カイコにおける幼虫期の高温度衝撃が眠性ならびに アラタ体の神経分泌作用に及ぼす影響¹⁾

黄色 俊一*

東京農工大学農学部*

伴性晩成遺伝子 Lm^e および $+Lm$ に関して、遺伝子型を異にする数種の4眠系のカイコを供試し、第3眠脱皮直後の高温度衝撃 (38°C, 24時間) が、眠性およびアラタ体の神経分泌機能に及ぼす影響を調べ、次の結果を得た。

Lm^e が発現できる状態にある遺伝子型の幼虫は、高温度衝撃によって3眠化しやすくなるが、それは高温度衝撃によるアラタ体のホルモン分泌量の低下に起因する。またこのアラタ体のホルモン分泌量の低下は、高温度衝撃による脳のアラタ体支配機能の変化に起因する。さらに、高温度衝撃による3眠化は高温度衝撃後の飼育温度に影響され、20°C で飼育した場合は25°C で飼育した場合よりも、3眠蚕の出現率が低くなる。

昭和48年2月20日受付

ま え が き

カイコの幼虫脱皮回数は遺伝子支配を受けるが、しばしば環境条件によっても変更されることがある。4眠系の中から3眠蚕が出現する場合には品種的にみて二つの型があるが、いずれの場合も幼虫期間の長さは3眠蚕の方が4眠蚕よりも短い。その一つの型は4眠系の卵を低温 (17~20°C) で催青したり、稚蚕期 (第1令~第3令) を高温 (28~30°C) で飼育した場合にみられるように、正常の4眠蚕に比して稚蚕期の長いものが3眠蚕となる優性3眠型である⁴⁾。他の一つは第4令期初期の高温度衝撃などにみられるように、稚蚕期の長さは正常の4眠蚕と同じでありながら3眠蚕となる劣性3眠型である^{3,4)}。いずれの場合にも第4令期においてはアラタ体ホルモンの分泌量が低下し、前胸腺ホルモンの単独作用によって、早熟変態して3眠蚕となるものと考えられている^{1,3,4)}。

眠性に関与する遺伝子には2組の複対立遺伝子が知られている⁵⁾。その1組は M^3 , $+M$, M^e で、それぞれ3眠性、4眠性および5眠性を支配する主遺伝子であり常

染色体 (VI) に位置し、その形質発現の場はアラタ体であるといわれている⁵⁾。他の1組は Lm , $+Lm$, Lm^e (優劣関係は $Lm > +Lm > Lm^e$) で、 Lm は全幼虫期間を長くし、 Lm^e は短かくする作用をもっており、幼虫期間の伸縮によって間接的に眠性に関与し⁵⁾、伴性晩成遺伝子と称され⁶⁾、性染色体 (Z) に位置している。また、この伴性晩成遺伝子の形質発現の場は脳であると考えられている⁵⁾。 $+M$ をもつ4眠系の中では、 $+Lm$ の支配下にある系統よりもカンボージュのように Lm^e の支配下にある系統の方が、優性3眠型の3眠蚕を出しやすいといわれている^{2,5,6)}。しかしながら、劣性3眠型の出現に関してはまだ明らかではない。

そこで著者は、第4令初期の高温度衝撃による劣性3眠化が優性3眠化と同様、伴性晩成遺伝子 Lm^e および $+Lm$ の遺伝子型によって左右されるか否かを検討し、また、高温度衝撃によって生ずる3眠蚕に、アラタ体のホルモン分泌機能の低下が起こるか否かを確かめ、さらに、その場合にアラタ体が脳の支配をうけるか否かを究明する目的で、2, 3の実験を行なった。

材料および方法

供試した系統は4眠系の $R_4 \times T_{w1}$ およびその反交 $T_{w1} \times R_4$ で、それぞれ雌雄別に使用した。遺伝子型は前者の雌では $+M/+M$, Lm^e 、雄では $+M/+M$, $+Lm/Lm^e$ で、後者の雌では $+M/+M$, $+Lm$ 、雄では $+M/+M$, $+Lm/Lm^e$ である。いずれも卵期 (催青中) および幼虫全期を通じて、高温度衝撃の期間を除き、25°C

¹⁾ Toshikazu OSHIKI*: Effects of High Temperature Treatment on the Molting and Neurosecretory Function of the Corpus Allatum in Larva of the *Bombyx mori* L.

* Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo

で保護または飼育した。

高温度衝撃は、第3眠脱皮直後の幼虫をインキュベータに入れて、 $38 \pm 0.5^\circ\text{C}$ の条件で24時間行なった。またその期間中カイコは、約 $30 \times 20 \times 10\text{ cm}$ の密閉状態の箱の中で飼育された。高温度衝撃の影響を調べるために、無処理のものを対照として3眠化の程度およびアラタ体のホルモン分泌機能の比較を行なった。

アラタ体のホルモン分泌機能を検定するために、高温度衝撃をうけた幼虫から摘出したアラタ体または脳・アラタ体連合体を、日106号×大造の第4令幼虫(第3眠脱皮直後にアラタ体を摘出して20時間経過したもの)の体腔に移植した。移植されたアラタ体のホルモン分泌機能の判定は、被移植蚕(日106号×大造)の3眠蚕出現率の大小によって行なった。なお移植は 20°C の室内で行ない、麻酔が醒めるまで5～6時間絶食した後、 25°C に移してから桑葉を与えた。

結果および考察

1. 第3眠脱皮直後の高温度衝撃が眠性に及ぼす影響

$R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$ および $T_{w1}(\text{♀}) \times R_4(\text{♂})$ の幼虫を供試し、第3眠脱皮直後に 38°C で24時間の高温度衝撃を与えて、それぞれ雌雄別に眠性を調べた結果は Table 1 の通りである。

Table 1 に示すように、両系統とも無処理の対照区には4眠蚕(4M)のみで、3眠蚕(3M)は全く現れない。次に高温度衝撃区をみると、 $R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$ 系統の雌区にのみ3眠蚕が出現しており、その出現率も80.7%と著しく高いことがわかる。この区における大部分の幼虫は、高温度衝撃中から食欲が旺盛であり、処理直後すでに他区の幼虫より体重が重かった。これらの幼虫は処理後約120時間で吐糸を開始し3眠蚕となった。他の各区の幼虫は処理後約80時間で就眠し、すべて

4眠蚕となり、眠蚕の変化は認められなかった。

さて $R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$ および $T_{w1}(\text{♀}) \times R_4(\text{♂})$ の雌雄4区の中で、高温度衝撃によって3眠(劣性3眠型)化したのは、 Lm^e をヘミに持つ $R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$ の雌だけということになる。諸星⁵⁾、永友⁶⁾によれば、4眠系(+ M /+ M)のうち Lm^e をホモに持つ雄、および Lm^e をヘミに持つ雌だけが、卵催青期の低温および稚蚕期の高温によって3眠(優性3眠型)化しやすいという。したがって卵催青期の低温および稚蚕期の高温条件によって出現する優性3眠化も、第4令初期の高温度衝撃によって出現する劣性3眠化も、いずれも Lm^e 遺伝子を通して行なわれているとみることができる。もちろん+ M 、+ Lm 型の系統でも、化性系統により、また温度条件により部分的に3眠化することが知られている⁴⁾が、Table 1 で明らかなように+ M 、+ Lm 型幼虫と+ M 、 Lm^e 型幼虫を比較すると、+ M 、 Lm^e 型の方が3眠化しやすいから、 Lm^e は+ Lm よりもその発現の場において、温度環境の影響をうけやすいと考えてよいであろう。

以上の結果、 Lm^e をヘミに持つ雌では、第3眠脱皮直後の高温度衝撃によって3眠化することが明らかになったが、この3眠化に伴って、アラタ体のホルモン分泌機能の低下が起こっているか否かを調べるために、次の実験を行なった。

2. 第3眠脱皮直後の高温度衝撃がアラタ体のホルモン分泌機能に及ぼす影響

第3眠脱皮直後高温度衝撃を与えると、3眠蚕が出現する $R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$ の雌幼虫を第3眠脱皮直後に2分して、一方は高温度衝撃を与え(高温度処理区)、他方はそのまま 25°C で飼育した(無処理区)。これらの幼虫のアラタ体のホルモン分泌機能を調べるため、高温度衝撃を与えた直後(無処理区は同時期に)アラタ体ま

Table 1 Induction of trimolter by treatment with the high temperature at the beginning of the 4th instar.

Strain	Sex	Treatment	No. of larvae				Rate of trimolter (%)
			Tested	Died	3M	4M	
$T_{w1}(\text{♀})$ × $R_4(\text{♂})$	♀, ♂	Control	100	0	0	100	0
	♀	38°C , 24hr	100	8	0	92	0
	♂	38°C , 24hr	100	5	0	95	0
$R_4(\text{♀})$ × $T_{w1}(\text{♂})$	♀, ♂	Control	100	0	0	100	0
	♀	38°C , 24hr	100	7	75	18	80.7
	♂	38°C , 24hr	100	12	0	88	0

3M: Trimolted 4M: Tetramolted

たは脳・アラタ体連合体を取り出して、それをあらかじめ第3眠脱皮直後にアラタ体を除去してある、日106号×大造の第4令蚕に移植した。なおこの日106号×大造は、アラタ体を除去しない場合は4眠蚕となり、除去した場合はすべて3眠蚕となった。したがってもし被移植蚕が4眠蚕になれば、移植されたアラタ体からのホルモン分泌は正常であったものと考えられるし、被移植蚕が3眠蚕になれば、アラタ体のホルモン分泌は低下していたものと考えることができる。

その結果はTable 2にみられるように、高温度処理区の幼虫のアラタのみを移植した場合は、3眠蚕の出現率は約7%（15個体中1個体）であって、3眠蚕出現率においては無処理区のアラタ体または脳・アラタ体連合体移植の場合と同様極めて小さいから、ほぼ正常なアラタ体ホルモンの分泌があったものと考えられる。これに対して高温度処理区の幼虫の脳・アラタ体連合体を移植した場合には、3眠蚕の出現率は高く53%（15個体中8個体）にも達している。このことは高温度衝撃の有無にかかわらず、アラタ体が単独ならホルモン分泌がほぼ正常に行なわれるのに対して、脳と連結している場合には高温度衝撃の影響が現われて、アラタ体のホルモン分泌機能が低下することを意味している。1に述べたように高温度衝撃によって3眠化が起こるのは Lm^e の支配下にある個体のみであり、またこの実験から、眠性変化に対する高温度衝撃の感受器官は脳と考えられるから、 Lm^e は脳において形質を発現することになり、高温度衝撃をうけた Lm^e 系の脳が、アラタ体のホルモン分泌を抑え、その結果3眠化が起こると考えられる。

3. 高温度衝撃後の飼育温度が眠性に及ぼす影響

Lm^e 遺伝子の支配下にある4眠系の幼虫は、第3眠

Table 2 Effect of transplantation of corpora allata taken from larvae treated with the high temperature on induction of trimolter.

Recipient	Donor	Organ	No. of larvae	
			3M	4M
J. 106×Di (Allatectomized 4th instar larvae)	—	None	12	0
	Treated	Br·CA	8	7
	Treated	CA(2)	1	14
	Untreated	Br·CA	0	9
	Untreated	CA(2)	0	9

Donor; $R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$; Female
Br·CA; Brain corpora allata complex,
CA(2); 2 corpora allata,
See Table 1 for treatment and symbols.

Table 3 Relationship between rearing temperature after treatment with the high temperature and segregation of trimolter.

Rearing temperature	Tested	No. of larvae		
		3M	4M	Non-cocooning
20°C	52	3	49	40
25°C	45	38	7	0

Silkworm; $R_4(\text{♀}) \times T_{w1}(\text{♂})$; Female.
See Table 1 for treatment and symbols.

脱皮直後の高温度衝撃によって3眠化することは以上の通りであるが、このような3眠化は決定的なものであって、その後の環境条件によって左右されないものであるか否かを明らかにするために次の実験を行なった。第3眠脱皮直後に高温度衝撃を与えた Lm^e をヘミに持つ雌蚕を2分して、第4令中を20°Cと25°Cの2つの異なった温度条件下で飼育し、それぞれの3眠蚕出現率を調べた。その結果はTable 3の通りである。

20°C飼育区の方が25°C飼育区よりも3眠蚕の出現率が低いことがわかる。20°C飼育区の4眠蚕の大部分（約80%）は不吐糸蚕であった。25°C飼育区の3眠蚕、4眠蚕および20°C飼育区の3眠蚕には不吐糸蚕は認められなかった。不吐糸蚕を解剖観察した結果、いずれの個体も中部糸腺に縊れが生じていた。またその多くのもは中部糸腺の異常のみならず、後部糸腺がほとんど退化していた（Fig. 1）。このような現象は、第3眠脱皮直後にアラタ体を摘出するとすべて3眠蚕となるが、摘出してから約30時間後に再び新鮮なアラタ体を移植した場合、すなわち、第4令期における一時的アラタ体ホルモンの欠如によって生ずる不吐糸蚕とよく似ていた。

以上の結果から、第3眠脱皮直後の高温度衝撃による

Fig. 1 Deformed silk glands of non-cocooning 5th instar larvae who were reared at 20°C after the high temperature treatment.

3眠化も、第4令中の温度条件によって修正をうけることがわかった。また、この実験で出現した絹糸腺の異常は、眠性変化に附随しておこる現象で、第4令期におけるアラタ体ホルモンの欠如の程度の小さいものが、絹糸腺異常4眠蚕となり、大きいものが3眠蚕となったと考えられる。

本研究を進めるにあたり、御指導を賜った東京農工大学教授諸星静次郎博士、論文を御校閲くださった東京農工大学教授中島誠博士に厚く御礼申し上げる。なお本研究の一部は、文部省科学研究費補助金によって遂行された。

文 献

- 1) FUKUDA, S. 1944. The hormonal mechanism of larval moulting and metamorphosis in the silkworm. J. Fac. Sci. Tokyo Univ. Sect 4, 6: 477-532.
- 2) 市川信一. 1941. 家蚕三眠性の一観察. 日蚕雑 12: 17-23.
- 3) 岩下嘉光. 1963. 蚕における眠性の変化と各種組織、形質の変化との関係に関する研究. 宇大農学報

特輯 17: 1-93.

- 4) 諸星静次郎. 1949. 蚕の發育機構. 「眠性に関する研究」5-38, 明文堂, 東京.
- 5) 諸星静次郎. 1950. 蚕の生理遺伝. 「品種の特性」17-66, 明文堂, 東京.
- 6) 永友雄. 1941. 三眠蚕の伴性的発現に就いて. 日蚕雑 12: 171-183.

Summary

Newly ecdysed 4th instar larvae of some tetramolter strains having different genotypes on the sex-linked maturing genes, Lm^e and $+Lm$, were subjected to high temperature of 38°C for 24hr, and effects of the treatment on induction of the trimolter and hormonal secretion of the corpora allata were examined. The results are as follows:

1. When the larvae being controlled by the gene of Lm^e were treated with high temperature, they often became trimolter due to the decrease of hormonal secretion in corpora allata controlled by the brain.
2. The inductivity of trimolter with high temperature treatment was affected by the rearing temperature after the treatment, being lower in 20°C than in 25°C.

(Received February 20, 1973)