



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	蚕卵におよぼす過冷却の影響 : III. androgenesis, gynogenesis およびモザイクの形成機構について
Author(s)	玉澤, 享; TAMAZAWA, Susum
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 10(4), 284-292
Issue Date	1977-09-30
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/11899">https://hdl.handle.net/2115/11899</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	10(4)_p284-292.pdf



# 蚕卵におよぼす過冷却の影響

## III. androgenesis, gynogenesis およびモザイクの 形成機構について

玉 澤 享

(北海道大学農学部附属農場)

(昭和52年2月7日受理)

## On the Influences upon Supercooling Treatments to the Silkworm Eggs, *Bombyx mori* L.

### III. On the Mechanism of Induction of Androgenesis, Gynogenesis, and Mosaic by Supercooling Treatments

Susumu TAMAZAWA

(Agricultural Experiment Farm, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo Japan)

(Received February 7, 1977)

著者は前報(1977玉沢)において正常雌に赤卵雄を交雑し、産下直後の卵を低温処理して、androgenesis現象に基づくと考えられる例外型の赤色卵および正常色と赤色のモザイク卵を多数得て、その出現頻度は処理温度、処理期間および処理開始時における卵齢により著しく相違することを明らかにした。しかし、これらの赤色卵およびモザイク卵は点青期あるいは催青期まで発育する卵は少く、ほとんどが赤色卵のまま致死する。まれに発育しても卵殻を食下して孵化する個体は極めて少ない。しかも孵化した個体は稚蚕期に致死したために、その形成機構を明確に証明できなかつた。そこで、今回は赤卵(re)、第2白卵(w<sub>2</sub>)、赤蟻(ch)、姫(p)および黒縞(Ps)の各因子を標識として実験を行ない、多数のandrogenesis個体およびモザイク個体を形成し得た。またこの実験過程で、gynogenesis現象に基づく個体を多数見出した。さらに、これら個体の形質の発現状態から、各々の形成機構を明らかにすることができたのでその大要を報告する。

本文に入るに先立ち、本研究の遂行にあたり終始ご指導をいただき、また本稿のご校閲をいただいた北海道大学農学部滝沢義郎教授に対し心からお礼申し上げる。

#### 材料および方法

実験材料は北海道大学農学部蚕学教室に保存されてい

る系統で、赤卵のre9と第2白卵のTw<sub>1</sub>を用いた。その因子型は次の通りである

re9: 黒蟻, 黒縞, 赤卵の各因子につき  
ホモ (+ch/+ch. P<sup>s</sup>/P<sup>s</sup>. re/re. +w<sub>2</sub>/+w<sub>2</sub>)

Tw<sub>1</sub>: 赤蟻, 姫, 第2白卵の各因子につき  
ホモ (ch/ch. p/p. +re/+re. w<sub>2</sub>/w<sub>2</sub>)

re9とTw<sub>1</sub>を相反交雑を行ない、産下直後から30分毎に150分までの発育段階の卵を、0°Cおよび-5°Cに1~4日間冷蔵したのち、24°Cに20時間保護して浸酸処理を行なった。各処理卵の着色後漿液膜細胞の着色状態を観察し、例外型卵(白色卵, 赤色卵)およびモザイク卵の発現頻度を調べた。さらに、卵色、蟻蚕体色、斑紋等の各因子を標識として、例外型卵およびモザイク卵から孵化した個体の形質の表現型を、卵—蟻蚕—幼虫—蛹—成虫を一貫して観察し、各々の個体の形成機構を検討した。なお、モザイク卵は漿液膜細胞中に正常色素、赤色素あるいは白色色素を有する細胞が明らかに混在する卵のみをモザイク卵とした。

#### 実験結果

##### 1. 例外型赤色卵, 白色卵およびモザイク卵の出現率

re9とTw<sub>1</sub>を相反交雑し、産下直後から30分毎に150分までの発育段階の卵を0°Cおよび-5°Cに処理し多数の例外型赤色卵, 白色卵および種々のモザイク卵が

第1表 ΓW区における例外型卵およびモザイク卵の出現率

交配型 (re/re ♀ × w<sub>2</sub>/w<sub>2</sub> ♂)

区 記 号	処 理 温 度	処 理 日 数	処 理 時 期 (卵齡)	供 試 卵 数	期 待 型			モザイク卵			死 卵
					正 常 卵 (+)	赤 卵 (re)	白 卵 (w <sub>2</sub> )	正 白 常 卵 と 卵 (+. w <sub>2</sub> )	正 赤 常 卵 と 卵 (+. re)	白 赤 卵 と 卵 (w <sub>2</sub> . re)	
ΓW <sub>1</sub>	-5	1	0~30	1168	0.9	0	0	0	0	0	99.1
			30~60	975	15.6	0	0.1	0	0	0	84.3
			60~90	441	4.9	0	0	0.5	0	0	94.6
			90~120	566	45.8	0.4	4.0	4.8	0	0	45.0
ΓW <sub>2</sub>	-5	4	0~30	1219	10.7	0.7	0.4	0.1	0	0	88.1
			30~60	760	9.6	6.3	22.2	0.8	0	0	61.1
			60~90	820	0	0.5	1.5	0	0	0	98.0
			90~120	1016	9.5	3.1	12.7	2.7	0.2	0.2	71.6
ΓW <sub>3</sub>	0	1	0~30	721	20.1	0	0	0	0	0	79.9
			30~60	458	48.3	0.4	2.4	0.2	0	0	48.7
			60~90	474	1.7	0.2	40.5	1.1	0	0	56.5
			90~120	661	39.0	0	31.3	14.1	0	0	15.6
ΓW <sub>4</sub>	0	4	0~30	796	15.0	0.1	13.3	0	0	0	71.6
			30~60	589	13.1	0.7	46.5	9.5	0	0	30.2
			60~90	989	1.5	0	16.4	0.2	0	0	81.9
			90~120	1308	28.5	0	7.2	1.5	0	0	62.8

第2表 WI区における例外型卵およびモザイク卵の出現率

交配型 (w<sub>2</sub>/w<sub>2</sub> ♀ × re/re ♂)

区 記 号	処 理 温 度	処 理 日 数	処 理 時 期 (卵齡)	供 試 卵 数	期 待 型			モザイク卵			死 卵
					正 常 卵 (+)	赤 卵 (re)	白 卵 (w <sub>2</sub> )	正 白 常 卵 と 卵 (+. w <sub>2</sub> )	正 赤 常 卵 と 卵 (+. re)	白 赤 卵 と 卵 (w <sub>2</sub> . re)	
WI <sub>1</sub>	-5	1	0~30	726	6.7	0.1	9.0	0	0	0	84.2
			30~60	1089	4.6	1.7	1.0	0	0.1	0	92.6
			60~90	2294	14.4	8.9	0.3	0.1	0	0	76.3
			90~120	3002	36.0	7.3	8.0	4.5	3.5	0.1	40.6
			120~150	1779	22.4	1.1	1.6	0.4	0	0	74.5
WI <sub>2</sub>	-5	4	0~30	1136	5.7	3.0	1.0	0	0	0	90.3
			30~60	1927	4.0	26.0	1.0	0.1	0	0	68.9
			60~90	2546	3.3	7.9	1.3	0.1	0	0	87.4
			90~120	3311	32.2	3.1	5.0	4.4	1.9	0.1	53.3
			120~150	1682	5.9	0.4	1.0	0.1	0	0	92.6

区 記 号	処 理 温 度	処 理 日 数	処 理 時 期 (卵齡)	供 試 卵 数	期待型	例 外 型		モザイク卵			死 卵
					正 常 卵 (+)	赤 卵 (re)	白 卵 (w <sub>2</sub> )	正 白 常 卵 と 卵 (+. w <sub>2</sub> )	正 赤 常 卵 と 卵 (+. re)	白 赤 卵 と 卵 (w <sub>2</sub> . re)	
WI <sub>3</sub>	0	1	0~30	740	31.5	16.6	0.1	0	0	0	51.8
			30~60	690	23.3	54.5	0	0	0.1	0	22.0
			60~90	792	10.9	41.9	0	0	1.2	0	46.0
			90~120	1018	27.0	34.4	1.1	0.3	3.0	0	34.2
WI <sub>4</sub>	0	4	0~30	631	0.3	67.0	0	0	0	0	32.7
			30~60	895	13.7	76.3	0.2	0	0	0	9.8
			60~90	721	0.7	66.4	0	0	0	0	32.9
			90~120	887	24.6	18.6	0.3	0	0.3	0	56.2

誘起された。その結果を第1, 第2表に示した。無処理区においては正常色卵のみで, 例外型の赤色卵, 白色卵およびモザイク卵は全く認められなかった(以後 re 9♀ × Tw<sub>1</sub>♂ の交配型を IW, Tw<sub>1</sub>♀ × re 9♂ の交配型を WI と略記する)。

本実験の供試卵は赤卵 (re/re) と第2白卵 (w<sub>2</sub>/w<sub>2</sub>) の相反交雑による F<sub>1</sub> 卵で, 本来ならば正常卵色 (+) となり, 赤色卵と白色卵は発現しない筈であるが, 第1, 第2表から明らかな如く, IW 区と WI 区共に期待型の正常色卵以外に多数の例外型赤色卵, 白色卵および正常色と白色 (+. w<sub>2</sub>), 正常色と赤色 (+. re), 白色と赤色 (w<sub>2</sub>. re) の3種類のモザイク卵が出現した。IW 区の白色卵と WI 区の赤色卵は, それぞれ父親の卵色因子を示すこと

から前報(玉沢 1977)で推定したように, 2精子の合体による androgenesis 現象に基づくものと考えられる。ところが, IW 区における赤色卵と WI 区における白色卵は本実験で新に出現した例外型卵で, これらの卵は母親の卵色因子のみを呈することから, 卵核と極体核の合体による gynogenesis 現象に基づくものと推察される。また3種類のモザイク卵は, おおのこの卵色因子の表現型から, (1) 正常受精核と androgenesis 核, (2) 正常受精核と gynogenesis 核, (3) androgenesis 核と gynogenesis 核との混在に由来するものと推測される。

本実験の結果から, 産下直後の発生初期卵の低温処理によって, androgenesis のみならず, gynogenesis も誘発されることが判った。androgenesis の出現頻度は

第3表 IW 区の例外型卵およびモザイク卵から孵化した個体数

区 記 号	処 理 温 度 (°C)	処 理 時 期 (分)	交配型 (re/re ♀ × w <sub>2</sub> /w <sub>2</sub> ♂)					
			例 外 型 卵		モザイク卵			
			赤 卵 (re)	白 卵 (w <sub>2</sub> )	+. w <sub>2</sub>	+. re	w <sub>2</sub> . re	
661 IW <sub>1-2</sub>	-5	0~30	8 0 0	5 0 0	1 1 0	0 0 0	0 0 0	
		30~60	48 0 0	170 7 3	6 0 0	0 0 0	0 0 0	
		60~90	4 0 0	12 0 0	2 0 0	0 0 0	0 0 0	
		90~120	34 0 0	152 16 4	54 9 6	2 0 0	2 0 0	
661 IW <sub>3-4</sub>	0	0~30	1 0 0	106 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	
		30~60	6 0 0	287 13 8	57 0 0	0 0 0	0 0 0	
		60~90	1 0 0	354 3 0	2 1 0	0 0 0	0 0 0	
		90~120	1 0 0	201 10 4	112 21 6	0 0 0	0 0 0	

第4表 WI 区の例外型卵およびモザイク卵から孵化した個体数

交配型 ( $w_2/w_2 \times re/re \delta$ )

区 記 号	処理 温度 (°C)	処理 時期 (分)	例 外 型 卵			モ ザ イ ク 卵					
			赤 卵 (re)		白 卵 ( $w_2$ )		+. $w_2$		+. re		$w_2$ . re
			卵 孵 成 数 化 虫								
661 WI <sub>1-2</sub>	-5	0~30	35 0 0	77 3 2	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0			
		30~60	519 0 0	31 1 0	1 1 0	1 0 0	0 0 0				
		60~90	401 0 0	40 1 1	6 0 0	0 0 0	0 0 0				
		90~120	322 7 3	404 50 26	228 76 51	172 12 7	4 0 0				
		120~150	27 0 0	44 6 3	9 7 4	0 0 0	0 0 0				
661 WI <sub>3-4</sub>	0	0~30	566 0 0	1 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0				
		30~60	1059 0 0	2 0 0	0 0 0	1 0 0	0 0 0				
		60~90	811 0 0	0 0 0	0 0 0	12 0 0	0 0 0				
		90~120	515 0 0	14 1 0	2 1 0	34 0 0	0 0 0				

前報(玉沢1977)の結果と全く同じ傾向を示した。gynogenesis の出現頻度は、第1, 第2表から明らか如く0°Cより-5°C処理区が高く、卵齢では0~30分間と90~120分間が出現率が高い。またre9よりTw<sub>1</sub>を母体にしたWI区の方が出現率が高い傾向が見られた。

次にIW区(第1表)およびWI区(第2表)に出現した例外型卵およびモザイク卵から若干の孵化個体を得られ、このうち約半数は成虫まで发育した。その結果を第3, 第4表に示した。

第3, 第4表から明らか如く、例外型卵およびモザイク卵から孵化した個体は少なく、さらにこれらの幼虫は虚弱で、稚蚕中に致死し成虫まで发育した個体は少ない。特に両区とも例外型赤色卵の孵化は極めて悪く、IW区の赤色卵は全く孵化せず、WI区では4233粒の赤色卵のうち孵化したのは僅かに7粒で、そのうち成虫まで发育したのは3個体に過ぎない。

2. 例外型卵およびモザイク卵から孵化した個体の形質

IW区とWI区の例外型卵およびモザイク卵から孵化した個体の形質を調べた。その結果を第5, 第6表に示した。この結果から各々の個体の形成機構を検討した。

まづIW区(第5表)の白色卵から孵化した個体(IW-P)は父親の劣性形質のみを示し、且つ全部雄で、これに父親と同じ系統を戻し交雑したBF<sub>1</sub>の形質は、父親と同じ劣性形質のみを示し、母親の優性形質は現われない。この事実から、この例外型白色卵は2精子の合体による

androgenesis 現象に基づくことが確認された。また正常色と白色のモザイク卵から孵化した個体(IW-m 1~3, IW-G 1~4)は、ほとんどがchと+chのモザイクで、斑紋はpとP<sup>s</sup>のモザイクとなり、成虫の複眼は白色、黒色あるいは白色と黒色のモザイク眼になり、明らかに父親の形質とヘテロの形質との併存が認められた。さらにgynandromorph 個体(IW-G 1~4)の外部生殖器の雌雄性は、p側に由来する部位は雄形質を示し、P<sup>s</sup>側に由来する部位は雌形質を示した。以上の結果から、このモザイク卵(+.  $w_2$ )は正常の受精核とandrogenesis核との混在に起因することが確認された。

次にWI区(第6表)の白色卵から孵化した個体(WI-P 1~3)は、母親の劣性形質のみを示し、その雌雄の割合は雌27雄5で、これに母親と同じ系統の雌雄にそれぞれ戻し交雑したBF<sub>1</sub>の形質は、母親と同じ劣性形質のみを示し、父親の優性形質は全く現われない。この事実から、この例外型白色卵は、卵核と極体核の合体によるgynogenesis現象に基づくことが確認された。ところで、WI-P 3の7個体は大小の不整形の白色卵を産下したが、全部孵化しなかった。この事実から、これらの個体は卵核と2つの極体核の合体した倍数性融合核に由来する3倍体と推定した。また正常色と白色のモザイク卵(+:  $w_2$ )から、chと+chのモザイク個体(WI-m 1~7, WI-G 1~4)と+chのみの個体(WI-S 1~3)が孵化した。前者はpとP<sup>s</sup>のモザイクで、成虫の複眼は黒色、白色あるいは黒色と白色のモザイク眼となり、後

第5表 IW 区の例外型卵およびモザイク卵より孵化した個体の形質

交配型 (re/re ♀ × w<sub>2</sub>/w<sub>2</sub> ♂)

卵色	個体記号	蟻蚕体色	幼虫斑紋		成虫の形質			BF <sub>1</sub> の卵色分	同個体数
			背面	腹面	眼色	外生殖器	生殖巣		
			左右	左右	左右				
w <sub>2</sub>	IW-P	ch	P P	P P	W W	♂	T T	w <sub>2</sub>	19
モザイク卵 (+w <sub>2</sub> )	IW-m1	+ ch	S P	S P	M W	♂	T T	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	3
	IW-m2	+ ch	S S	P P	b M	♂	T T	w <sub>2</sub>	2
	IW-m3	+ ch	P S	S S	W M	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	2
	IW-S1	+	S S	S S	M M	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	1
	IW-G1	+ ch	S P	S P	b M	G	O* T	—	1
	IW-G2	+ ch	S P	S P	W W	G	T T	—	1
	IW-G3	+ ch	S P	S P	b W	G	T** T	—	1
	IW-G4	+ ch	P P	S S	b W	G	O O	—	1

+, ch: 赤蟻と黒蟻のモザイク M: 白色と黒色のモザイク眼 S: 黒 縞  
 G: 雌雄モザイク P: 姫 O: 卵 巣  
 W: 白眼 T: 精 巣 b: 黒 眼  
 \*: 卵管内に卵管なし \*\*: 不整形の精巣

第6表 WI 区の例外型卵およびモザイク卵より孵化した個体の形質

交配型 (w<sub>2</sub>/w<sub>2</sub> ♀ × re/re ♂)

卵色	個体記号	蟻蚕体色	幼虫斑紋		成虫の形質			BF <sub>1</sub> の卵色分	同個体数
			背面	腹面	眼色	外生殖器	生殖巣		
			左右	左右	左右				
w <sub>2</sub>	WI-P1	ch	P P	P P	W W	♀	O O	w <sub>2</sub>	20
	WI-P2		P P	P P	W W	♂	T T	w <sub>2</sub>	5
	WI-P3		P P	P P	W W	♀	O O	w <sub>2</sub> *	7
モザイク卵 (+w <sub>2</sub> )	WI-m1	+ ch	P S	P S	W W	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	1
	WI-m2		P P	S P	b W	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 3	1
	WI-m3		S P	S S	b M	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	13
	WI-m4		P P	S S	W M	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	7
	WI-m5		P S	S S	M b	♂	T T	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	9
	WI-m6		P P	S S	W M	♀	O O	**	2
	WI-m7		P S	S S	M b	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 5 : 1***	1
ク卵 (+w <sub>2</sub> )	WI-G1	+ ch	P P	S P	M W	G	O O	—	1
	WI-G2		P P	S S	M M	G	T T	—	5
	WI-G3		S P	S S	M M	G	T T	—	3
	WI-G4		P S	S S	M b	G	T T	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	2
ク卵 (+w <sub>2</sub> )	WI-S1	+	S S	S S	b M	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	3
	WI-S2		S S	S S	W b	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	3
	WI-S3		S S	S S	M b	♂	T T	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	2

卵色	個体記号	蠶蚕体色	幼中斑紋		成虫の形質			BF <sub>1</sub> の卵色分	同個体型数
			背面	腹面	眼色	外生殖器	生殖巣		
			左右	左右	左右				
re	WF-r	+	S S	S S	r r	♂	T T	re	3
モクザイ卵 (+.re)	WF-mr 1	+	S S	S S	Mr b	♀	O O	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	1
	WF-mr 2		S S	S S	Mr r	♂	T T	+ : w <sub>2</sub> = 1 : 1	1
	WF-rG		S S	S S	b r	G	O O	—	2

形質記号は第12表と同じ。

r: 赤眼      Mr: 赤色と黒色のモザイク眼

\*: 大小の不整形卵      \*\*: 不整形卵      \*\*\*: 大形卵

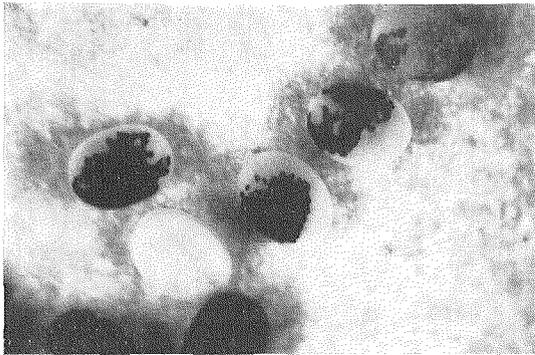


写真-1 正常色と白色のモザイク卵 (+w<sub>2</sub>)

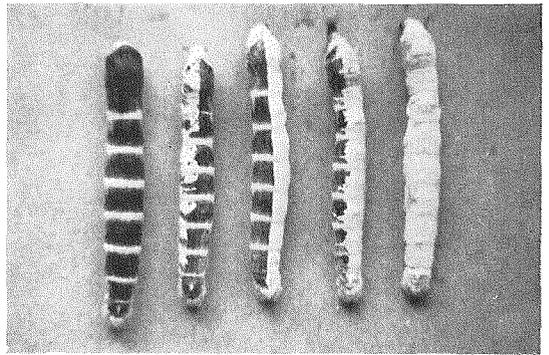


写真-2 黒縞 (P<sup>s</sup>) と姫 (p) とのモザイク

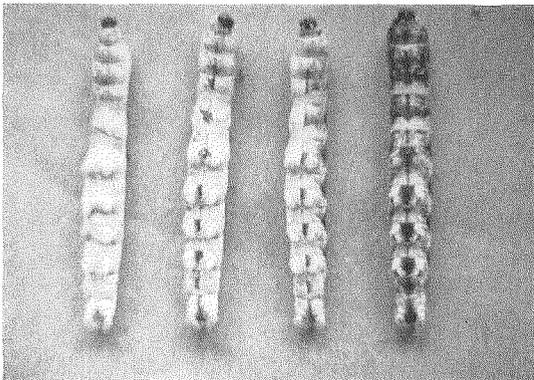


写真-3 腹面が黒縞 (P<sup>s</sup>) と姫 (p) とのモザイク

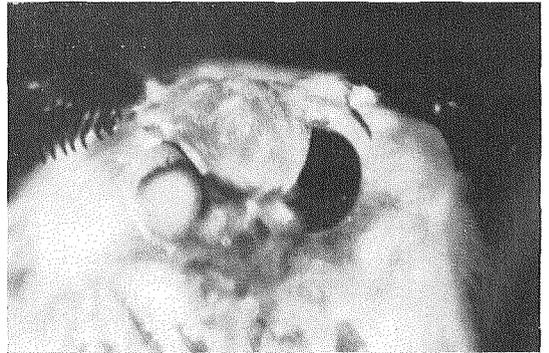


写真-4 複眼が白色と黒色のモザイク

者は P<sup>s</sup> でモザイク状を呈しないが、成虫の複眼は黒色、白色あるいは白色と黒色のモザイク眼であった。このように、これらのモザイク個体で、母親のみの形質とヘテロの形質の併存が確認された。以上の結果から、このモザイク卵 (+w<sub>2</sub>) は正常の受精核と gynogenesis 核との混在に起因することが確認された。

次に WF 区の赤色卵から孵化した個体 (WF-r) は、父親と同じ形質を示し、且つ全部雄で、これに父親と同じ

系統 (re 9) に戻し交雑した BF<sub>1</sub> の形質は、父親の形質のみを現わした。この事実から、この赤色卵は2精子の合体による androgenesis 現象に基づくことが確認された。正常色と赤色のモザイク卵 (+.re) から孵化した個体 (WF-mr 1~2, WF-rG) は、蠶蚕体色は +ch で斑紋は濃黒縞とヘテロ黒縞のモザイクとなり、成虫の複眼は黒色、赤色あるいは黒色と赤色のモザイク眼となり父親のみの形質とヘテロの形質との併存が確認された。

また gynandromorph 個体 (Wf-rG) の斑紋は、背面および腹面正中線で濃黒縞とヘテロ黒縞に区別され、濃黒縞側の複眼は赤色で、外部生殖器は雄形質を示し、これに対してヘテロ黒縞側の複眼は黒色で、外部生殖器は雌形質を示した。以上の結果から、このモザイク卵 (+re) は正常の受精核と androgenesis 核との混在に起因することが確認された。

なお、本実験の例外型卵およびモザイク卵のうち、IW 区に出現した赤色卵と2種類のモザイク卵 (+re, w<sub>2</sub>re), また WF 区の白色と赤色のモザイク卵 (w<sub>2</sub>re) から孵化個体は得られなかったが、その後の実験でこれら例外型卵およびモザイク卵から孵化個体を得て、その形質の表現型と遺伝子型から、IW 区の赤色卵は gynogenesis 現象に基づき、IW 区と WF 区の白色と赤色のモザイク卵は、それぞれ androgenesis 核と gynogenesis 核との混在に起因することが確認された。さらに、WF 型の F<sub>1</sub> 卵を -10°C に処理した実験で、正常色、赤色および白色の3色のモザイク卵を若干得て、これから孵化した個体の複眼は黒色、赤色および白色のモザイク状を示した。この事実から、この3色のモザイク卵は、正常の受精核、androgenesis 核および gynogenesis 核の3つの異なる発生起原の混在に由来することが確認された。

次に IW 区および WF 区各モザイク個体を T<sub>w</sub>1 に戻し交雑した BF<sub>1</sub> の形質を検討した所、WF-m 6 の個体は大小の不整形卵を産下し生殖能力を有しなかったので、この個体は3倍体であることが推定された。また WF-m 7 の個体は大形卵を産下し、その卵色は + 卵 247 粒 w<sub>2</sub> 卵 45 粒で、+ : w<sub>2</sub> の比は 5:1 に分離し、これより孵化した個体の形質の分離は、+ch : ch は 120:25, P<sup>s</sup> : p は 115:19 で卵色分離と同様に 5:1 の分離を示しまた性比も ♀:♂ は 115:20 で 5:1 の比に近かった。この結果から、この個体は4倍体であることが確認された。以上の結果から蚕卵の低温処理によって、倍数体が誘起されることが判明し、またモザイク個体には、倍数性核と gynogenesis 核との混在に起因する場合もあることが確認された。

次に他のモザイク個体の BF<sub>1</sub> の卵色分離は、腹面が P<sup>s</sup> の場合 (IW-m 3, WF-m 3~5) は、+ : w<sub>2</sub> = 1:1 に分離し、p の場合 (IW-m 2) は全部 w<sub>2</sub> で、P<sup>s</sup> と p のモザイクの場合は、+ : w<sub>2</sub> が 1:1 の分離比を示す個体 (IW-m 1, WF-m 1) と 1:3 の分離比を示す個体 (WF-m 2) が認められ、これら BF<sub>1</sub> の卵から孵化した個体の常染色体 (+ch, ch, p, P<sup>s</sup>) の分離比は、それぞれ卵色因子

の分離比と一致した。すなわち、w<sub>2</sub> の場合は全個体が ch と p になり、+ : w<sub>2</sub> が 1:1 の場合は、+ch : ch と P<sup>s</sup> : p の比が 1:1 に分離し、+ : w<sub>2</sub> が 1:3 の場合は、+ch : ch と P<sup>s</sup> : p の比が 1:3 に分離した。この結果は、モザイク個体における腹面表皮細胞の因子型と生殖細胞の因子構造との関連に関する川口 (1938) の見解と一致した。しかし、gynandromorph 個体 (IW-G 2~3, WF-rG) では、腹面表皮細胞の因子型と生殖巣および生殖細胞の因子構造とは必ずしも一致しない場合が見られた。これは、腹面表皮細胞と生殖細胞とは発生学的に同一の起原であるという川口 (1938) の見解と相違する。この点に関しては、gynandromorph 個体の生殖腺を発生遺伝学的に追究し明らかにしたい。

## 考 察

### 1. androgenesis について

androgenesis に関しては、橋本 (1934)、田島 (1939, 1942, 1967)、ASTAUROV (1957) 等の報告があり橋本 (1934) は産下直後の卵に高温処理を行ない androgenesis 個体を得て、この個体は2精子の合体により形成されることを遺伝学的に証明した。本実験における IW 区の白色卵および WF 区の赤色卵も、2精子の合体による androgenesis 現象に基づくことが確認された。低温処理による androgenesis の形成は、前報 (玉沢 1977) および本実験の結果 (第1, 第2表) から、0°C 処理の場合は卵齢 0~60 分の卵の4日間処理が効果的であり、-5°C 処理の場合は卵齢 90~120 分の卵の1日間処理が効果的であるが、孵化率を考慮すれば、第3, 第4表の結果から卵齢 90~120 分の卵の -5°C 1日間処理が最も効果的と思われる。

### 2. gynogenesis について

蚕において未受精卵あるいは母蛾から取り出した卵の人為的処理 (塩酸、高温、温湯等) によって単為生殖蚕を誘発し得ることは良く知られており、これに関する研究は多数ある (佐藤 1929, 1934, 1942, 橋本 1933, 1952, 1956, ASTAUROV 1957, 1967, 川口 1934)。しかし、交尾蛾の産卵の人為的処理による gynogenesis に関する研究は極めて少ない。川口 (1934) は交尾蛾の産下直後の卵を遠心力処理して、卵核と精核との行動を混乱させた場合、精核の作用が皆無となって必然的に単為生殖が行われるものがかかなり多いと報じているが、橋本 (1956) は未受精卵を温湯処理した場合、多数の単為生殖蚕を誘発し得るが、交尾蛾の卵を産下直後温湯処理しても卵核だけで単独に発生することは極めて困難であるという。

本実験において産下直後の発生初期卵を $0^{\circ}\text{C}$ と $-5^{\circ}\text{C}$ に処理し、androgenesis 個体以外に gynogenesis 個体も誘発されることを確認した。gynogenesis 個体の形成は $0^{\circ}\text{C}$ より $-5^{\circ}\text{C}$ 処理の方が有効で、孵化率を考慮に入れば卵齢90~120分の卵を $-5^{\circ}\text{C}$ 1日間処理が最も効果的と思われる。また、第1,第2表の結果から gynogenesis の発現には系統的差異が認められる。すなわち re 9 を母体にした IW 区 (第1表) より、TW<sub>1</sub> を母体にした WI 区 (第2表) の方が、gynogenesis の発現率が極めて高い傾向を示した。この点に関しては、今後さらに詳細な検討が必要である。佐藤 (1954) と長島 (1958) は、単為生殖の発生率は系統的に差があり、佐藤は染色体構成と卵細胞質との相互作用により単為生殖の能力が異なると報じており、長島は W 染色体が単為生殖能力に関係すると報告している。

蚕において単為生殖個体の形成機構に関しては、佐藤 (1929, 1934) と川口 (1934) 等によって細胞学的並びに遺伝学的に詳細に研究されているが、gynogenesis 個体の形成機構に関しては詳細な報告はない。本実験の結果から gynogenesis 個体の形成機構について考察する。

第6表に示す如く、例外型白色卵から雌27個体と雄5個体を得た。このうち雌20個体 (WI-P1) と雄5個体 (WI-P2) は正常の生殖能力を有したことから、2倍体であることは明らかである。また雄が生じたことからこれらの個体は、成熟分裂を完了した4個の核 (卵核と3個の極体核) のうち2個が任意に合体して形成されたものと推定される。さらに、WI-P3の7個体は大小の不整形卵を産下したが、これらの卵は孵化しない。この事実から、この7個体は卵核と2個の極体核の合体による倍数性融合核に由来する3倍体と推定した。さらにその後の実験で4倍体の gynogenesis 個体も得られた。以上の結果から、産下直後の発生初期卵の低温処理によって極めて簡単に種々の gynogenesis 個体が誘起されることが判明した。また、その形成機構は、成熟分裂を完了した4個の核 (卵核と3個の極体核) が任意に合体して形成されるものと思われる。

### 3. モザイクの成因について

田島 (1947) はモザイクをその発生機構上から大別して、A) 遺伝子突然変異によるもの、B) 染色体の行動異常によるもの、C) 受精または発生の異常によるものの3種類に分類している。本実験で得られたモザイクは受精または発生の異常によるもので、その成因は第5,第6表の結果から、1) 正常受精核と androgenesis 核、2) 正常受精核と gynogenesis 核、3) androgenesis 核

と gynogenesis 核、4) 倍数性核と androgenesis 核あるいは gynogenesis 核との混在に起因することが確認された。さらに、正常受精核、androgenesis 核および gynogenesis 核の3つの異なる発生起原の混在によるモザイク個体を確認した。以上、低温処理によって形成されるモザイクは単一の機構に基づくものでなく、種々の異なった型のものがあることが判明した。また、モザイクの形成は孵化率を考慮すれば、卵齢90~120分の卵の $-5^{\circ}\text{C}$ 1日間処理が最も効果的である (第3,第4表)。

以上の実験結果から、androgenesis, gynogenesis およびモザイクの実験的形成の諸条件は明らかになったが、低温がどのような作用機構のもとにかかる異常受精あるいは異常発生を惹起するか、この点に関しては現段階ではまだ明らかでなく、今後究明しなければならない課題である。

## 摘 要

蚕卵の過冷却処理によって androgenesis およびモザイク個体以外に、gynogenesis 個体も誘発されることを見出した。さらに、これら個体の形成機構を発生遺伝学的に検討した。

1. 発生初期卵 (0~150分) の低温処理 ( $0^{\circ}\sim-5^{\circ}\text{C}$ ) によって gynogenesis 個体が誘発される。その出現頻度は処理温度、処理期間および処理開始時における卵齢によって相違する。 $0^{\circ}\text{C}$ 処理より $-5^{\circ}\text{C}$ 処理が効果的である。
2. gynogenesis 個体に2Nの雌雄が出現した。これから、成熟分裂完了後の4個の核 (卵核と3個の極体核) のうち2個が任意に合体して形成されるものと考えられる。また3Nおよび4N個体も出現した。
3. gynogenesis の発現には系統的に差異があることが認められた。
4. モザイクの成因は、1) 正常受精核と androgenesis 核、2) 正常受精核と gynogenesis 核、3) androgenesis 核と gynogenesis 核、4) 倍数性核と androgenesis 核あるいは gynogenesis 核の混在に由来することを確認した。さらに正常受精核、androgenesis 核および gynogenesis 核の3つの起原の混在によるモザイク個体を確認した。

## 引用文献

- ASTAUROV, B. L. (1957): Proc. Zool. Soc. Calcutta. Mookerjee Memor. Vol. 29-55.

- ASTAUROV, B. L. (1967): *Adv. Morphog.* **6**, 199-257.
- 橋本春雄 (1933): *蚕試報*, **8**, 359-381.
- 橋本春雄 (1934): *蚕試報*, **8**, 455-464.
- 橋本春雄 (1952): *遺雜*, **27**, 219.
- 橋本春雄 (1956): *日蚕雜*, **25**, 215-216.
- 川口栄作 (1934): *日蚕雜*, **5**, 1-20.
- 川口栄作 (1938): *遺雜*, **14**, 262-263.
- 佐藤春太郎 (1929): *応動雜*, **1**, 141-158.
- 佐藤春太郎 (1942): *蚕雜*, **14**, 19-27.
- 佐藤春太郎 (1954): *日蚕雜*, **23**, 182-183.
- 玉沢 享 (1977): *北大農場研究報告*, **20**, 145-152.
- 田島弥太郎 (1939): *遺雜*, **15**, 111-117.
- 田島弥太郎 (1947): *蚕のモザイク*. 北隆館, 東京.
- TAJIMA, Y. and ONUMA, A. (1967): *J. Cericult. Sci. Japan*, **36**, 286-292.

### Summary

In the process of the experimental induction of androgenesis and mosaic by supercooling treatments to the silkworm eggs, it was found that gynogenetic individuals were also introduced. The mechanism of induction of androgenetic, gynogenetic, and mosaic individuals was studied embryo-

logically and genetically. The results obtained were summarized as follows:

1. Gynogenesis was induced by the low temperature treatment ( $0^{\circ}\sim-5^{\circ}\text{C}$ ) of the early eggs (0~150 min.). The percentage of the gynogenetic eggs was varied with temperature, period of the treatment and the egg ages. The treatment with  $-5^{\circ}\text{C}$  was more effective than with  $0^{\circ}\text{C}$ .
2. From gynogenetic eggs, both male and female moths of diploid appeared. It was considered, therefore, that two out of four nuclei (one egg nucleus and three polar body nuclei) performed syngamy. Triploid and tetraploid adults were also obtained.
3. The occurrence of gynogenetic eggs was varied among the pedigrees of the silkworm.
4. Mosaic eggs were caused by coexistence of 1) normally fertilized nuclei and androgenetic nuclei, 2) normally fertilized nuclei and gynogenetic nuclei, 3) androgenetic nuclei and gynogenetic nuclei, and 4) tetraploid nuclei and either androgenetic or gynogenetic nuclei. There occurred mosaic eggs in which the three types of nuclei existed together.