

長崎地方におけるオオクロヤブカの越冬 に関する研究

小田 力, 和田 義人, 黒川 憲次, 上田 正勝
(長崎大学医学部医動物学教室)

伊藤 達也
(長崎市中央保健所)

Studies on the overwintering of the mosquito *Armigeres subalbatus* in Nagasaki area.

Tsutomu ODA, Yoshito WADA, Kenji KUROKAWA, and Masakatu UEDA (Department of Medical Zoology, Nagasaki University School of Medicine), Tatsuya ITOH (Nagasaki City Health Center)

Abstract: In the Nagasaki area, the diapausing larvae of the 4th instar of *Armigeres subalbatus* which appear from late October, pass through winter and pupate in late March, when the diapause is broken. The low temperature and the short day-length in October or later months are considered to play an important role for the induction of the larval diapause.

Tropical Medicine, 20(3), 157-166, September, 1978

はじめに

オオクロヤブカ *Armigeres subalbatus* は、我国においては4令幼虫で冬を越すが、卵態での越冬の可能性も報告されている (Chiba, 1968; 岩城, 1976; 真喜屋, 1968; 松沢, 1954; Sasa, 1949)。しかし、休眠卵、及び越冬幼虫の出現を誘起させる環境要因や、どの発育段階でその要因の影響を受けるかといった越冬の生理に関してはあまり研究されていない。

蚊の休眠現象には多かれ少なかれ日長や温度が関係している場合が多い (Clements, 1963)。そこでまず、本種の休眠幼虫の出現を誘導すると思われる日長と温度の影響をしらべるとともに、野外で幼虫個体群の令構成の季節的変動をしらべた。さらに休眠卵の出現の可能性も検討した。これらの結果を総合して本種の越冬様式の解明を試みた。

材料と方法

15, 21及び25°Cの各温度と8~16時間の範囲の日長とを組み合わせた恒温室、及び自然条件下にある屋外飼育室で実験を行なった。実験には25°C, 16時間日長

下で累代している長崎系のオオクロヤブカの吸血雌、及び畜舎で採集した吸血雌から得られた卵あるいは孵化直後の幼虫を用いた。

幼虫は20~650個体を1000mlの水を入れた長方形のホローびきの写真用バット (縦29cm, 横23cm, 深さ4cm) に入れ、エビオスとマウスの固型飼料の粉末とを等分に混合した餌を幼虫の密度に関係なく毎日0.2g あたえた。ただし、低温短日を受感する発育段階に関する実験では、上述の容器より小型のバット (縦19cm, 横16cm, 深さ3cm) に水600mlを入れ、これに100個体の幼虫を収容した。餌が蓄積して泥状の塊になった時には、これを取り除いた。

産卵培地として4×4×4cmのスポンジを用いた。スポンジには充分水を吸わせ、これを水を入れた腰高ジャーレの中に置き、水位が常にスポンジの高さの半分位のところに来るようにした。卵を乾燥する時には、スポンジから水を完全にしぼり出した後室内に放置した。

野外における蛹と幼虫の令構成の季節的变化の調査は、長崎市内にある丘陵地帯の53ヶ所の水肥溜につい

て1967年8月より1968年7月まで毎月2回行なった。調査は柄杓で5回掬い取り法で実施し、蛹あるいは幼虫を令別に数えた。

21°Cあるいは15°Cの温度と8~16時間の範囲の日長とを組み合わせた実験条件下で、1000mlの水を入れたバットに25°C、16時間日長条件下で孵化した1令幼虫を40~650個体入れて飼育し、蛹化数と、蛹化がほとんど終了した時点以後に残存した4令幼虫数を記録した。蛹化数あるいは残存幼虫数を日長別に合計して第1表に、また21°Cと15°Cでの蛹化状況を第1図に示した。

成 績

1. 21°C及び15°Cの温度と8~16時間の範囲の日長とを組み合わせた実験条件下での蛹と休眠幼虫の出現様相

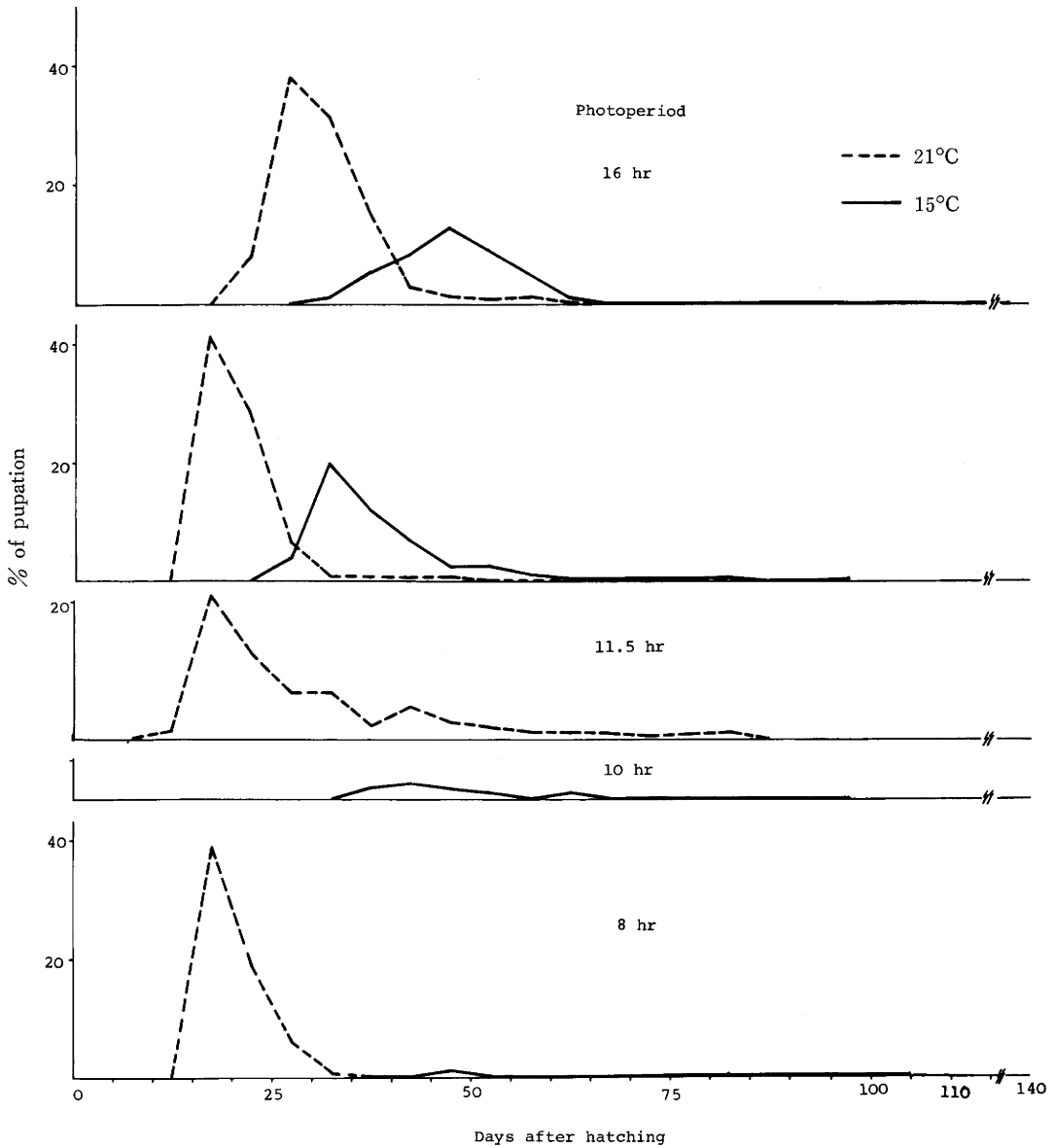


Fig. 1. Pupation curves of *Armigeres subalbatus* under the conditions with various photoperiods at 21 or 15°C (see Table 1).

Table 1. Percentages of pupae and diapausing larvae of the 4th instar of *Armigeres subalbatus* which were reared from the 1st larval instar under the conditions with various photoperiods and temperatures of 21°C and 15°C

Temp. (°C)	photo-period (hr : min)	No. pans used for rearing	Initial No. 1st instar larvae		Days of rearing	Pupae*		Diapausing larvae	
			No. in each pan	Total		No.	%	No.	% (Range)
21	16 : 00	1	500	500	86	487	97.4	0	0.0
	12 : 00	2	300, 300	600	50-90	494	82.3	0	0.0
	11 : 30	4	40, 370, 400, 650	1460	55-87	1065	72.9	0	0.0
	8 : 00	1	300	300	52	204	68.0	9	3.0 (3.0)
15	16 : 00	6	50, 100, 150, 200, 250, 500	1250	54-137	549	43.9	133**	10.6(0.0-19.6)
	12 : 00	3	100, 250 500	850	80-100	472	55.5	191**	22.5(19.2-30.0)
	10 : 00	4	85, 100, 250, 250,	685	100	68	9.9	103**	15.0(10.0-44.7)
	8 : 00	5	50, 100, 250, 300 500	1200	90-105	55	4.6	645**	53.8(20.0-78.0)

* Pupation curve is shown in Fig. 1.

** A part of these diapausing larvae were further reared at high temperature of 25°C (see Table 2)

21°C では、日長の長さに関係なく一般に高率に蛹化した。蛹化の山は飼育群によって異なるが、全体的にみると孵化後20~35日頃にみられ、40日頃には蛹化はほとんど終了し、残存幼虫はほとんど出現しなかった。

温度が15°Cに下ると、一般には蛹化は21°Cの場合に比べ遅れてはじまり、蛹化率は低下し、残存幼虫は増加した。しかし、同じ15°Cでも、蛹と残存幼虫の出現様相は日長の長さによって著しく異なる。長日区では蛹化の顕著なピークがみられたが、短日になるほ

どピークは小さくなり、遅れてだらだらと蛹化する個体の割合が増加した。また、残存幼虫は明らかに短日になるほど増加した。

本実験でみられた残存幼虫は、蛹がほとんど出現しなくなった後にも生存していたものであるため、これらの幼虫は休眠状態に入っていると考えられた。これを実証するため、それぞれの実験区で出現した休眠幼虫の一部を25°C、16時間日長の高温長日下に移して飼育した(第2表及び第2図)。

Table 2. Percentages of pupae of *Armigeres subalbatus* after transferring diapausing larvae of the 4th instar from conditions with various photoperiods at 15°C (shown in Table 1) into conditions with long photoperiod of 16 hours and high temperature of 25°C

Photoperiod before transferring (hr : min)	No. diapausing larvae*	No.	Pupae**	%
16 : 00	110	37		33.6
12 : 00	191	178		93.2
10 : 00	51	44		86.2
8 : 00	80	36		45.0

* Taken from diapausing larvae shown in Table 1.

** Pupation curve is shown in Fig. 2.

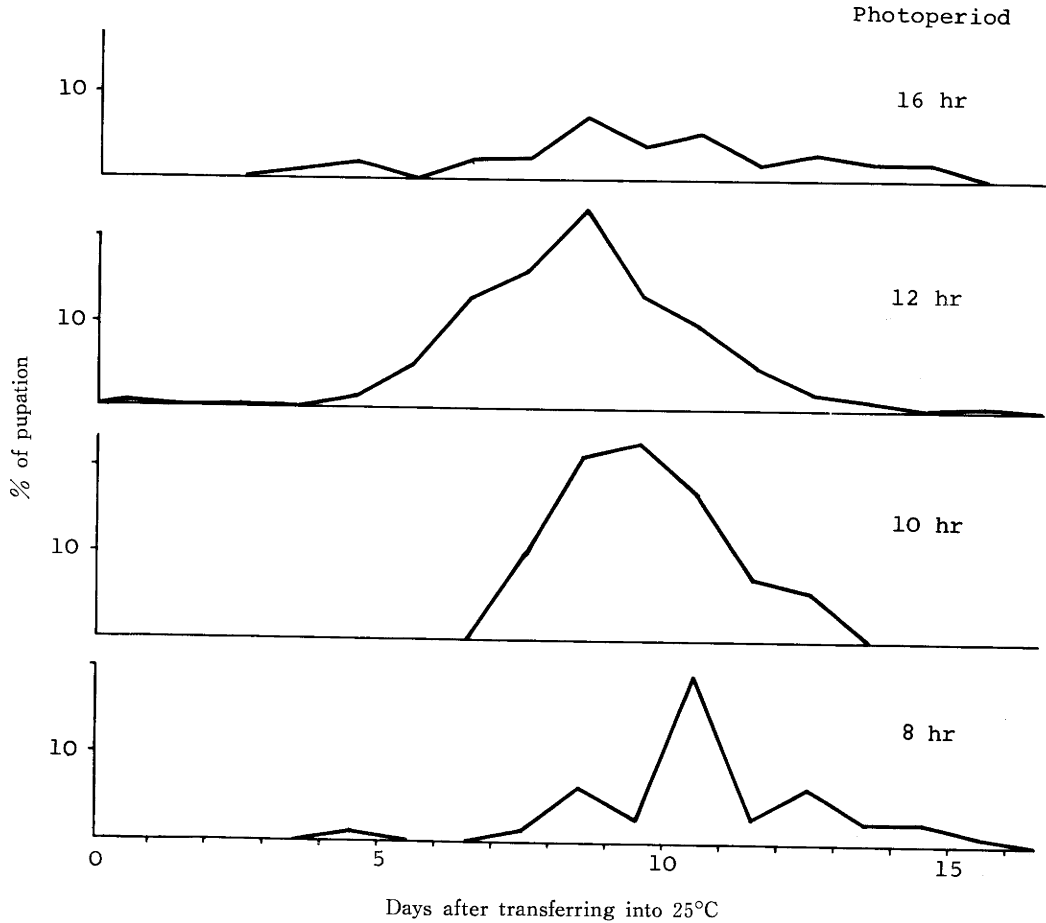


Fig. 2. Pupation curves of *Armigeres subalbatus* after transferring the diapausing larvae of the 4th instar from conditions with various photoperiods at 15°C into conditions with long photoperiod of 16 hours and high temperature of 25°C (see Table 2).

高温長日に移した直後あるいは2, 3日後にはほとんど蛹化せず, 蛹の大半は5日以降に出現した。このことから, 残存幼虫は休眠状態に入っていたと考えられる。

以上のことから, 15°C程度の低温下では本種の休眠幼虫は日長が12時間より短くなると出現することがわかる。

2. 低温短日を受感する発育段階

15°C程度の低温, 短日下で休眠幼虫が出現することは先にのべたが, 低温短日の影響をどの発育段階で受けて休眠状態に入ったかは未解決のままである。この点を明らかにするために次の実験を行なった。

25°C, 16時間日長の高温長日下でうまれた卵ある

いは孵化発育した1~4令幼虫をそれぞれ100個体ずつ, 15°C, 8時間日長の低温短日条件に移して飼育し, 蛹化数と休眠幼虫数をしらべた。その結果を第3表に示した。

3, 4令幼虫から低温短日に入れると, 全て蛹になり, 休眠幼虫は出現しなかった。2令から入れると, 蛹はやや減少し, 休眠幼虫が少数ではあるが出現した。卵あるいは1令より入れた場合には蛹になったものは極めて少なく, 低温短日に移し変えてから85日後でも69, 78%が4令の休眠幼虫として生存していた。

これらを高温長日に入れると, この場合にも5日頃から休眠の覚醒が起り蛹になりはじめた。以上のことから, 休眠幼虫は低温短日条件下にさらされている幼虫期間が長いほど多く出現して来るものと思われる。

このことをより明確に把握するため、高温長日 (25°C, 16時間日長) 下で24時間以内に3令になった幼虫100個体を低温短日 (15°C, 8時間日長) 下に

移し、それぞれの幼虫群に0.01~0.2gの餌をあたえて飼育し、蛹と休眠幼虫の出現数をしらべた。(第4表)。

Table 3. Numbers of pupae and diapausing larvae of the 4th instar of *Armigeres subalbatus* which were transferred in egg stage or in each larval stage from the condition with long photoperiod (16 hours) and high temperature (25°C) into the condition with short photoperiod (10 hours) and low temperature (15°C)

Developmental stages*exposed to specific photoperiod and temperature		Initial No. of larvae at 15°C	No. pupated in the indicated period (in days) after transferring into 15°C								Total	No. diapausing larvae		
			-5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70			-80	-90
25°C, 16 hours	15°C, 8 hours													
E, 1, 2, 3	4	100	70	30								100	0	
E, 1, 2	3, 4	100	97	1								98	0	
E, 1	2, 3, 4	100		37	12	1						50	29	
E	1, 2, 3, 4	100					5	3	2			10	78	
	E, 1, 2, 3, 4	100							1	1		2	69	

* Numerals show larval instars ; E = Egg.

Table 4. Numbers of pupae and diapausing larvae of the 4th instar of *Armigeres subalbatus* which were reared from the 1st larval instar to the 3rd with constant amount of food (0.2g) under the condition with 16 hour photoperiod and 25°C temperature and thereafter with various amounts of food under the condition with 10 hour photoperiod and 15°C temperature

Amount of food (g) per day	Initial No. of larvae	No. pupated in indicated period (in days) after transferring into 15°C									Total	No. of diapausing larvae	
		-5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80			-90
0.200	100	98	1									99	0
0.100	100	97	1									98	0
0.050	100	15	55	8	3	2						83	14
0.025	100	5	2	2	1							10	90
0.020	100	15	22	15	3							55	39
0.020	100	19	25	9	3							56	36
0.010	100		2	1						1		4	96
0.010	100			1	1	1					1	4	93

0.1, 0.2g の餌量区では、低温短日に移してから30日頃までに全ての幼虫が蛹になった。それよりも給餌量が減少するにつれ、蛹化の時期は遅れ、蛹は減少して休眠幼虫が増加した。幼虫期の餌の量が少ないと幼虫期間が長くなり、長期間低温短日にさらされるため休眠幼虫が増加したものと思われる。

3. 秋の屋外条件下での蛹と休眠幼虫の出現様相

野外における本種の休眠幼虫がいつ頃孵化した幼虫に由来するものであるかはまだわかっていない。そこで9月下旬から10月下旬にかけて牛舎で採集した吸血雌を屋外条件下で飼育し産卵させた。このようにして得られた卵より孵化した幼虫を同じ屋外条件下で12月

25日まで飼育して蛹と休眠幼虫の出現状況をしらべた。これらの結果は第5表に示してある。

Table 5. Percentages of pupae and diapausing larvae of the 4th instar of *Armigeres subalbatus* which were reared from the 1st larval instar under outdoor conditions from late September to late December, 1972

Date of hatching	Initial No. of larvae (A)	Percentage pupated during each part of month							Total (%)	Diapausing larvae	
		Oct.	Nov.			Dec.				No. (B)	% (B/A × 100)
			L	E	M	L	E	M			
Sep. 28	217	57.6	7.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	66.9	22	10.1
Sep. 30	334	58.1	18.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	77.9	18	5.3
Oct. 3	236	24.2	8.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.1	68	28.8
Oct. 7	160	30.0	6.9	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	41.3	54	33.8
Oct. 12	1200	0.0	0.5		0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	840	70.0
Oct. 22	300	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	189	63.0

Remarks : E, M and L show early, middle and late part of a month respectively. Diapausing larvae show the 4th instar larvae which survived till December 25.

9月下旬から10月中旬までに孵化した幼虫群では、蛹化は10月下旬から11月中旬までの間に起ったが、それ以後は全くみられなくなった。孵化時期が10月下旬とおそくなると、蛹は全く出現しなかった。このように蛹化率は孵化時期がおそくなるにつれ低下し、残存幼虫率は増加した。10月12日に孵化した幼虫に由来する残存幼虫を12月30日に高温長日に入れて飼育すると、5日頃から蛹になった。したがって、これらも休

眠幼虫といえる。この休眠幼虫の出現の誘起は、第1表に示した実験結果からみて10月の低温と短日条件によるものと思われる。

10月22日の孵化幼虫に由来する飼育群は12月25日の時点では189個体の4令幼虫と10個体の3令幼虫からなりたっていた。これらを令別にわけて飼育し、生存状況をしらべた(第6表)。

Table 6. Results of the rearing under outdoor conditions of immature mosquitoes of *Armigeres subalbatus*, which were in the 1st larval instar on October 22, 1972, and found as the 3rd or the 4th instar larvae on December 25

		No. mosquitoes on the indicated day							
Stage*	Oct. 22	Dec. 25	Stage*	Dec. 26	Mar. 13	Mar. 30	Apr. 10	Apr. 12-20	Apr. 22-28
1	300		→ 3	10	4	2	0		
2									
3		10							
4		189	→ 4	189	105	100	63		
			P				2	25	
			A					1	19

*Numerals show larval instars ; P = Pupa ; A = Adult

本実験では12月25日に3令であった幼虫は4令にまで発育せず3月下旬までに死亡した。休眠幼虫は4月上旬から休眠状態からさめて蛹になりはじめた。

4. 休眠幼虫の覚醒に及ぼす温度と日長の影響

休眠幼虫の覚醒状況が温度と日長によってどのように変わるかを明らかにするため、11月1日に水肥溜から4令幼虫を採集し、これらを25°Cの温度と8または16時間日長とを組み合わせた実験条件下に移して飼育し蛹化数をしらべた(第3図)。

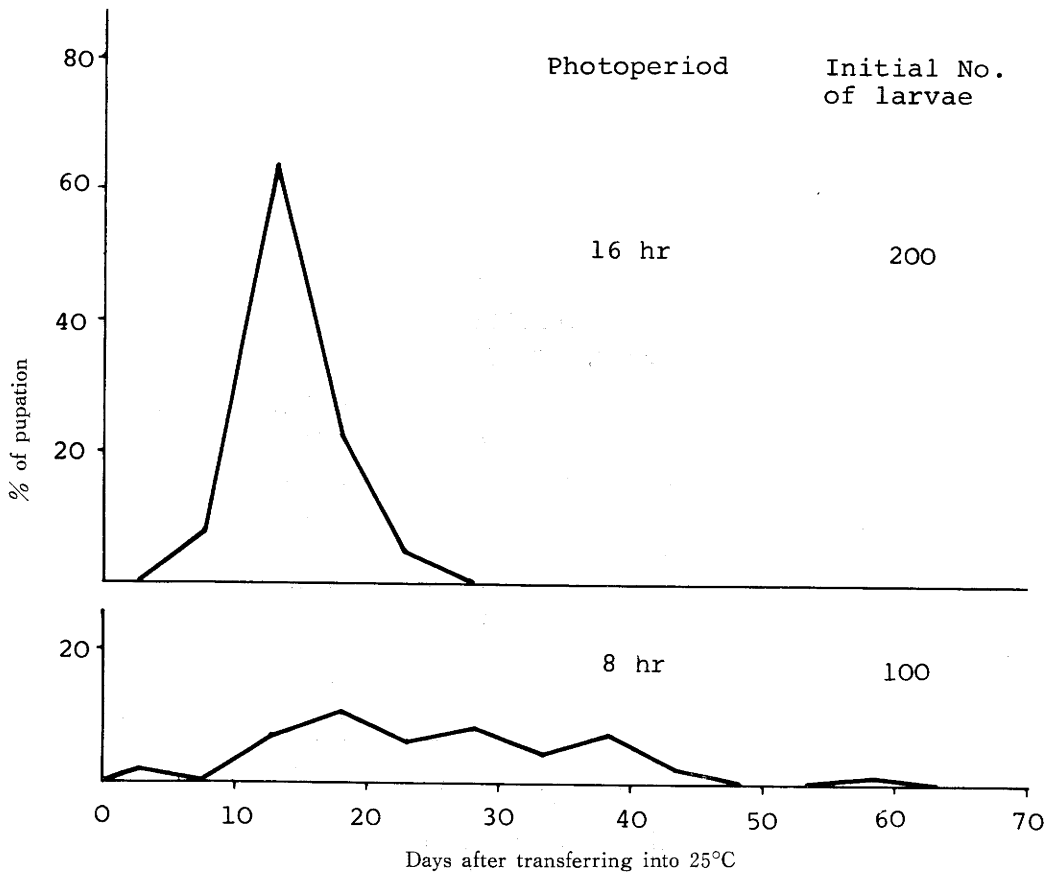


Fig. 3. Pupation curves of *Armigeres subalbatus* collected as the diapausing larvae of the 4th instar in fertilizer pits on November 1, 1972 and thereafter kept under the conditions with 8 or 16 hour photoperiod at 25°C temperature.

どちらの日長条件下でも、移した直後には蛹にならず、7日頃から蛹化がみられはじめた。16時間の長日下では、15日頃にピークがみられ、30日頃には蛹化は終了した。8時間の短日下ではだだらと蛹になり、蛹化終了まで60日を要した。したがって、11月初旬に野外に出現した4令幼虫はすでに休眠状態に入っていたことがわかる。また高温のもとでの短日条件は休眠幼虫の覚醒に対して抑制するように思われる。

5. 水肥溜における蛹、幼虫の令構成の季節的消長

1967年8月から1968年7月まで53個の水肥溜について月に2回、蛹および幼虫の数を令別に調査した。この結果を月別の令構成として第4図に示した。

1, 2令の若令幼虫と蛹は9月から徐々に減少し、12月には蛹は全く採集出来ず、少数の若令幼虫がみられた。これに対して3, 4令の高令幼虫は逆に増加し、1, 2月には大多数が4令幼虫であり、3月下旬

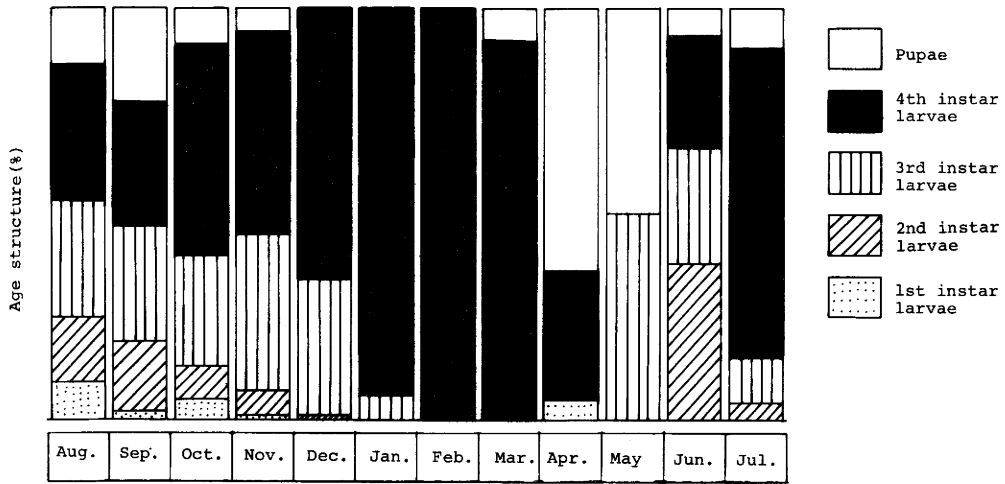


Fig. 4. Seasonal change in age structure of immature *Armigeres subalbatus* in fertilizer pits from August, 1967 to July, 1968.

になると蛹が出現しはじめた。

6. 10月の屋外条件下での卵の孵化状況

本種の卵が2~3ヶ月間未孵化のまま生存するという報告もあり (Weathersby, 1962), その結果は卵の越冬の可能性を暗示している。この問題を明らかにする目的で, 9月下旬に牛舎から本種の吸血雌を採集し, 屋外条件下で水に浸し4×4×4 cmのスポンジ

3個 (No. 1~3) に産卵させた。その後, No. 1のスポンジに付着した卵群はそのまま常時浸水させた。No. 2の卵群は産卵直後から2日間浸水させ, その後4日間乾燥させた後再び浸水させた。No. 3の卵群は産卵直後から6日間乾燥, その後浸水させた。このような処理を行なった卵群の孵化状況を第7表に示す。

Table 7. Percentages of hatching of eggs of *Armigeres subalbatus* which were kept in wet or dry state after oviposition under outdoor sub conditions in October, 1972.

Sponge No. (on which eggs* were laid)	No. eggs laid	No. eggs hatched	Percentage of hatching of eggs at the indicated days after oviposition													Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	99	79	0	0	0	78.8	0	0	1.0	0	0	0	0	0	0	79.8
Exposure condition of eggs			wet													
2	508	12	-	0	-	-	-	-	-	0	0	2.4	-	0	0	2.4
Exposure condition of eggs			wet			dry				wet						
3	183	3	-	-	-	-	-	-	0	1.1	0	0	0.5	-	0	1.6
Exposure conditions of eggs			dry						wet							

*Eggs were laid on October 5, by fed females which were caught on September 27 and then kept under outdoor conditions.

常時浸水した卵群 (No. 1) ではほとんどのものが孵化したが、産卵直後あるいは産卵2日後から乾燥させたNo. 3とNo. 2の卵群からはほとんど孵化しなかった。この未孵化卵には胚子は全く形成されていなかった。10月下旬に同じ実験を繰り返したが、結果はほとんど変らなかった。したがって、本種では10月の低温短日条件下で湿潤状態におかれた卵の多数は未孵化卵として長期間生存せず、短期間に孵化し、また耐乾性の卵は極めて少ないことがわかる。

考 察

秋遅く野外で採集したオオクロヤブカの4令幼虫を高温長日下に入れ飼育しても、すぐには蛹にならず、数日後に蛹化しはじめた。同様の結果は仙台のオオクロヤブカでも認められている (Chiba, 1968)。それ故、秋に出現する本種の4令幼虫は休眠状態に入っているといえる。

高温長日下で飼育された1~4令のそれぞれの发育段階の幼虫を低温短日下に移して飼育すると、低温短日下に幼虫がさらされている期間が長くなるほど、休眠幼虫が多く出現した。また、高温長日下で发育した3令幼虫を低温短日下に入れて給餌量を変えて飼育すると、餌の量の少ない時には发育期間が長びき、休眠幼虫は多くなった。ほぼ同様の結果は幼虫休眠する *Aedes triseriatus* でも報告されている (Clay and Vernard, 1972)。

彼らは、*Ae. triseriatus* の幼虫が休眠状態に入るか否かは、幼虫期の短日にさらされている期間によって決るので、幼虫の餌の量や温度も休眠の発現に関与するであろうと推論している。

1月の水肥溜の越冬幼虫の大多数は4令幼虫であったが、その中に少数の3令幼虫が混棲していた。後者は今回の実験成績からみて、4令幼虫にまで发育せ

ず、4月までに死亡すると思われる。岩城 (1975) も同様の結果を報告している。

本種の卵は2~3ヶ月生存し孵化するという (Weathersby, 1967)。このことは卵で越冬する可能性を暗示している。(Barr, 1964)。本実験では、10月に湿潤状態におかれた卵は短期間に高率に孵化し、また乾燥状態におかれたものは極めて低率にしか孵化しなかった。実験条件が必ずしも同じではないが、同様の事実は岩城 (1975) によっても観察されている。したがって、10月の自然条件下では湿潤状態で長期間生存するような卵や耐乾性のもの、いわゆる越冬卵が容易に出現するとは思われない。

オオクロヤブカの成虫では、野外で吸血したもののほとんどが季節を通じて成熟卵を形成する。一方、雌の経産率は秋に非常に高くなるが、春先には未経産雌ばかりがとれる。したがって、秋に見られる成虫は吸血と産卵を繰り返して冬までに死亡すると考えられ、成虫による越冬の可能性もほとんどない (Oda, et al, 1976)。

以上の結果を総合してみると、オオクロヤブカでは、休眠状態に入った4令幼虫のみが越冬するのが普通であるといえる。しかし、12-1月にかけて水肥溜ではかなりの4令幼虫が死亡するようであるので、越冬を完了しうる休眠幼虫はあまり多くないかもしれない。

結 論

長崎地方では、オオクロヤブカの休眠幼虫 (4令幼虫) は10月下旬頃から出現する。これらの休眠幼虫は3月下旬に休眠状態からさめて蛹になる。休眠幼虫は10月初旬以降に孵化して4令期にまで发育したものと考えられる。休眠の誘起には10月初旬以降の低温と短日が大きな役割を果している。卵及び成虫の越冬の可能性は非常に低い。

文 献

- 1) Barr, A. R. (1964): Notes on the colonization and biology of *Armigeres subalbatus* (Diptera, Culicidae). Ann. Trop. Med. & Parasit., 58 (2), 171-179.
- 2) Chiba, Y. (1968): The effect of photoperiod on the pupation of hibernating larvae of a mosquito *Armigeres subalbatus*. Jap. J. Ecol., 18 (1), 43-44.
- 3) Clay, M. E. & Vernard, C. E. (1972): Larval diapause in the mosquito *Aedes triseriatus*. Effects of diet and temperature on photoperiodic induction. J. Insect Physiol., 18 (8), 1441-1446.
- 4) Clements, A. N. (1963): The physiology of mosquitoes. International series of monographs on pure and applied biology. vol. 17, Oxford.

- 5) 岩城 操 (1976) : 日本産オオクロヤブカの生態学的研究. 京府医大誌 85 (8), 493-508.
- 6) 真喜屋 清 (1968) : 九州南部における蚊幼虫の越冬とその個体群の動態. 衛生動物, 19 (4), 223-229.
- 7) 松沢 寛 (1954) : 南九州地方におけるオオクロヤブカの季節的消長. 衛生動物, 5 (1, 2), 62.
- 8) Oda, T., Wada, Yoshito & Mori, A. (1976) : Follicular development and gonoactivity in *Armigeres subalbatus* females under various conditions. Trop. Med., 17 (4), 181-186.
- 9) Sasa, M. (1949) : Zoophilism, hibernation and appearance of mosquitoes of Japan. Jap. Med. J., 2(2), 99-107.
- 10) Weathersby, A. B. (1962) : Colonization of six species of mosquitoes in Japan. Mosquito News, 22(1), 31-34.