

phospholipids.

Acknowledgment: The authors wish to express their appreciation to professor S. Ishii, Kyoto University, for his valuable suggestions and criticisms. They are also indebted to Mr. H. Honda for his kind advices in rearing the insects. Particular thanks are due to Mr. Y. Ichimasa for identification of fatty acid methyl esters.

References

1) Fast, P. G.: Insect lipids: A Review. *Mem. Ent. Soc. Can.*, No. 37, 5 (1964).
 2) Gilbert, L. I.: *Advances in Insect Physiol.*, Academic press, London and New York. 4. 69 (1967).
 3) Noguchi, H., Tamaki, Y. and Yushima, K.:

Annual meeting of Jap. Soc. Appl. Ent. Zool. 26 (1968) (in Japanese).

4) Kuwahara, Y. and Ishii, S.: *Botyu-Kagaku*, 33, 42 (1968).
 5) Folch, J., Lees, M. and Stanley, G. H. S.: *J. Biol. Chem.* 226, 497 (1957).
 6) Stoffel, W., Chu, R. and Ahrens, E. H.: *Anal. Chem.* 31, 307 (1959).
 7) Kilby, B. A.: *Advances in Insect Physiol.*, Academic press, London and New York. 1, 111 (1963).
 8) Fast, P. G.: *Lipids*, 1, 209 (1966).
 9) Ishii, S. and Urushibara, H.: *Bull. Nat Inst. Agr. Sci.* C-4; 109 (1954).
 10) Hirano, C.: *Jap. Jour. Appl. Ent. Zool.* 7, 59 (1963).

Studies on Sex Pheromones of Pyralididae. III. The Inheritance of the Abnormal Sex Ratio Condition in a Strain of the Almond Moth, *Cadra cautella* Walker (Phycitinae). Fumiki TAKAHASHI and Yasumasa KUWAHARA (College of Agriculture, Kyoto University, Kyoto) Received Jan. 10, 1970, *Botyu-Kagaku* 35, 11, 1970 (with English Summary 21).

3. メイガ科の性誘引物質に関する研究 (第3報) スジマグラメイガの異常性比の遺伝様式*
 高橋史樹・桑原保正 (京都大学農学部) 45. 1. 10 受理

30°Cで飼育すると正常な性比 (♀:♂=1:1) を示すが、低温 (20°C) で飼育するとほとんど雌のみが羽化し、雄は羽化しても交尾器に異常がみられるというスジマグラメイガ FT 系統の性質を遺伝学的に検討した。野外採集または継代飼育された5系統について、低温感受性をしらべたところ、3系統に世代を通じて遺伝する性比異常がみられた。FT 系統の異常性比の性質は母親を通じて細胞質遺伝する傾向の強いことが示された。異常性比は幼虫期と蛹期での雄の高い死亡率に基づいている。FT 系統幼虫の体液を性比の正常なスジマグラメイガの他系統の幼虫、およびスジコナマグラメイガとノシメマグラメイガの幼虫に注射したが、異常性比の性質を発現させることはできなかった。また細菌性のものの存在を体液中に確認することができなかった。スジマグラメイガの異常性比の性質を *Drosophila* や *Aedes* での場合と比較して考察した。

マグラメイガ亜科 Phycitinae に属する数種の蛾の性誘引物質の化学的研究と、それらの種間の相互関係の検討が筆者らによって進められている。性誘引物質の単離精製には大量の材料を必要とする。スジマグラメイガ *Cadra cautella* Walker の未交尾雌成虫の大量生産については、桑原ら¹⁰⁾および高橋ら²³⁾によって報告されたように、その1系統のもつ性比に關した特別な性質が利用された。すなわち、この系統を30°Cで飼育すると雌雄がほぼ同数羽化するが、低温 (20°C) で飼育するとほとんど雌のみが羽化し、雄は羽化しても、その交尾器には多くの異常がみられる²²⁾という性質である。

飼育条件によってほとんど雌のみを生ずるという1系統の性質が、他の近縁種にもみられる一般的な性質であるならば、その性質は近縁種の性誘引物質の抽出材料の生産を非常に容易にすると考えられた。そのため、その性質を示すFT系統の基礎的特性、とくにその遺伝様式についてしらべた。さらにその性質が細胞質遺伝をする可能性の高いことなどがわかったので、その性質の同種異系統および近縁の他種への伝達の可能性についても検討を加えたので、それらの結果を報告する。

実験材料と飼育方法

用いた材料は京都大学農学部昆虫学研究室において

* 京都大学農学部昆虫学研究室業績第426号。この研究は文部省科学研究費の援助を受けた。

1951年以来 30°C で飼育されてきたスジマダラメイガのいわゆる FT 系統、秦野タバコ試験場から1967年5月に分与をうけた S 系統、大阪府茨木市の某製菓工場から1965年11月に分与された M 系統、京都市内西陣の某雑穀店で1968年8月に採集した N 系統、および、かつて FT 系統を得たのと同じ場所である農学部構内の畜舎飼料庫から1965年8月に採集した W 系統である。

その他にスジコナマダラメイガ *Anagasta kühniella* Zeller とノシメマダラメイガ *Plodia interpunctella* Hübner を用いたが、それらは1967年10月から農学部農業研究施設において飼育されている系統である。これらの系統は遺伝学的には必ずしも純系とはいえない。

飼育は 30°C と 20°C の恒温室で、関係湿度約 70%、16時間の長日照明の下に行なった。食物として二硫化

炭素で燻蒸した米ぬかを用いた。

各系統はガラス鉢 (内径 11cm, 深さ 7cm) で、約 200 卵をぬか 20g で継代飼育した。いろいろの世代における 20°C と 30°C での羽化虫の性比をしらべる実験では 150 卵を 30g のぬかで、マヨネーズ瓶 (容量 480cc) で飼育した。遺伝関係をしらべる交雑実験ではガラスシャーレ (内径 11cm, 深さ 4cm) で約 200 卵を約 30g のぬかで飼育した。その他の場合もほぼこれらに準じた飼育方法を用いた。

卵の孵化率は産下後 24 時間以内の卵を、トラガント糊でトレーシングペーパーに貼着し、数日後の孵化状態を観察することによって求めた。羽化数は産卵後約 45 日間 (30°C) または約 90 日間 (20°C) に羽化した個体数であるが、いずれの場合にもほとんど全部の個

Table 1. Number of adults emerged in routine cultures of the strains S, W, and N at 30°C, and that reared at 20°C to test the effect of low temperature on sex-ratio. About 150 eggs obtained from routine cultures at 30°C were reared on 30g of rice bran at 30°C or 20°C in every generation. (♂) shows the males having abnormal copulatory organ.

Generation	20°C				30°C				
	Number of eggs	♂	(♂)	♀	Total	Number of eggs	♂	♀	Total
S: 1 '67 Aug.	300	112		110	222	150	53	53	106
2 Sept.	150	42		60	102	150	66	45	111
5 '68 Jan.	450	51		79	130	450	79	93	172
6 Feb.	150	21		26	47				
10 June	450	56		68	124	450	63	66	129
15 Oct.	150	15		15	30	150	17	22	39
17 '69 Jan.	150	9		12	21	150	8	11	19
19 Mar.	450	45		60	105	450	45	42	87
W: 1 '65 Sept.	300	4	2	50	56	300	49	67	116
2 Oct.	300	13	2	46	61	150	28	18	46
3 Nov.	300	6	50	103	159				
9 '66 June	150	11	2	40	53				
10 July	150	6		34	40				
12 Sept.	150	18		41	59	150	49	58	107
14 Nov.	150	14	2	37	53	150	52	54	106
17 '67 Feb.	150	22		32	54	150	40	43	83
19 Apr.	150	20		25	45	150	41	28	69
23 Aug.	150	12	1	32	45	150	37	36	73
25 Oct.	150	11		46	57				
N: 1 '68 Sept.	400	124		142	266				
2 Oct.	488	113	1	107	221	535	119	121	240
3 Dec.						410	62	82	144
7 '69 Apr.						150	17	14	31
12 Oct.	600	97	1	98	196	300	68	60	128

体がこの期間内に羽化を終える。

いろいろの系統を 20°C で飼育したときの性比

昆虫類において温度が性決定や性器官の発育に影響を与えることがしばしば報告されている^{1,5,8,9,22,24,25,26}。このような現象は特別な系統に限られる場合もあるが、近縁種間でかなり普通に観察される場合もある。たとえば Brust¹⁾はカナダの Manitoba 地方から採集された *Aedes* 属26種を致死温度に近い高温 (19~29°C) で飼育すると、本来雄になるべき個体がいろいろの程度の性転換をすることが、1化性の12種のものにみられたことを示している。

性比の異常が普通の飼育条件においてもみられる場合もまたしばしば報告されている。たとえばネッタイシマカ *Aedes aegypti* L. のある系統は雄をより多く生ずる。この性質は雄を通じて遺伝し、おそらく他の多くの系統や集団にもあると思われる⁴⁾。*Drosophila* 属のいくつかの種では、雌を多く生ずる個体の存在が北米その他の各地で観察され、遺伝機構についても研究が進められている^{2,11,12,13,16,17,19}。

スジマダラメイガの FT 系統にみられる、低温で飼育するとほとんど雌のみが羽化するという特性が普通にみられる現象であるかどうかを検証するために、まず採集地の異なる 5 系統 (FT, W, S, N, M) についての低温刺激の効果をしらべた。

これらの系統は 30°C で継代飼育を続けたが、適宜

の世代に卵を 20°C に移して飼育し、羽化虫の性比をしらべた。M 系統については以上の他に入手したとき 20°C で羽化した雌雄を用い、その後も 20°C で継代飼育したのものが、これを M20° 系統と呼ぶ、また M20° 系統の 4 代目から 30°C に移して継代飼育したものを M20°→30° 系統と呼ぶ。これらの飼育結果を第 1 および 2 表に示した。

どの系統でも 30°C で飼育したときは雌雄ほぼ同数羽化する。一方 20°C で飼育したとき、S 系統は 1~15 世代、N 系統では 2~12 世代にわたって性比には異常はみられないで、雌雄ほぼ同数羽化する。しかし W 系統と M 系統では入手当初から雄の羽化が異常に少ない。M20° 系統は観察した 4~12 世代にわたり 20°C で性比に異常はみられないが、M20°→30° 系統は 5~16 世代において 20°C で羽化した雄の数は異常に少ない。また 30°C での継代飼育期間の長短が性比におよぼす影響ははっきりしない。

FT 系統については、1959年の実験で低温による性比の異常が確認された²²⁾が、この特性が始めて認められたのはさらに早く 1954年であった。同年 10 月に卵 200個を米ぬか 40g とともに容器に入れ、研究室外の廊下に放置し、翌春 5 月に羽化した個体をしらべたところ、2個のくり返しとも雄の羽化は全くみられず、雌のみが 31頭と 22頭羽化していた。このように FT 系統の場合にも 1951年に採集してから 3 年目にはっきりとその特性が認められていた。

Table 2. Number of adults emerged in the strains M, M20°, and M20°→30° when reared at 20°C or 30°C. The temperature of routine culture is 20°C for M20°-strain and 30°C for M- and M20°→30°-strains. One hundred and fifty eggs were obtained from routine cultures and reared on 30g of rice bran in every generation.

Generation	Repli-cates	20°C				30°C			
		♂	(♂)	♀	Total	♂	♀	Total	
M: 3 '66 Jan.	2	18	4	49	71				
M20° : 4 '66 May	2	46	1	44	91				
5 July	2	55	2	75	132				
6 Oct.	2	65		57	122				
7 Dec.	2	53	1	68	122				
12 '67 Sept.	1	23		19	42	1	14	23	37
M20°→30°C:									
5 '66 Oct.	1	1	1	31	33	1	39	30	69
7 Dec.	1	1		42	43	1	64	56	120
9 '67 Feb.	1	1	5	49	55	1	49	63	112
10 Mar.	1		6	51	57	1	60	61	121
12 May						1	60	60	120
14 July	1	4	11	50	65	1	48	66	114
16 Sept.	1	2	10	56	68	1	67	47	114

以上の実験でしらべた5系統のいずれにおいても30°Cでは雌雄ほぼ同数羽化するが、FT, W, Mの3系統については20°Cの低温飼育によって雄の羽化が異常に減少することがわかった。このようにFT系統の異常性比の特性は、スジマダラメイガではごく限られた特殊なものではないように思われる。また採集して30°C飼育を続けた初期に異常性比の性質がみられ、その後世代を通じて長く保たれた遺伝的な性質と考えられる。

FT系統の20°C飼育で羽化した雌に30°C飼育で羽化した雄を交配し続けた場合の性比

FT系統を20°Cで飼育したときほとんど雌のみが羽化する。その雌に30°Cで羽化したFT系統の雄を交配し産卵させ、それを20°Cで飼育し、羽化する雌にふたたび30°Cでの雄を交配するという操作をくり返したときの羽化成虫の性比の変化をしらべた。

1964年から1967年までの19世代にわたる結果を第3表に示したが、正常な雄の羽化はほとんど増加しない。しかし交尾器に異常のある奇型の雄の羽化は9世代目ほどからかなり多くなっている。FT系統には継代飼育のとき飼育開始の日を1週間ずつちがえた4飼育系統があったが、それらの間には低温に対する感受性に若干の差異があることを前報²⁹⁾で述べた。この実験に用いた30°Cの雄はこれら4飼育系統の特定のものに限らなかったために、奇型の雄が多数生ずるようになったのではないかと思われる。

6, 12, および13世代目に羽化した雌と同時に20°Cで羽化した少数の雄を交配し、得られた卵を20°Cで飼育したが、いずれも羽化しなかった。しかし14世代目に羽化した雌と雄の交配による卵を飼育したときは(第4表, FL系統), 1~3世代にわたってやはり雄の羽化は異常に少なく、奇型の雄が多数にみられた。しかし、第3表に示した場合よりは雄の羽化が若干多かった。

先に述べた実験結果やこれらの結果は、FT系統の性比についての低温感受性が世代を通じて伝えられる遺伝的な性質であることを示唆する。

Table 3. The number of adults emerged of FT-strain reared at 20°C. Females emerged in every generation were crossed with males emerged in stock culture at 30°C. 150 eggs/30g rice bran.

Generation	Replicates	♂	(♂)	♀	Total
1 '64 July	4	4	36	173	213
2 Sept.	2	2	2	85	89
3 Dec.	2	1	2	130	133
4 '65 Feb.	2	0	2	77	79
5 Apr.	2	0	15	103	118
6 June	2	1	2	59	62*
7 Aug.	2	0	8	57	65
8 Nov.	1	0	0	46	46
9 '66 Jan.	2	3	30	89	122
10 Mar.	1	0	27	56	83
11 June	2	0	60	98	158
12 July	3	4	56	136	196*
13 Oct.	2	2	84	126	212*
14 Dec.	2	6	25	116	147**
15 '67 Feb.	2	0	38	114	152
16 Apr.	2	0	15	48	63
17 July	1	0	21	65	86
18 Sept.	1	0	12	51	63
19 Nov.	2	2	11	107	120

* Eggs obtained from crossing between females and males emerged in this generation did not develop to adult.

** A new line (FL-strain) was started from the eggs obtained from the cross between females and males emerged in this generation.

系統間交雑実験による異常性比決定機構の検討

野外から採集された *Drosophila* 属の数種, *D. obscura*, *D. pseudoobscura*, *D. persimilis*, *D. azteca* などにはほとんど雌だけを生ずる異常個体のみられる場合があるが、この形質の遺伝はX染色体によって伴

Table 4. The number of adults emerged in routine culture of the FL-strain (**in Table 3) at 20°C. 150 eggs/30g rice bran.

Generation	Replicates	♂	(♂)	♀	Total
FL:1 '67 Feb.	2	6	31	123	162
2 Apr.	1	3	17	69	90
3 June	1	4	9	26	40
4 Sept.	2	0	0	0	0

性遺伝することが知られている^{7,10)}。また *Drosophila* 属 *Sophophora* 亜属のいくつかの種で、異常性比の性質が母性遺伝する場合のあることが *D. bifasciata*¹¹⁾, *D. prosaltans*²⁾, *D. willistoni* と *D. paulistorum*¹²⁾, および *D. equinoxialis*¹³⁾ などに見られている。*D. willistoni* と *D. equinoxialis* の場合には完全に雌のみで雄はほとんど生じないが、*D. paulistorum* の場合には少数の雄が現われる。

FT系統の異常性比に関する特性の遺伝機構についての知見をえるために、20°C 飼育においても正常な性比を示す S 系統および N 系統との交雑を行ない、20°C と 30°C における羽化虫の性比をしらべた。

1) N 系統との交雑

孵化率：第5表に孵化率を示したが、30°C と 20°C

のいずれの飼育温度においても、両親のいずれの組合せにおいてもとくに大きい異常は認められない。孵化率の低い一部の組合せでも、繰り返し間の変動があるので、孵化率の若干の差は、むしろ親の交配の際に生息密度や性比を一定にしなかったために生じたものであり、遺伝的ではないと考えられる。

羽化率と性比：孵化幼虫が発育し、羽化する率は第6表に示したが、30°C では84%以上を示しており、いろいろな交配の組合せの間にはとくに目立った差はない。しかし20°C 飼育では後述する性比の異常と関連した羽化率の変化がみられた。ただしこの場合羽化虫数には雌、正常な雄および交尾器に異常のみられる奇型雄の全部を含めた。

羽化成虫の性比については第7表に示した。いずれ

Table 5. Percentage of egg hatching in the crossing experiment between FT-strain (F) and N-strain (N) at 20°C and 30°C.

♂ ♀	F			N			F ₁ (F♀×N♂)			F ₁ (N♀×F♂)			
	Number of eggs	Number hatched	%	Number of eggs	Number hatched	%	Number of eggs	Number hatched	%	Number of eggs	Number hatched	%	
F	20°C	649	484	74.6	412	269	65.3	748	545	72.9	600	336	56.0
	30°C	778	618	79.4	1013	708	69.9	723	551	76.2	600	276	46.0
N	20°C	656	516	78.7	489	346	70.8	800	552	69.0	400	274	68.5
	30°C	1200	1004	83.7	945	430	45.5	550	394	71.6	432	286	66.2
F ₁ (F♀×N♂)	20°C	400	306	76.5	600	374	62.3	600	480	80.0	558	394	70.6
	30°C	400	239	59.8	600	418	69.7	600	483	80.5	604	354	58.6
F ₁ (N♀×F♂)	20°C	819	490	59.8	600	349	58.2	600	370	61.7	800	419	52.4
	30°C	600	471	78.5	600	356	59.3	754	477	63.3	800	403	50.4

Table 6. Percentage of adult emergence from eggs hatched in the crossing experiment between FT-strain (F) and N-strain (N) at 20°C and 30°C.

♂ ♀	F			N			F ₁ (F♀×N♂)			F ₁ (N♀×F♂)			
	Larvae hatched	Adults emerged	%	Larvae hatched	Adults emerged	%	Larvae hatched	Adults emerged	%	Larvae hatched	Adults emerged	%	
F	20°C	484	262	54.1	269	215	79.9	545	380	69.7	336	209	62.2
	30°C	618	559	90.5	708	632	89.3	551	476	86.4	276	242	87.7
N	20°C	516	396	76.7	346	221	63.9	552	486	88.0	274	226	82.5
	30°C	1004	882	87.8	430	384	89.3	394	349	88.6	286	269	94.1
F ₁ (F♀×N♂)	20°C	306	299	74.8	374	276	73.8	480	369	76.9	394	346	87.8
	30°C	239	208	87.0	418	357	85.4	483	405	83.9	354	338	95.5
F ₁ (N♀×F♂)	20°C	490	352	71.8	349	278	79.7	370	277	74.9	419	321	76.6
	30°C	471	438	93.0	356	328	92.1	477	442	92.7	403	366	90.8

Table 7. Number of emerged moths in the crossing experiment between FT-strain (F) and N-strain (N) at 20°C and 30°C. The sex ratio at 20°C was compared with that at 30°C by χ^2 -test, in which the males having abnormal copulatory organ, (δ), were included in the number of males.

δ	♀	F			N			F ₁ (F♀×N♂)			F ₁ (N♀×F♂)		
		♀	F (♂)	♂	♀	N (♂)	♂	♀	(♂)	♂	♀	(♂)	♂
F	20°C	220	33	9	117	11	87	263	41	76	143	37	29
	30°C	270		289	310		322	227		249	123		119
		$\chi^2=94.32^*$			$\chi^2=1.85$			$\chi^2=39.99^*$			$\chi^2=14.35^*$		
N	20°C	229	41	126	107	1	113	247	2	237	128	27	71
	30°C	458		424	203		181	181		168	145		124
		$\chi^2=3.83$			$\chi^2=1.11$			$\chi^2=0.09$			$\chi^2=0.37$		
F ₁ (F♀×N♂)	20°C	147	16	66	157	17	102	176	17	176	178	13	155
	30°C	98		110	172		185	202		203	169	1	168
		$\chi^2=12.90^*$			$\chi^2=4.73^*$			$\chi^2=0.37$			$\chi^2=0.14$		
F ₁ (N♀×F♂)	20°C	237	28	87	171	4	103	161	34	82	191	29	101
	30°C	230		208	174		154	229		213	190		176
		$\chi^2=17.73^*$			$\chi^2=4.39^*$			$\chi^2=2.73$			$\chi^2=3.99^*$		

*: significant at 95% level

の交配の組合せにおいても 30°C 飼育では雌雄ほぼ同数の羽化がみられる。交尾器に異常のある雄個体も例外的にしかみられない。20°C 飼育において FT 系統の同系交配の結果では、これまでの結果と同じように雄が少なく総数の 16% に過ぎない。さらにそのうち正常な雄は少なく、21% であった。一方 N 系統の同系交配では雌雄ほぼ同数羽化する。F 系統と N 系統との交配の F₁ 世代においては雄の羽化の割合は両系統の中間よりはむしろ正常な比を示す N 系統に近い。しかし奇型雄は比較的多くみられる。F₂ 世代および戻し交配においても、雄の羽化がやや少なく、奇型雄の羽化が多くみられる。

奇型雄と正常雄を加えて計算したときの性比を 30°C 飼育における性比と比較したとき、FT 系統との戻し交配において差がとくに大きいことは、染色体上の遺伝子が関与している可能性があることを思わせる。しかし断定的な結論を下すことはできず、遺伝機構が複雑であることを示している。雄の羽化率の低い FT 系統で奇型雄の出現率が高く、いろいろの交配組合せでも雄の羽化率の低い組合せでは奇型雄の出現率が高いことは、雄性形質の発現機構の低温感受性と異常性比とが同一の機構によることを示していると考えられる。

これらの結果の解明には少なくとも次のようなことを考慮しなければならない。1) スジマグラメイガにおける性決定機構の問題、2) そのときに含まれる性決定因子が温度に対して感受性であること、3) さら

にその感受性の程度に系統間差異があることなどである。

2) S 系統との交雑

産卵能力：後述するように交配組合せによっては孵化率がとくに低いものがみられたので、雌 1 頭あたりの産卵数に異常がないかをしらべた。1 個のシャーレに雌 1 頭と雄 1~2 頭を入れて交尾産卵させて、その卵をかぞえた。スジマグラメイガの体の大きさは生息密度によっても飼育温度によっても大きい影響をうける。また雌 1 頭の産卵数はその体重によって大きく変化する^{20,21)}ので、体重の指標となる頭幅を同時に測定した。

いろいろの組合せの交配による産卵数の平均値とその 95% 信頼限界を頭幅値との関係において示したのが第 1 図である。実験のくり返しの数はそれぞれ 4~20 個である。図には FT 系統の雌の 30°C における頭幅 (Lmm) と体重 (Wmg)、および体重と産卵数 (E) との関係の実験式²¹⁾

$$L=0.660W^{0.225}$$

$$E=8.974(W-1.7)^{1.2847}$$

によって得られた曲線を同時に示した。

各組合せによって産卵数には多少があるが、FT 系統の雌個体の頭幅と産卵数との関係を示す曲線に従う変化をしているので、産卵数の多少は実験に用いられた雌個体の体の大きさによって生じたものと考えられる。しかし同系交配よりも系統間交雑の方が産卵数が多い傾向にあることが、それらの実験値が曲線より上

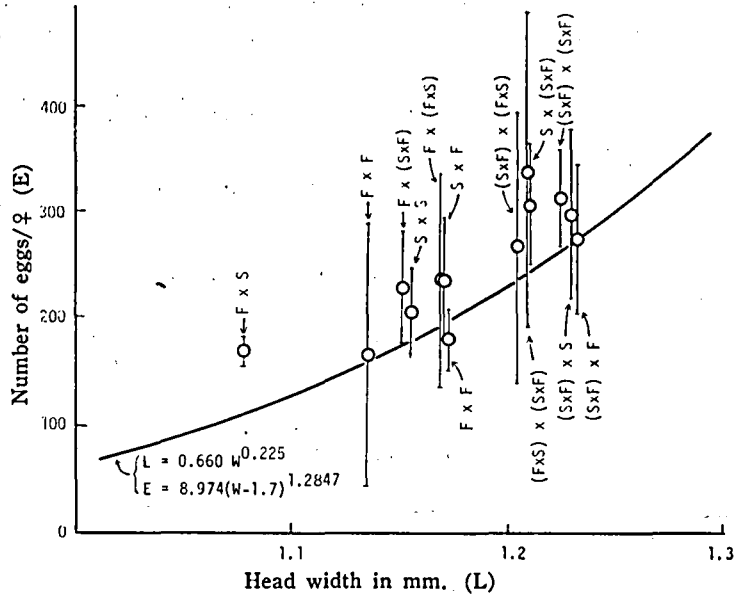


Fig. 1. Number of eggs deposited by a female moth in relation to her head width in the crossing experiment between FT-strain (F) and S-strain (S). The curve and the experimental equations indicate the relationship between the number of eggs deposited by a female moth and her head width of FT-strain at 30°C (from Takahashi 1968).

Table 8. Percentage of egg hatching in the crossing experiment between FT-strain (F) and S-strain (S) at 20°C and 30°C.

♀ \ ♂	F			S			F ₁ (F♀ × S♂)			F ₁ (S♀ × F♂)			
	Number of eggs	Number hatched	%	Number of eggs	Number hatched	%	Number of eggs	Number hatched	%	Number of eggs	Number hatched	%	
F	20°C	524	413	78.8	532	34	6.4	862	605	70.2	863	2	0.2
	30°C	500	409	81.8	1488	85	5.7	483	313	64.8	546	3	0.5
S	20°C	276	198	71.7	418	376	90.0	840	653	77.7	608	428	70.4
	30°C	678	523	77.1	416	390	93.8	768	615	80.1	519	364	70.1
F ₁ (F♀ × S♂)	20°C	568	227	40.0	710	171	24.1	798	462	57.9	647	10	1.5
	30°C	869	498	57.3	692	151	21.8	549	347	63.2	519	19	3.7
F ₁ (F♀ × F♂)	20°C	525	138	26.3	404	186	46.0	440	293	66.6	484	163	33.7
	30°C	503	144	28.6	950	672	70.7	429	301	70.2	458	171	37.3

にあることから考えられる。しかしS系統についての頭幅と産卵数との関係の曲線が得られていないので即断することはできない。次に述べるような孵化率に異常のみられる組合せの交配においても産卵数の異常はみとめられない。

孵化率：孵化率の様子(第8表)はN系統との交雑の場合と大きいちがいがみられた。すなわちF₁においてS系統の雌を親としたときには孵化率に異常がみ

られないのに対し、FT系統の雌を親としたときには孵化率が異常に低かった。この結果は数回繰り返し調べて確かめられた。戻し交配や他の交配の組合せの中にも異常に低い孵化率を示すものがみられた。このような現象は30°Cにおいても20°Cにおいても同様にみられるので温度によって支配されるものではなく、系統の遺伝的な性質に基づくものと考えられるが、異常性比の生ずる遺伝学的機構とは関係がないように考

Table 9. Percentage of adult emergence from eggs hatched in the crossing experiment between FT-strain (F) and S-strain (S) at 20°C and 30°C.

♂ \ ♀	F			S			F ₁ (F♀×S♂)			F ₁ (S♀×F♂)			
	Larvae hatched	Adults emerged	%	Larvae hatched	Adults emerged	%	Larvae hatched	Adults emerged	%	Larvae hatched	Adults emerged	%	
F	20°C	413	266	64.4	34	16	47.1	605	383	63.3	2	1	50.0
	30°C	409	388	94.9	85	64	75.3	313	264	84.3	3	2	66.7
S	20°C	198	187	94.4	376	328	87.2	653	544	83.3	428	348	81.3
	30°C	523	386	73.8	390	357	91.5	615	518	84.2	364	314	86.3
F ₁ (F♀×S♂)	20°C	227	136	59.9	171	119	69.6	462	287	62.1	10	2	20.0
	30°C	498	419	84.1	151	124	82.1	347	248	71.5	19	3	15.8
F ₁ (S♀×F♂)	20°C	138	118	85.5	186	174	93.5	293	244	83.3	163	154	94.5
	30°C	144	138	95.8	188	182	96.8	301	261	86.7	171	151	88.3

Table 10. Number of emerged moths in the crossing experiment between FT-strain (F) and S-strain (S) at 20°C and 30°C. The sex ratio at 20°C was compared with that at 30°C by χ^2 -test, in which the males having abnormal copulatory organ, (♂), were included in the number of males.

♂ \ ♀	F			S			F ₁ (F♀×S♂)			F ₁ (S♀×F♂)			
	♀	(♂)	♂	♀	(♂)	♂	♀	(♂)	♂	♀	(♂)	♂	
F	20°C	290	109	5	52	19	12	357	149	43	16	3	4
	30°C	272		272	73	1	108	191		212	2		4
		$\chi^2=45.57^*$			$\chi^2=11.62^*$			$\chi^2=29.58^*$			$\chi^2=1.34$		
S	20°C	359		395	259	1	258	275		269	348	1	361
	30°C	628		654	285		279	273		245	341		315
		$\chi^2=0.36$			$\chi^2=0.03$			$\chi^2=0.49$			$\chi^2=1.20$		
F ₁ (F♀×S♂)	20°C	85	48	3	67	20	32	387	67	125	2	1	0
	30°C	208		211	62		62	151		109	3		5
		$\chi^2=6.81^*$			$\chi^2=0.97$			$\chi^2=5.99^*$			$\chi^2=0.03$		
F ₁ (S♀×F♂)	20°C	123		163	174		163	121		144	103		124
	30°C	139		131	171		182	135		157	107		138
		$\chi^2=4.00^*$			$\chi^2=0.70$			$\chi^2=0.02$			$\chi^2=0.14$		

*: significant at 95% level.

えられるので、これについては別の機会に検討することにする。

羽化率と性比：この交雑の場合においても卵を30°Cで飼育すると、雌と雄はほぼ同数羽化する(第10表)。また幼虫からの羽化率も一部を除き大きい差はなく約70%以上を示している(第9表)。しかし20°Cでの飼育の結果はN系統を用いた場合とは異なっておりかなりはっきりした関係がみられる。すなわち、FT系統を母あるいは祖母にしたときには父はFT系統でもS系統であっても、あるいは両系統間の交雑子

孫であっても雄の羽化が異常に少なく、交尾器に異常のある奇型雄が多数羽化している。また幼虫からの羽化率は雄の羽化に応じた低い値を示している。しかしその他の場合、すなわちS系統を母や祖母にする場合には20°Cにおいても羽化虫は雌と雄がほぼ同数で、幼虫からの羽化率も約80%以上になり、正常とみなし得る。

これらのことから20°Cにおいて現われるFT系統の異常性比の性質は卵を通じて母性遺伝されるように思われる。また雄の羽化数が少ない理由は20°Cでの

發育途中で雄が死亡するためであると推察される。

異常性比発現の経過

高橋・六浦²²⁾と高橋ら²³⁾が述べたように、スジマグラメイガのFT系統に異常性比が生ずるための低温刺激の感受性が特別に強い幼虫發育期はみられない。また幼虫期と蛹期を通じて全体として20°C程度の低温で飼育することによって異常性比ならびに異常性形質が生ずることがわかっている。20°Cで飼育するとき終令期になると多くの幼虫はぬかの上や容器の壁をはい廻る。このとき幼虫の背面の皮膚を通してみえる精巣によって雌雄を判別したところ、すでに雄の比率は非常に少なくなっている。さらにそれらの皮膚を通してみえる精巣は正常な個体のそれに較べて異常に矮小化している。

この終令幼虫期の雌50頭と雄100頭をそれぞれ別々に20°Cで飼育を続けて羽化させたところ、雌幼虫からは健全な雌成虫が45頭(90%)羽化したが、雄幼虫からは雄成虫が28頭(28%)羽化したにすぎない。しかもそれらの雄の全部に交尾器の異常がみられた。このように幼虫終令期から蛹期における死亡率は雄においてきわめて大きい。

前報^{22,23)}に述べたように、低温の性比におよぼす効果は卵期にはみられないことを考えると、その効果は雄の發育途上での何らかの要因に基づく死亡によってもたらされるものと考えられる。少数の両性の個体のみられた²²⁾としても、前述^{18,9)}した *Aedes* 属の数種においてみられるような性転換が性比を異常にしたとは考えられない。*Drosophila*について性比がmeiotic driveによって異常になり、この効果は温度によってかわることが示された⁹⁾。しかし、これは卵子と精子の授精の際における現象である。スジマグラメイガFT系統の場合は幼虫の發育途上における雄の死亡によ

るもので、親の交尾の時期にも卵期にも低温の効果は認められないから、*Drosophila*にみられたmeiotic driveではない。

異常性比を示す性質の系統間、種間の感染性の検討

先に述べたように *Drosophila* 属のいろいろの種には異常性比を示す系統のあることが知られている。その性比を決定する因子(SR因子)は卵の細胞質を通じて伝わるスピロヘータ様の細菌である場合がある^{15,16)}。さらにその因子は卵の細胞質や体液を注射することによって、性比の正常な同種の異系統に、あるいは異種に感染させ得ることが知られている。しかしそのときのSR因子の働き強さは、因子の種類と寄主の種類との組合せによって異なる。そのような人為感染の成功例は同種の異系統間については *D. willistoni*^{14,17)}, *D. equinoxialis*¹⁸⁾ および *D. prosaltans*¹⁹⁾ にみられ、異種間については *D. willistoni*から *D. equinoxialis*¹⁸⁾ や *D. melanogaster*¹⁸⁾ への実験などにみられる。

スジマグラメイガのFT系統の特性については、これまでの実験から異常性比の発現は幼虫發育期間に生ずることや、卵を通じて細胞質遺伝をする可能性の高いことがわかった。この場合にも *Drosophila* の場合のような細菌による遺伝の可能性が考えられるので、そのような細菌の存在の有無についての顕微鏡による検査を京都大学農学部植物病理学研究室の大内成志氏に依頼した。しかし多数の幼虫について調査されたにもかかわらず、細菌様のものは検出されなかった。

体液の注射による感染の可能性を検討するため、FT系統幼虫の体液をN系統のスジマグラメイガ幼虫およびスジコナマグラメイガとノジメマグラメイガの幼虫の体内に注射し、その影響をしらべた。用いた体液はFT系統幼虫の体内から直接注射器で集めることと、幼虫腹脚を切断して溢出する体液をマイクロシリンジに

Table 11. Emergence from the larvae of N-strain of *Cadra cautella*, *Anagasta kühniella* and *Plodia interpunctella*, which are injected the haemolymph of FT-strain larvae.

Haemolymph is obtained from	Haemolymph is injected into	Number of larvae injected	Number of adults emerged	Mark of moths
FT ♀	→ N ♀	61	26	(A)
FT ♀	→ N ♂	44	12	(B)
FT ♂	→ N ♂	39	10	(C)
FT ♀	→ <i>Anagasta</i> ♀	16	4	(D)
FT ♂	→ <i>Anagasta</i> ♂	15	1	
FT ♀	→ <i>Plodia</i> ♀	38	10	(E)
FT ♀	→ <i>Plodia</i> ♂	24	3	
FT ♂	→ <i>Plodia</i> ♂	11	1	

Table 12. Number of moths emerged from eggs which are obtained by the crossing of moths emerged in the experiment shown in Table 11.

Species	Mark of parents in Table 12 ♀ × ♂	Number of moths emerged			Mark of moths	Number of moths emerged		
		Number of eggs	♀	♂		Number of eggs	♀	♂
<i>Cadra</i>	A × B	(reared at 30°C)			(G)	(reared at 20°C)		
	A × C	467	68	61		509	99	100
<i>Anagasta</i>	D × Normal ♂	287	65	68	(H)	430	79	83
	E × Normal ♂	(reared at 25°C)			(I)	(reared at 20°C)		
<i>Plodia</i>		(4pairs) 203	188			60	24	15
		?	39	44	(J)			

Table 13. Number of adults emerged at 20°C from eggs which are obtained by the crossing of moths emerged in the experiment shown in Table 12.

Species	Mark of parents in Table 12 ♀ × ♂	Number of eggs	Number of moths emerged	
			♀	♂
<i>Cadra</i>	G × G	700	128	122
	H × H	650	89	65
<i>Anagasta</i>	I × I	(13pairs)	1007	1009
<i>Plodia</i>	J × J	200	76	70
	J × J	?	128	143

集める方法によって得た。体液はマイクロシリンジで被注射幼虫の体内に 1~2μl ずつ注射した。

第11表には処理個体数と羽化数の関係を示した。それら羽化虫間の交配によって得られた卵を30°, 25°, および 20°C で飼育したとき羽化した成虫数を第12表に示した。第13表には第12表に示した実験でのスジマダラメイガの 30°C での羽化虫および、ノシメマダラメイガとスジコナマダラメイガの 25°C での羽化虫の同系交配によって得られた卵を再び 20°C で飼育したときの羽化虫数を示してある。

第12および13表を通じて、いずれの注射実験でも子世代も孫世代も羽化虫の性比には異常はみられなかった。このようにスジマダラメイガFT系統の異常性比を示す性質は異系統にも、他種にも体液注射によって感染させることは、ここに述べた予備の実験において不成功に終わった。

おわりに

スジマダラメイガFT系統の低温によって生ずる異常性比の性質が、交雑実験によって母性遺伝をする傾向の強いことが示された。しかし *Drosophila* の SR 因子のようなものの存在を確かめることができず、こ

の性質の遺伝機構を明らかにするまでに至らなかった。しかしながらこの研究でみられたいくつかの実験結果を *Drosophila* や *Aedes* での場合と比較することによっていくつかの問題点を示すことができる。

Drosophila の SR 因子に関しては、高温に保てば異常性比の性質が治療され、その後通常の温度に戻しても元の異常性比の性質に戻らないことが、*D. bifasciata*¹¹⁾ や *D. equinoxialis*¹²⁾ にみられるが、高温治療の効果のない *D. willistoni*^{12,13)} の場合もある。スジマダラメイガFT系統の場合、低温 (20°C) で飼育すると異常性比がみられるが、30°C で飼育すると異常性比を全く示さない。しかし潜在的には保ち続けるという点で *Drosophila* での異常性比の性質と異なる。Craig⁹⁾ が見出した *Aedes aegypti* の 1 系統は 27°C で幼虫を飼育すると成虫は正常な性比を示すが、30~34°C で飼育すると成虫の半分は正常な雌であり、残りの半分は閏性になる。35~37°C で飼育するとすべて形態的には雌になるが、その半分は遺伝学的には雄であることが示された。この現象は性に限定されて現われる体染色体にある劣性遺伝子で支配されているが、常温では潜在的に保たれ、高温で効果を示している。スジマダラメイガFT系統の場合は逆に低

温によって、性の転換には至らないが、雄の死亡率が高くなって性に異常を生じた。S系統との交雑実験では母性遺伝の傾向が強かったが、N系統との交雑実験では染色体の関与している可能性が棄て切れなかった。また低温での雄の死亡率の高いことと雄性形質に異常を生ずることが同一機構によっていることが考えられることから、*Aedes*の場合と同じように温度が性形質の発現の過程に影響を与えていることが考えられる。

以上に述べたようないろいろの類似点や相異点を含めて、FT系統の異常性比の性質の解明は遺伝学的にも生理学的にも今後にも多くの問題を残している。

引用文献

- 1) Brust, R. A.: *Canad. Entomol.*, 100, 879~891 (1968).
- 2) Cavalcanti, A. G. L., D. N. Falcão, and L. E. Castro: *Amer. Naturalist* 91, 327~329 (1957).
- 3) Craig, G. B.: *Proc. 12th Intn. Congr. Entomol. London, 1964*, 263 (1965).
- 4) Craig, G. B., W. A. Hickey, and R. C. Vandehy: *Science* 132, 1887~1889 (1960).
- 5) Dobzhansky, Th.: *Amer. Naturalist* 64, 261~271 (1930).
- 6) Erichson, J.: *Genetics* 51, 555~571 (1965).
- 7) Gershenson, S.: *Genetics* 13, 488~507 (1928).
- 8) Horsfall, W. R. and J. F. Anderson: *Science* 133, 1830 (1961).
- 9) Horsfall, W. R., J. F. Anderson, and R. A. Brust: *Canad. Entomol.*, 96, 1369~1372 (1964).
- 10) 桑原保正・北村実彬・高橋史樹・深海 浩: 防虫科学 33, 158~162 (1968).
- 11) Magni, G. E.: *Caryologia* 6 (suppl.), 1213~1216 (1954).
- 12) Malogolowkin, C.: *Genetics* 43, 274~286 (1958).
- 13) Malogolowkin, C.: *Amer. Naturalist* 93, 365~368 (1959).
- 14) Malogolowkin, C. and D. F. Poulson: *Science* 126, 32 (1957).
- 15) Poulson, D. F. and B. Sakaguchi: *Science* 133, 1489~1490 (1961).
- 16) 坂口文吾: 化学と生物 5, 738~740 (1967).
- 17) Sakaguchi, B. and D. F. Poulson: *Genetics*

46, 1665~1676 (1961).

- 18) Sakaguchi, B. and D. F. Poulson: *Genetics* 48, 841~861 (1963).
- 19) Sturtevant, A. H. and Th. Dobzhansky: *Genetics* 21, 473~490 (1936).
- 20) 高橋史樹: 日生態会誌 11, 239~245 (1961).
- 21) 高橋史樹: 植物防疫 22, 497~502 (1968).
- 22) 高橋史樹・六浦晃: 応動昆 8, 129~135 (1964).
- 23) 高橋史樹・北村実彬・桑原保正・深海 浩: 防虫科学 33, 163~168 (1968).
- 24) Wigglesworth, V. B.: *Quart. J. Micr. Sci.*, 77, 191~222 (1934).
- 25) Wilson, F.: *Aust. J. Zool.*, 10, 349~359 (1962).
- 26) Wilson, F. and L. T. Woolcock: *Aust. J. Zool.*, 8, 153~169 (1960).

Summary

The sex-ratio of a strain FT of the almond moth, *Cadra cautella* Walker shows strong abnormality when the strain is reared under the condition of 20°C. It extremely deviates from the normal 1:1 sex-ratio. Among the moth emergence nearly all is female and males have abnormal copulatory organ. However, no abnormality is found under 30°C.

The stability and persistence of the abnormal sex-ratio condition were observed in three strains out of five examined. The condition appears to be maternally transmitted through eggs.

The characteristic of the abnormal sex-ratio is a consequence of high mortality of males in their larval and pupal stages.

Trials to transfer the abnormal sex-ratio condition were made by injecting haemolymph of the FT-strain larvae into larvae of a normal strain of *Cadra cautella* and larvae of the different species of Phycitinae, *Anagasta kuhniella* and *Plodia interpunctella*. However, these attempts were unsuccessful.

Presence of microorganisms could not be detected by a microscopic examination of larval haemolymph of the FT-strain.

Abnormality of the sex-ratio was discussed comparing with the cases of *Drosophila* and *Aedes*.