回目の越冬を行って羽化は翌々年となる(1/2化)(小宮山ら, 1981)。そこで、まず2回越冬の終齢または過齢幼虫を12月初旬, 12月下旬, 1月上旬, 2月上旬, 3月上旬の5時期に20℃で14時間(LD 14:10 hr), 13時間(LD 13:11 hr)およ

び10時間照明(LD 10:14 hr)のバイオトロン内に移し、その後の羽化を観察した。供試数は1実験区15~21頭合計244頭とした。その結果を、羽化までに要した期間とバラツキ(標準偏差 S.D.)で示す(Fig. 4)。

屋外で継続して飼育したものは5月上旬から約1ヶ月間にそろって羽化した。それと比較すると20℃のバイオトロン内に移された幼虫はいずれも屋外の羽化期(5月上旬)よりも早く羽化し(羽化率91.5~97.5%), 長日ほど羽化までに要した期間は短く、バラツキが小さ

Fig. 4. Time required for adult emergence in *Periplaneta japonica* after transferred from outdoors to different photoperiods at 20°C (Outdoor colony).

い傾向が認められた。また、バイオトロンに移した時期による違いをみると、越冬の初期に移された幼虫は羽化までに長い期間を要したが、屋外での羽化期に近づく3月初旬ではいずれの日長でも約1ヶ月前後の短い期間内にそろって羽化が見られ、この時期にはすでに休眠が消失していることを示していた。また、平均の差の検定を行ったところ、LD 10:14とLD 13:11の実験区の間では12月初旬から1月上旬までの間に、LD 13:11とLD 14:10の実験区の間では12月初旬から3月上旬のいずれの期間にも有意水準5%で有意差が認められた。

次に2回越冬と1回越冬幼虫の比較実験を行った。ただし、バイオトロンの温度は25°Cで、日長は14時間(LD 14:10 hr)と13時間照明(LD 13:11 hr)とし、また、移した時期は12月上旬から3月上旬までの4時期とした。供試数は2回越冬幼虫は終齢または過齢幼虫を1実験区当たり20頭の合計160頭用いた。1回越冬幼虫は頭幅長を計測し、8~9齢幼虫を1実験区当た

り14~15頭の合計119頭用いた。1回の脱皮で羽化しなかった個体を除き、羽化までに要した期間とバラツキを求めた。その結果をFig. 5に示す。2回越冬幼虫の羽化率は76.0~91.0%であり、20°Cと比較してバラツキは大きかったがいずれも早く羽化した。また、LD 14:10 hrでは羽化までに要した期間が特に越冬の初期ほど大幅に短縮され、LD 14:10 hrとLD 13:11 hrとの有意差が顕著になったが、3月上旬にはこの差はなくなった。一方、1回越冬幼虫の羽化率は83.3~85.0%であり、いずれの実験区でもバイオトロンに移した15~20日後から羽化する個体が観察された。羽化までに要した期間は越冬の初期ほど長い傾向が認められ、12月初旬ではLD 14:10 hrとLD 13:11 hrの間に有意差($P<0.05$)がみられたが、2回越冬幼虫と比べるとその差は小さかった。

4. 卵期に及ぼす日長の効果

屋外飼育で得られた卵鞘を24時間以内に25°Cで16

Fig. 5. Time required for adult emergence in *Periplaneta japonica* after transferred from outdoors to different photoperiods at 25°C (Outdoor colony).

Table 2. Embryonic development after transferred from outdoors to different photoperiods at 25°C in *Periplaneta japonica* (Outdoor colony).

Time of oviposition	Percentages of oothecae hatched (Duration of incubation period)		
	LD 16:8 hr	LD 14:10 hr	LD 8:16 hr
Middle to end of May	75.0% (32.5 days)	60.7 (31.4)	75.9 (32.4)
End of June	50.0 (31.8)	46.4 (28.8)	43.3 (30.2)
Middle of July	80.0 (32.7)	64.3 (30.9)	46.7 (32.0)
Average	68.2 (32.4)	57.1 (30.5)	54.6 (31.7)

時間 (LD 16:8 hr), 14 時間 (LD 14:10 hr) と 8 時間照明 (LD 8:16 hr) のバイオトロン内に移し, ふ化の状況を観察した. 親世代の産卵時期の違いによる影響を調べるため 5 月中下旬, 6 月下旬, 7 月中旬に産下された卵鞘を 1 実験区あたり 22~34 個合計 375 個用いた.

1 頭でもふ化した場合はふ化卵鞘とみなし, 平均ふ化卵鞘率と平均卵期間を Table 2 に示す. 6 月下旬と 7 月中旬に産下された卵鞘では長日ほど若干ふ化率が高かったが, 平均値の χ^2 検定の結果, $\chi^2 = 6.533 < \chi^2 (4, 0.05) = 9.488$ で有意水準 5% で有意差は認められな

かった. また, 平均卵期間は, 屋外では気温の上昇にともなって徐々に短縮した (小宮山ら, 1981) が, バイオトロンに移された場合の卵期間は平均で 31.6 日であり, 日長の違いによる有意差は認められなかった ($\chi^2 = 0.037 < 9.488$). また, ふ化した卵鞘の 1 卵鞘当たりのふ化個体数は平均で LD 16:8 hr 12.1 頭, LD 14:10 hr 11.5 頭, LD 8:16 hr 12.3 頭であり, 明らかな差は認められなかった.

考 察

ヤマトゴキブリのふ化幼虫を 25°C で 1 日 8 から 16 時間までの日長で飼育した場合、長日ほど発育は促進されて羽化率は高い傾向を示し、また、12 時間よりも短い日長では若齢幼虫で長期間の発育休止が見られた。この発育の休止は、13~14 時間日長では一部の中、老齢幼虫で、また、16 時間日長でも一部の老齢幼虫で認められ、長日ほど休止するステージは老齢化する傾向は認められたが、休眠と非休眠個体を区別するような明確な休眠ステージや臨界日長を求めることができなかった。

今回得られた結果を、Tsuji and Mizuno (1972, 1973) の実験結果と比較すると、まず、16 時間照明では、いずれも終齢幼虫の一部で長期間の発育休止がみられ、その割合は Tsuji ら (実験温度 27±1°C) では約 50% であって今回の結果の方が明らかに高かったが、休止した齢は一致していた。また、8 時間照明では、実験温度を 20±1°C に設定した Tsuji らではすべては 2 齢で発育休止が起り、今回の結果 (休止は 2~5 齢) とは明らかに異なっていた。辻 (1993) は、室内実験の短日条件では 2 齢のみで発育休止がみられたが、柏崎市の屋外で採集された越冬幼虫のなかで、若齢は 2 齢が約 50% で 3 齢やそれ以上の個体も含まれることから、ヤマトゴキブリの越冬ステージは終齢とかなり幅のある若齢幼虫の 2 群であることを推察している。また、この越冬ステージの 2 極化はクロゴキブリやキョウトゴキブリの越冬個体でもみられ、温帯性ゴキブリに共通するものであろうと考察している (辻ら, 1993)。

しかし、今回実験を行った 13~14 時間照明の結果は、4~9 齢幼虫の一部で発育休止が観察され、ヤマトゴキブリの発育休止は 1 齢を除く全ての幼虫齢で起こることを示した。これは今回用いた屋外コロニーを川崎市の屋外で飼育した結果 (小宮山ら, 1981) とよく一致している。すなわち、越冬個体は 3 齢から終齢までの幼虫であり、過齢を含めた老齢幼虫が半数以上を占めていたが、特定の越冬ステージや齢の 2 極化はみられなかった。

ヤマトゴキブリと同様に広い越冬ステージを持つ昆虫の光周反応が報告されている。コウスバカゲロウ *Myrmeleon formicarius* は待伏せ型の捕食者であるため、主に食物供給に依存して 1 化から 1/2 化の生活史を持つが、1 齢から 3 齢までのすべての幼虫で越冬が可能である。越冬前の 1 齢幼虫を LD 12:12 hr から LD 16:8 hr の日長で飼育すると、長日ほど発育は促進され、蛹化率は高くなり長日型の光周反応を示す。しかし、ふ化後 400 日を経過しても幼虫でとどまる個体が存在し、

また、越冬後の臨界日長が変化する (Furunishi and Masaki, 1981, 1982)。羽化と蛹化の違いはあるが今回得られた結果と多くの共通点がみられ、このような光周反応は年 1 化または 1/2 化という長くて柔軟な生活史を持つ昆虫の特徴のようにも思われた。

また、今回の実験で、13~14 時間照明区では 2 つのコロニーを用いたが、休止個体の齢構成の点では、2 コロニーで同様の傾向が観察され、また、日長の切り換え実験でも室内コロニーは鋭敏な反応を示したことから、10 年以上に及ぶ累代飼育でも光周反応そのものは維持されているものと考えた。

一方、発育途中で光周期を切り換えた実験では、短日から長日、長日から短日のいずれにおいても、発育休止は 8, 9 齢でみられた。特に、長日から短日に切り換えた後の 6, 7 齢幼虫の発育は、1 齢から長日で継続飼育された場合よりも明らかに短くてよく揃っており、短日がこの齢期間の発育を促進し、より速やかに 8, 9 齢で休止させるような効果をもたらしたように思える。ヤマトゴキブリの屋外での羽化は 2 ケ月間に限られて 2 峰性であることから、この 8, 9 齢で越冬した幼虫だけが翌年に羽化し、残りはすべてもう 1 回の越冬を経て羽化すると考えられる (小宮山ら, 1981)。つまり、より多くの幼虫が 8, 9 齢幼虫まで発育して越冬することは翌年の繁殖力の増大につながる。日長のみでなく日長の変化もまた発育の調整に関与しているように考えられた。

また、発育の再開にも日長が関与する結果が得られた。すなわち、25°C の短日から長日への切り換えでは、すべての個体は 2 週間以内に発育を再開した (Fig. 3A, B)。また、長日→短日→長日の切り換えでも揃った羽化が見られた (Fig. 3D)。さらに、屋外で越冬している老齢幼虫を 20°C または 25°C の人工環境下に移すと、2 回越冬幼虫では長日ほど羽化までに要する期間は短く (Figs. 4, 5)、エゾスズでみられた休眠覚醒における光周効果 (Masaki and Oyama, 1963) と同様で、いずれも長日が発育の再開を促進する効果をもたらすと考えられた。

今回行った休眠覚醒実験の中で、2 回越冬と 1 回越冬幼虫で光周反応が異なっていたことは、生活史の中で重要な意味を持つと思われる。つまり、2 回越冬幼虫を冬季の 4 時期に人工環境に移すと、13 時間よりも 14 時間日長の方が明らかに羽化までに要する期間が短かく、その違いは越冬の初期ほど顕著であって 2 月上旬まで有意差が見られたのに対して、1 回越冬の老齢幼虫ではこの違いは越冬の初期でわずかにみられたのみであった。この越冬幼虫の反応の違いは発育休止 (休眠) の深

さの違いを示すものと考えられ、Brown (1973) は英国の屋外に生息するゴキブリ *Ectobius lapponicus* の越冬後の発育再開の違いにより、2, 3 齢幼虫は発育の休止 (quiescence) であり、4 齢は休眠 (facultative diapause) であろうと推察している。休眠後に臨界日長が変化する報告はコウスバカゲロウ *M. formicarius* で見られ (Furunishi and Masaki, 1981), Tauber and Tauber (1976) はこのような光周反応の変化は休眠終了の指標と解釈している。しかし、越冬経験の有無によって休眠の深さが変化するの興味深い。この休眠の深さの変化は、1 回と 2 回越冬幼虫の発育期の気象条件の違いによって説明できると思われる。つまり、川崎の屋外でのふ化期は 6 月下旬から 9 月中旬であり (小宮山ら, 1981), ふ化幼虫は盛夏から秋の半ばにかけて発育し、老齢幼虫になる頃にはすでに短日で低温となっている。従って、日長よりもむしろ低温による発育抑制効果があり (Tsuji and Mizuno, 1972, 1973), 深い休眠を必要としないと考えられる。一方、1 回の越冬で羽化できなかった幼虫は、長日で高温の気象条件で老齢幼虫に発育するため、晩夏や初秋の羽化を避けるためには、長日での発育休止に加えて深い休眠による確実な制御が必要であり、一部は過齢になって羽化を制御すると思われる。

今回の短日から長日への切り換え実験では、わずか数日で発育の再開が見られたが、これは屋外の 1 回越冬幼虫と同様に浅い休眠状態にあることを示すと考えた。しかし、越冬後の幼虫が 2 回目の越冬に導入される光周反応については実験報告がなく、また、越冬幼虫の生理生化学的な検討も必要と思われた。

また、卵鞘を用いた実験の結果は、平均卵期間、ふ化個体数では日長の違いによる差は明らかでなく、ふ化卵鞘率では長日で若干高い値を示したが、有意差は認められなかった。屋外飼育では越冬した卵鞘からのふ化は観察されていない (Tsuji and Tabaru, 1974; 小宮山ら, 1981)。また、室内実験では、20℃ の短日に移された卵鞘は 64 日後にふ化がみられたが、15℃ の短日ではふ化は認められていない (Tsuji and Mizuno, 1972)。以上のことから、ヤマトゴキブリの卵期には光周反応がないものと考えた。

摘 要

ヤマトゴキブリの発育に及ぼす日長の効果を室内実験により検討した。その結果、幼虫は長日型の光周反応を示し、ふ化幼虫を 25℃ の短日 (LD 8:16 hr, LD 12:12 hr) で飼育した場合は、主に若齢幼虫で長期間の発育休止がみられた。一方、13 時間以上の日長では、長日は

ど羽化率は高かったが、一部の中、老齢幼虫で発育の休止がみられた。発育の途中で光周期を切り換えた場合、短日 (LD 8:16 hr) から長日 (LD 16:8 hr) への変化では休止していた 3, 4 齢幼虫が短期間内に発育を再開し、逆に長日から短日への切り換えでは、5 齢幼虫は速やかに 6, 7 齢を経て、8, 9 齢で休止した。また、この一部を再び長日に戻すとよく揃って羽化した。また、屋外越冬幼虫を人工環境に移した場合、2 回越冬の老齢幼虫では羽化までに要する期間が 13 時間よりも 14 時間日長で明らかに短縮し、バラツキも小さかった。一方、1 回越冬幼虫ではこの差はわずかであり、休眠の深さの違いを示唆した。また、屋外で産下された卵鞘を用いた実験では、平均卵期間、ふ化卵鞘率、ふ化個体数のいずれにも日長による明らかな差がみられなかった。以上のことから、ヤマトゴキブリは、年 1 化または 1/2 化という柔軟性のある長い生活史を幼虫期の光周反応によって調整していることが明らかとなった。また、卵期には光周反応はないと考えた。

謝 辞

本実験は著者が (財) 日本環境衛生センターに在職中に行ったものであり、長年にわたりご指導いただいた緒方一喜博士ならびに田中生男博士、また、ご協力いただいた環境生物部の方々に深謝いたします。また、本稿をまとめるにあたり、環境生物研究会の辻 英明博士ならびに筑波大の河野義明博士に多くの有益なご助言を頂きました。心からお礼を申し上げます。

引用文献

- Brown, V. K. (1973) The overwintering stages of *Ectobius lapponicus* (L.) (Dictyoptera: Blattellidae). *J. Entomol.*, (A), **48**: 11-24.
- ダニレフスキー, ア. エス (1961) [日高敏隆, 正木進三訳, 1966] “昆虫の光周性” 293 pp, 東京大学出版会, 東京.
- Furunishi, S. and S. Masaki (1981) Photoperiodic response of the univoltine ant-lion *Myrmeleon formicarius* (Neuroptera, Myrmeleontidae). *Kontyû*, **49**: 635-667.
- Furunishi, S. and S. Masaki (1982) Seasonal life cycle in two species of ant-lion (Neuroptera: Myrmeleontidae). *Jpn. J. Ecol.*, **32**: 7-13.
- 小宮山素子, 緒方一喜 (1981) 屋外飼育ヤマトゴキブリの生活史観察. 衛生動物, **32**: 111-115.
- 正木進三 (1974) 気候適応と地理的変異. “昆虫の行動と適応” (大島長造編), pp. 221-245, 培風館, 東京.
- 正木進三 (1981) 季節適応の進化. “昆虫学最近の進歩” (石井象二郎編), pp. 143-156, 東京大学出版会, 東京.
- Masaki, S. and N. Oyama (1963) Photoperiodic control of growth and wing-form in *Nemobius yezoensis* Shiraki (Orthoptera: Gryllidae). *Kontyû*, **31**: 16-26.
- 緒方一喜, 重田寿子, 小宮山素子 (1979) ゴキブリのすみつき要因に関する研究 第 3 報 家住性 3 種の人工環境下での発

- 育パターン. 日環セ所報, **6**: 103-107.
- 緒方一喜, 田中生男, 安富和男 (1989) “ゴキブリと駆除” 197 pp, 日本環境衛生センター, 川崎.
- 田原雄一郎, 小林 腆 (1971) 積雪地帯でのヤマトゴキブリの屋外越冬に関する一知見. 衛生動物, **22**: 76-77.
- 竹田真木生, 田中誠二編 (1993) “昆虫の季節適応と休眠” 447 pp., 文一総合出版, 東京.
- Tauber, M. J. and Tauber, C. A. (1973) Environmental control of univoltinism and its evolution in an insect species. *Can. J. Zool.*, **54**: 260-265.
- 辻 英明 (1993) ゴキブリ類の生活史と休眠. “衛生害虫の発育休止と移動” (和田義人, 辻 英明編), pp. 51-60, 環境生物研究会, 京都.
- 辻 英明, 伊藤秀子, 山口 果 (1993) キョウトゴキブリ越冬個体における齢構成の2極化. ペストロジー学会誌, **8**: 13-17.
- 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.
- Tsuji, H. and T. Mizuno (1973) Effects of low temperature on the survival and development of four species of cockroaches, *Blattella germanica*, *Periplaneta americana*, *P. fuliginosa* and *P. japonica*. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, **23**: 185-194.
- Tsuji, H. and Y. Tabaru (1974) Stage composition of overwintering field populations of the Japanese cockroach, *Periplaneta japonica*. *Jpn. J. Sanit. Zool.*, **24**: 215-218.