



Title	カイコ特性品種の倍数体の繭重
Author(s)	中田, 徹; NAKATA, Tohru
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 17(3), 356-364
Issue Date	1991-03-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12132
Type	departmental bulletin paper
File Information	17(3)_p356-364.pdf



カイコ特性品種の倍数体の繭重

中 田 徹

(北海道大学農学部農林統計処理学研究室)

(平成2年12月27日受理)

Cocoon Weight of Polyploids Originated in the Crossing of Some Gene Marker Strains in the Silkworm, *Bombyx mori* L.

Tohru NAKADA

(Laboratory of Statistical Data Processing, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

緒 言

カイコの倍数体誘起に関する研究は、いずれも産下直後の卵に対して、各種の物理的及び化学的刺激を与えて異常発生個体を誘起し、その中から倍数体を選抜する方法によって行われている。現在までに開発された方法は、高温²⁾、低温⁶⁾、遠心力⁹⁾、コルヒチン³⁾、炭酸ガス¹³⁾、温湯処理¹⁾、及び過冷却処理¹⁵⁾等がある。しかし、一般に倍数体の誘起頻度は低く、またその継代が困難なため、一度の実験で同時に多数の試料を得ることができなかつた。従ってその検討に多くの個体数を要する、倍数体の計量的形質の発現に関する分析データは非常に少なく⁸⁾、現在に至るまで断片的な結果しか得られていない。ところで、著者は2種の異なる特性品種を交雑して、産下直後の卵に過冷却処理を加え、多数のF₁型倍数体蚕を得ることに成功した。これらは受精後の第1回の細胞分裂の際に、過冷却処理によって正常な減数分裂が阻害された結果、染色体の倍加が起こり同質4倍体となったものであり、これを誘起当代型4倍体とした。次にこれらの相互交雑を行って、次代に多くのF₂型の4倍体を得たので、これを誘起次当代型4倍体として検討した。また、同時に得られた各種の交雑組合せの次当代BF₁の3倍体と併せ、以上の倍数体の繭重を調査したので、その結果の概要を報告する。

材料及び方法

供試材料として、本研究室で維持している赤卵系統 re9 および第2白卵系統 Tw1 を用い、両者の交雑を行った。一般の2倍体(2n)相互の交雑ではF₁は両親の表現型と異なる黒卵となり、さらにF₂では黒卵：赤卵：白卵が9：3：4に分離する。

この産下直後の卵に過冷却処理を加えると¹⁵⁾、雌核発生、雄核発生およびモザイク等の異常発生卵とともに倍数体を得ることができる。この過程のモデルをFig. 1として示した。この倍数体の誘起頻度

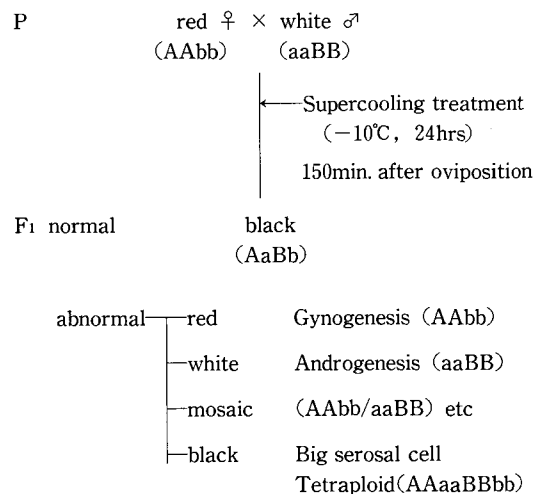


Fig. 1. A scheme model of induction of tetraploid and some other types of abnormal development with egg color mutant strains.

は相反交雑でかなり異なり、Tw1母体ではごく低率であるが、re9母体の場合に多発し、倍数体誘起の効率には母体の相違による系統差が著しい¹⁴⁾。ここに生じた倍数体は卵のしょう液膜細胞の大型化によって区別でき、後代の卵色分離による検定の結果、処理によって受精核の倍加が起こり、同質4倍体となったものと確認された。これをF₁型の4倍体(以降4n)とする。この4nの後代に生ずる倍数性の異なる各種の組合せのF₂、BF₁等の計量的形質の調査を行った。そのうち4n相互交雑によるF₂は卵色分離により確認することができる。F₂の卵色分離は上述の2n相互の場合に比べるとかなり複雑であり、その理論比は黒卵：赤卵：白卵=1,225:35:36となり、全体の中で黒卵の比率がきわめて高くなるという特徴がみられる。しかしその継代は容易ではなく、母蛾の多くは全部または大半不受精卵を産下する。

本来この種の計量的形質に関する調査は1蛾育データを反復して行い、蛾区内および蛾区間の分散を統計学的に検討するのが望ましいが、この場合やむを得ずF₂世代は主として母蛾の異なる集団の混合育として検討した。しかし、その中で低頻度ではあるが、例外的に高い受精率を示す蛾区がみられたので、それらを1蛾育として実験区を設定した。また3nおよび2nデータの大半は1蛾育により得られたものである。倍数体の誘起後飼育実験を行い、幼虫が吐糸完了して化蛹後、繭を切開して蛹体重および繭層重を個体別に秤量した。これらの基礎データは、北大大型計算機センターのHITAC-M682Hを用いて、自作のプログラムで解析した。

なおこの倍数体の誘起および継代に関する実験は1973年に着手し、現在主として実用系品種に関する検討を続行中であるが^{10),11)}、以下のデータは、大規模な飼育実験を行って、個体数が多く得られた1976年および1986年の結果を解析に供したものである。

結果及び考察

Table 1は供試品種re9およびTw1とその交雑後代の繭重(蛹体重、繭層重)分析の結果を示した一例である。ここには、P、F₁、F₂、BF₁等の異なる世代で表示されているが、その飼育は同時期とした。繭重のような計量的形質の発現は、温度や栄養条件などの飼育環境の影響を受けやすく、その数値

が大幅に変動し易いので、同一環境条件で飼育実験を行ったデータを比較するのが望ましい。ここに表示したデータは、前世代に交雑したF₁や前々世代に由来するF₂、BF₁等を同じ時期に揃えて飼育し、調査した結果である。

原種についてみると、Tw1の繭重はre9よりやや重いが、両品種とも雌雄差は蛹体重で♂/♀比が75%程度となり、繭層重では♀>♂という傾向があるが、大差はみられない。一般品種の繭重は相当にバラツキがあるが、その雌雄差は♂/♀比でみると蛹体重では70~80%、繭層重では90~95%を示しており、また集団の変異性や形質間相関等の数値からみて、まず一般品種と同様であるとみてよい。

次にF₁の数値をみるとヘテロシスが顕著で両原種の値を大幅に上回るが、re9母体の場合4nの繭重は2nより劣り、またその変異性が大きくなっていることがわかる。4nの変異性を調べると大半の個体は2nとはほぼ同値であるが、極端なわい少個体があるため全体として軽くなっている。その原因は不明であるが、異数体などの倍数化に伴う染色体異常による生長不良と思われる。繭重の雌雄差をみると、蛹体重の♂/♀比は90%程度に高くなり、繭層重では100%以上、すなわち♂>♀と雌雄差が逆転する。一方逆交のTw1母体の場合は、ここでは十分な個体数が得られなかったため省略したが、その雌雄差はほぼ原種と同じレベルにある。このようにF₁の相互交雑の結果を比較すると、常にre9母体のF₁では繭層重の雌雄差逆転現象がみられる。その原因はTw1の性染色体にある幼虫経過に関係する遺伝子にあり、その伴性促成作用によってF₁雌では雄より幼虫経過がやや早く推移して、老熟化が早まるため繭層重が軽くなり⁷⁾、さらにこの場合3眠蚕の発現を伴うことがある¹²⁾。

F₂について4組のデータをみると、まず4n相互交雑の場合、混合育のため多くの標本数を得ることができたが、本来この実験区の性比は♂=5:1となるはずであり、雌のデータが期待数をかなり下回った。その理由は幼虫の5齢期に成長不良のわい小蚕が多発して、のち死亡したため、測定時には十分な個体数が得られなかったことに由来する。これは計量的形質の発現にも影響し、雌の繭層重は雄よりはるかに軽くなっているが、その頻度分布を調べてみると二峰性となり、大小二群に分けることができる。この点についてはさらに後述の別のデータで

Table 1. Cocoon weight of progenies originated in the crossing re 9♀×Tw 1♂ (1976, spring)

Generation	Crossing type	Ploidy	Sex	Numbers tested	Pupal weight (cg)	Cocoon shell w. (cg)	Corr.	♂/♀ p. w. (%)	Ratio c. w. (%)
P	re 9	2n	♀	30	106.1±1.90*	14.1±0.31*	0.81	74.5	98.6
			♂	30	79.0±1.55	13.9±0.29	0.86		
P	Tw 1	2n	♀	30	123.4±2.33	17.1±0.48	0.71	76.4	98.8
			♂	30	94.3±1.27	16.9±0.27	0.54		
F ₁	re 9♀×Tw 1♂	2n	♀	50	134.5±1.38	20.6±0.28	0.86	87.9	109.2
			♂	50	118.2±0.87	22.5±0.21	0.74		
F ₁	re 9♀×Tw 1♂	4n	♀	66	122.3±2.18	15.9±0.39	0.89	90.2	104.4
			♂	45	110.3±1.94	16.6±0.39	0.65		
F ₂	4n♀×4n♂	4n	♀	166	107.5±1.81	10.1±0.40	0.81	89.7	142.6
			♂	396	96.4±0.97	14.4±0.21	0.82		
F ₂	4n♀×2n♂	3n	♀	50	133.2±2.16	15.6±0.35	0.76	69.4	96.8
			♂	27	92.5±3.30	15.1±0.60	0.75		
F ₂	2n♀×4n♂	3n	♀	44	138.2±2.28	15.1±0.30	0.67	83.1	118.5
			♂	50	114.8±2.23	17.9±0.42	0.79		
F ₂	2n♀×2n♂	2n	♀	50	119.6±1.91	15.2±0.37	0.72	70.9	92.8
			♂	50	84.8±1.41	14.1±0.32	0.77		
BF ₁	4n♀×Tw 1♂	3n	♀	50	129.9±1.81	15.4±0.36	0.69	62.6	94.2
			♂	12	81.3±3.97	14.5±0.72	0.81		
BF ₁	Tw 1♀×4n♂	3n	♀	37	132.4±2.17	15.4±0.36	0.77	86.4	126.6
			♂	107	114.4±1.23	19.5±0.29	0.55		
BF ₁	2n♀×Tw 1♂	2n	♀	50	120.9±1.43	15.6±0.32	0.45	74.4	101.3
			♂	50	90.0±1.32	15.8±0.32	0.65		
BF ₁	Tw 1♀×2n♂	2n	♀	47	143.9±2.47	18.9±0.39	0.67	75.5	100.0
			♂	45	108.6±1.70	18.9±0.36	0.70		

* mean±standard error

詳しく検討する。4nと2nとの交雑による3nの繭重は、対照とする2nの場合よりすぐれており、特に2n♀×4n♂の交雑タイプの3n雄で著しい。この現象は、実用系統の倍数化に当たっても観察され、3nの利用の可能性の問題とも関連して、興味ある結果を示している¹¹⁾。

次にBF₁型の4組のデータを比較すると、3nは2nと遜色ない結果となっており、特に4nを雄親とするTw 1♀×4nF₁♂の後代3nではF₂と同様の繭層重の雌雄差逆転現象がみられ、その♂/♀比に特徴的な値が示されている。一方2nについては逆交で相当の差はみられるものの、その♂/♀比を比較するとほぼ原種のレベルにあるといつてよい。

以上の結果の中で注目されるのは4n相互交雑の誘起次代タイプの4nと、4nを雄親とする場合のF₂およびBF₁型3nである。4nについてはさらに大規模飼育によるデータを得ること、3nについては1蛾育を反復することを目的として分析を試みた結果をTable 2に示す。

F₁のデータは誘起当代4nのため、母蛾50個体からの処理卵を選抜した結果混合育となっているが、この交雑タイプはTw 1を雄親としているため、繭重の雌雄差が逆転しているのは前回と同様である。F₁型4nの雌蛾は大卵を産下し、また卵色分離調査の結果から倍数性を推定することができる。そこでF₂、すなわち4nF₁相互交雑による誘起次代の4nの分析を行った。前述のように一般に受精率は不良であり、F₂で分離する黒卵、赤卵、白卵を多数のF₁4n母蛾の産下卵から選抜して卵色別に分けた。ただし、F₂の卵色分離は4n相互交雑の場合、その理論比は黒卵：赤卵：白卵=1,225：35：36となる関係上、全体の95%近くを占める黒卵を大量飼育の対象としたが、赤卵および白卵区を別に設けた。赤卵および白卵は、全体の中でそれぞれ2.7%程度であり、実験の性質上多くの個体を得ることは困難であり、変異性の分析資料とするには不十分である。

これらのF₂の大規模実験のために、母蛾として

Table 2. Cocoon weight of polyploid progenies originated in the crossing $re\ 9\ \text{♀} \times Tw\ 1\ \text{♂}$ (1986, spring)

Generation	Crossing type	Ploidy	Sex	Numbers tested	Pupal weight (cg)	Cocoon shell w. (cg)	Corr.	♂/♀ p. w. (%)	Ratio c. w. (%)
F ₁	re 9 ♀ × Tw 1 ♂** (mixed)	4n	♀	77	88.8 ± 1.58*	11.1 ± 0.26*	0.93	109.5	124.8
			♂	73	97.2 ± 1.32	13.9 ± 0.28	0.89		
F ₂	4n ♀ × 4n ♂** (black egg mixed)	4n	♀	496	109.8 ± 1.14	12.3 ± 0.20	0.87	86.5	129.3
			♂	630	95.0 ± 0.69	15.9 ± 0.14	0.82		
F ₂	4n ♀ × 4n ♂** (red egg mixed)	4n	♀	22	112.8 ± 4.79	12.4 ± 0.92	0.80	77.5	119.4
			♂	17	87.4 ± 3.41	14.8 ± 0.89	0.87		
F ₂	4n ♀ × 4n ♂** (white egg mixed)	4n	♀	25	115.9 ± 6.32	12.8 ± 1.00	0.94	89.2	133.6
			♂	30	103.4 ± 2.96	17.1 ± 0.64	0.82		
F ₂	4n ♀ × 4n ♂ (one batch No. 1)	4n	♀	89	101.3 ± 1.84	11.0 ± 0.29	0.85	100.2	139.1
			♂	31	101.5 ± 2.58	15.3 ± 0.59	0.57		
F ₂	4n ♀ × 4n ♂ (one batch No. 2)	4n	♀	54	97.3 ± 2.56	10.0 ± 0.34	0.81	92.9	139.0
			♂	17	90.4 ± 3.48	13.9 ± 0.58	0.82		
BF ₁	Tw 1 ♀ × 4n ♂ (one batch No. 1)	3n	♀	104	149.5 ± 1.55	19.4 ± 0.21	0.62	73.5	107.2
			♂	108	110.2 ± 1.29	20.8 ± 0.23	0.87		
BF ₁	Tw 1 ♀ × 4n ♂ (one batch No. 2)	3n	♀	35	155.2 ± 2.80	19.0 ± 0.44	0.92	76.5	115.3
			♂	39	118.8 ± 2.17	21.9 ± 0.39	0.91		
BF ₁	Tw 1 ♀ × 4n ♂ (one batch No. 3)	3n	♀	32	159.6 ± 2.32	19.4 ± 0.39	0.74	73.8	109.3
			♂	30	117.8 ± 2.95	21.2 ± 0.57	0.84		

* mean ± standard error

** tested by mixed batches rearing

供試した F₁ の 4n 個体数は 372 蛾、それらの総産卵数は 129,201 個、平均産卵数は 347.3 個であった。これから受精卵を選抜し、ふ化後の飼育実験により、多くの後代 4 倍体を得たが、その過程と結果については、Table 3 に示したとうりである。また卵色の分離比は、黒卵 5,319 個、赤卵 150 個および白卵 162 個、合計 5,631 個となって理論比とよく一致した。ここに得られた受精卵の平均は、母蛾 1 個体当たり 15.1 個であり、産卵数の 4.4% に相当する。受精卵の大半は一括して混合育としたが、その中で出現した例外的に受精率の高い蛾区を、1 蛾育として 2 区飼育実験に用いた。なお、供試母蛾の個体による受精率のバラツキはかなり大きく、全卵不受精の蛾区から 90% 近い受精卵蛾区までみられたが、受精卵 10 個ごとの頻度分布表を作成すると、最頻値を 0~10 個とする二項分布に近似した。

これらの選抜卵のふ化個体数は合計 3,434 頭、ふ化率は 61.0% であり、さらに幼虫期の生長發育を完了して結繭し、繭重調査の対象となったのは 1,126 頭(♀ 496, ♂ 630)であった。これらの F₂ 型 4n の性比は ♀ : ♂ = 5 : 1 となるはずであるが、繭重調査の段階では、卵色別の混合育 3 区とも ♀ :

♂ = 1 : 1 として示された。一方、1 蛾育 2 区ではいづれも ♀ : ♂ = 3 : 1 程度となつて雌が多くなっている。これらの繭重は、実験区により多少の変動はみられるものの、繭層重の場合雌雄差の逆転現象がみられる。その程度はきわめて著しく、前回の実験同様に雄は雌より 20~40% の重量増加となっている。また、雌の繭重の頻度分布をみると、雄の場合よりもバラツキが大きく、この問題については変異性の解析を含めて後述する。

BF₁ 型 3n については Tw 1 ♀ × 4n ♂ の交雑による 3 区の 1 蛾育を行った結果を示す。BF₁ では F₂ に比較して繭重の増加が著しく、また繭層重の雌雄逆転が生じているが、その程度は F₂ の場合ほど大きくはない。しかしながら、繭の生産性を目的とする場合、このような 4n を雄親とする後代 3n の計量形質の発現がすぐれていることに注目する必要がある。ここで問題となるのは 4n ♂ の受精率の低下である。4n ♀ × 4n ♂ という F₂ の場合にみられるように、4n ♂ は一般に受精率が低い。その原因は、4n は染色体の倍加により配偶子形成とくに精子形成の際の減数分裂が阻害され、正常な精子形成が困難であり、完成された有核精子数が少ないた

Table 3. Details in the maintenance of F_2 type tetraploids ($4n \times 4n$, Total female moths crossed: 372, Total eggs laid: 129, 201, Total eggs fertilized: 5,631, Ratio: 5,631/129, 201=4.4%).

Frequency of 4n female		χ^2 test of egg color segregation (b : r : w = 1,225 : 35 : 36)			
Range of egg fertilized	No. of ♀ moths	Color	Actual	Theoretical	χ^2
0~9	197	black	5,319	5,322.5	0.002
10~19	82	red	150	152.1	0.029
20~29	37	white	162	156.4	0.223
30~39	24				
40~	32	Total	5,631	5,631.0	0.254
Total: 5,631	372	Probability (DF=2)		0.9 > P > 0.8	
Average: 5,631/372=15.1					

めとされている^{9),10)}。しかしながら、その反面高い受精率を示す4n♂も例外的に出現し、しかもその頻度は供試系統によって差がみられる^{9),10)}。したがってこの点の解明が進めば、倍数体の継代が将来容易になるものと期待される。

次に大量混合育データの変異性の検討を行った。雌雄別に調査した蛹体重および繭層重の相関表を、Table 4およびTable 5として示した。一見して雌雄の頻度分布のパターンは全く異なり、特に繭層重の分布をみると、雌では分布の範囲が広く、10cgと18cgの近くに二つのピークがみられる。一方、雄では17cgを最頻値とする左右対象な分布となっている。そこで両者の正規分布への適合性検定を行った結果をTable 6に示す。ここでは標準偏差(SD)をサイズとして8区の階級値を作り、実測値と理論値を比較したところ、予想されたように雄では正規分布とよく一致するが(DF=7, $\chi^2=4.11$, $0.8 > P > 0.7$)、雌では正規性仮説は棄却され(DF=7, $\chi^2=152.11$, $P < 0.001$)、二峰性分布が確認された。しかもこの二つのピークに属する個体数も、ほぼ4:1に分離した。

この原因として考えられるのは、4n相互交雑における後代の染色体構成である。これは倍加型4nの相互交雑であるから、その性染色体構成は雌でXXYY、雄でXXXXとなり、雌の配偶子形成はYY:XY:XX=1:4:1となる。雄はすべてXXであるから、次代の4nの性染色体はXXYY:XXXYY:XXXX=1:4:1となり、従って♀:♂=5:1となると予想される。つまり雌では性染色体構成の異なる二群があることになる。これに対

して雄では性染色体構成は同じである。以上の性染色体構成と繭層重分布との関係を考慮して、雌の二峰性分布を15cgと16cgの間で大小二群に分けると、各群の個体数は382:114となり、ほぼ4:1(DF=1, $\chi^2=2.49$, $0.2 > P > 0.1$)に近似した。すなわち、一方はXXXYY、他方はXXYYであると考えれば繭層重分布とよく対応していることがわかる。これを確認するため、各グループから数個体を選んでさらに次代を飼育して、後代の性比の検討を行ったところ、繭層重の軽いグループの性比は、XXXYYの性染色体構成を反映する♀:♂=1:1、繭層重の重いグループの性比は、同じくXXYYに対応する♀:♂=5:1であった。この種の実験の性質上、前述のように不受受精卵を多発するため、全個体の性比を検討することは不可能であり、また、前述のTw1由来のX染色体による繭重の伴性遺伝によって、この計量的形質の遺伝現象はやや複雑となるが、以上の事実は、Table 5は2種の異なる集団をトータルして作成した結果であり、このように雌の性染色体構成が直接計量的形質の発現に関係したものと解釈される。

しかしながら、ここに得られたデータで性比をみると、繭の測定時には♀496個体に対して♂630個体となり、雌雄はほぼ同数というよりは、むしろ雄の個体数が多くなっている。また、ほかの実験区でもほぼ同様の現象がみられ、同時に飼育実験を行った2区の1蛾育データでも、♀:♂=3:1程度であり、予想される♀:♂=5:1とは大きな相違がみられる。ところで、幼虫期に雌雄を判別できる5齢期の飼育経過をみると、相当数の雌個体の死亡が

Table 4. Correlation table of cocoon weight (PW: Pupal weight in cg, CW: Cocoon shell weight in cg)
(F₂ type 4n: re9×Tw1, Female N=496, 1986, spring)

PW	CW	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Total
~ 59	1			1	1																							3
60 ~ 64				1		1	1																					3
65 ~ 69		1	1	1	3																							6
70 ~ 74				2	1	1	4	1		1																		10
75 ~ 79	1	1		2	7	3	1	1																				16
80 ~ 84				2	4	7	4	2																				19
85 ~ 89				3	10	13	9	7	4				1															47
90 ~ 94			1	3	6	12	12	6	2				1	1	1													45
95 ~ 99				2	7	15	11	11	5	1					1													53
100 ~ 104				1	2	5	9	8	7	3	1							1										37
105 ~ 109					4	4	8	15	11	6	3							1							1			53
110 ~ 114					1	2	6	9	4	6	2	1																31
115 ~ 119						1	3	7	3	9	4	2	1	1					1									32
120 ~ 124								1	7	5	1	1	1	4	2													22
125 ~ 129								1	2	2	1	2		1	3	1				1								14
130 ~ 134						1			1	2	2	1	5	6				1										19
135 ~ 139									1	2	1		2	3	2			3	1	1								16
140 ~ 144										1				2	3	2	3	1	1									13
145 ~ 149															2	4	2	1	1									10
150 ~ 154								1							1	2		1				1						6
155 ~ 159										1			1	2	3	1	1	2	1									12
160 ~ 164															1	1		1	3		1							7
165 ~ 169																2	2	1	2	2	1							10
170 ~ 174																			2	4	1							7
175 ~ 179																				1		1						2
180 ~ 184																					1		1					2
185 ~																									1			1
Total		2	2	10	25	53	61	60	63	44	35	17	10	6	20	22	14	16	11	14	6	2	1	1	1			496

観察される。また、繭重の軽いタイプは結繭後も死亡個体が頻発し、生存個体も小卵や不整形卵を産下するなどの異常がみられる。一般的に強健性については、2倍体では雌は雄よりやや劣る傾向があるが、4倍体の場合さらにこれが増幅され、前述のように想定した雌雄の性染色体構成の相違が、4倍体の生長発育の際の生理的虚弱性として発現したものと考えられる。

摘 要

特性品種、赤卵系 re9 と白卵系 Tw1 の相互交雑によって得られた卵を過冷却処理して 4 倍体を誘

起し、さらにこれを継代して、次代の BF₁ 型の 3 倍体 (3n) や F₂ (4n) 型の 4 倍体を多数得ることができた。その繭重を調査した結果は次の通りである。

1. 倍数体の誘起頻度は、交雑のタイプによって著しい相違があり、re9 を母体とする場合に高い誘起率がみられた。この倍数体は卵色マーカーによる後代検定により、染色体倍加型の 4n であることが確認された。

2. F₁ の繭重発現にはヘテロシスが顕著であり、また、Tw1 の X 染色体には幼虫経過を支配する遺伝子があり、幼虫の成熟化を促進する作用に

Table 5. Correlation table of cocoon weight (PW: Pupal weight in cg, CW: Cocoon shell weight in cg)
(F₂ type 4n: re 9×Tw 1, Male N=630, 1986, spring)

PW	CW	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	Total	
~ 49						1	1																					2	
50 ~ 54						2	1		1																				4
55 ~ 59						2	2																						4
60 ~ 64						1	3		4	5	4																		17
65 ~ 69					1	1	1	1	7	1	2	4																	18
70 ~ 74						3	3	4	6	4	6	5	1	1	1	1													35
75 ~ 79			1					3	3	4	10	8	2	4	1														36
80 ~ 84								1	1	7	13	15	10	2	3	1		1											54
85 ~ 89							2	2	4	4	10	8	12	15	6	3	1												67
90 ~ 94										3	4	13	18	15	19	3	4												79
95 ~ 99								2		2	1	1	9	18	15	11	2	3											64
100 ~ 104												4	9	14	13	18	9	1											68
105 ~ 109								1				1	4	6	10	18	6	10	2	2	1								61
110 ~ 114										1	1		1	6	5	6	7	6	3								1		37
115 ~ 119											1		6	8	4	12	2	1	1										35
120 ~ 124													1		1	4	9	2	3	2	1								23
125 ~ 129															2	1	1	1	3										8
130 ~ 134																			1	2	2	2	1						8
135 ~ 139																			1	1	2	1		2					7
140 ~ 144																								1					1
145 ~ 149																									1				1
150 ~																										1			1
Total				1	1	10	14	13	26	30	51	61	65	77	80	71	37	46	16	16	9	2	3				1	630	

Table 6. The distribution of cocoon shell weight for fitting a normal curve in the F₂ type tetraploid silkworm

Class (SD)	Female (N=496, M=12.3, SD=4.50)			Male (N=630, M=15.9, SD=3.51)		
	Theoretical	Actual	χ^2	Theoretical	Actual	χ^2
~-1.5	33.1	6.0	22.19	42.1	41.6	0.01
-1.5~-1.0	45.6	54.2	1.36	57.9	50.4	0.97
-1.0~-0.5	71.8	134.8	55.28	91.2	90.6	0.00
-0.5~ 0.0	97.5	120.6	5.47	123.8	120.2	0.10
0.0~ 0.5	97.5	57.2	16.49	123.8	126.2	0.05
0.5~ 1.0	71.8	23.0	33.17	91.2	104.3	1.88
1.0~ 1.5	45.6	42.4	0.22	57.9	60.9	0.16
1.5~	33.1	57.6	18.13	42.1	35.8	0.94
Total	496.0	495.8	152.31	630.0	630.0	4.11
Probability			P<0.001			0.8>P>0.7

N : Total number weighed

M : Mean value in cg

SD : Standard deviation

よって、計量的形質とくに繭層重の伴性遺伝がみられる。その結果、Tw1を雄親とする交雑組合せでは、F₁の繭層重の雌雄差が逆転し、4nではこれがさらに強調される傾向がある。

3. F₁型4nの雌は大卵を産下し、その卵及びふ化幼虫の発育は順調であり、化蛾後2nの雄と交雑することによって、多くの3nを得ることができ。これに反して4nの雄は受精率のきわめて低い個体が多発するが、例外的に高い受精率を示す個体も出現する。

4. 次代のBF₁型の交雑4組を調べると、3nの繭重は2nと比べて遜色ない結果となっている。とくに前述の受精率の高い4n個体を雄親とする3nの場合、一般的なケースと異なり、繭層重の雌雄逆転現象が顕著にみられ、絹生産能力は雄で特異的に増加する。

5. F₂型4nの繭重の頻度分布を調査すると、雄では正規分布に近似するが、雌では大小2群、ほぼ4:1に分離する現象がみられた。これはF₂型4n雌に想定される性染色体構成(XXYY)の後代分離、XXX:XXYY=4:1に基づくものと考えられる。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、倍数体の誘起、継代及びその細胞学的検討に関して助言をいただいた元北海道大学農学部、玉沢享博士及び勝野貞哉博士に深謝する。また、飼育実験に協力された北海道大学付属農場養蚕部、菊池邦夫技官及び斉藤寛技官に厚くお礼申し上げる。なお本研究の一部は、文部省科学研究費(一般研究C156214及びC60560059)の助成によって行った。

引用文献

- ASTAUROV, B. L.: Artificial parthenogenesis and experimental polyploidy in silkworm. *J. Seric. Sci. Japan* **36**: 277-285. 1967
- 橋本春雄: 蚕のテトラプロイド雌の遺伝学的研究. 蚕試報 **8**: 359-381. 1933
- 広部達雄: 蚕卵のコルヒチン処理による倍数蚕の出現. 遺雑 **15**: 69-74. 1939
- KATSUNO, S.: Studies on apyrene and euprene spermatozoa in the male reproductive organ of tetraploid male of silkworm, *Bombyx mori* L. *Appl. Ent. Zool.* **14**: 438-444. 1979
- 川口栄作: 遠心力刺激によって得たるポリプロイド蚕. 科学 **5**: 336-337. 1935
- 室賀兵左衛門: 産下直後の蚕卵の低温接触により生ずる異常蚕の研究. (1)低温接触時間並びに接触時間と異常蚕発現率との関係. 日蚕雑 **16**: 20-25. 1947
- 永友 雄: 絹糸虫類における計量形質の発現機構に関する研究. 鹿大農学報 **13**: 182-204. 1963
- NAKADA, T.: Untersuchungen über die statistische Vererbung des Kokongewichts von Seidenraupen, *Bombyx mori* L. *J. Facul. Agr. Hokkaido Univ.* **58**(2): 101-201. 1975
- 中田 徹・菊池邦夫: 家蚕倍数体の育成に関する研究. 11. 倍数体多発系統の検索とその後代検定. 東北蚕糸研究報告 **10**: 8. 1985
- 中田 徹・菊池邦夫: 家蚕倍数体の利用に関する研究. 2. 実用品種の倍数体誘起について. 北大農場研究報告 **26**: 45-51. 1988
- 中田 徹・菊池邦夫: 家蚕倍数体の利用に関する研究. 3. 実用品種由来の倍数体の繭重について. 北大農場研究報告 **27**: (印刷中) 1990
- 黄色俊一: 家蚕における量的形質の伴性的発現に関する研究. I. 正逆交雑における4眠蚕群からの3眠蚕の分離. 日蚕雑 **47**: 351-356. 1978
- TAJIMA, Y. and OHNUMA, A.: Experimental induction of androgenesis, gynogenesis and polyploidy in *Bombyx mori* by treatment with CO₂ gas. *J. Seric. Sci. Japan* **36**: 286-292. 1976
- 玉沢 享: 蚕卵におよぼす過冷却の影響 3. androgenesis, gynogenesisおよびモザイクの形成機構について. 北大農邦文紀 **10**: 284-292. 1977
- 玉沢 享・滝沢義郎: 蚕卵の過冷却処理による倍数体の出現. 北大農邦文紀 **10**: 272-283. 1977
- ZAKHIDOV, S. T.: Spermatogenesis in the 16th and the 18th generation of silkworm allotetraploids. *Dokl. Akad. Nauk SSSR Ser. Biol.* **252**: 225-227. 1980

Summary

The purpose of this paper is to give the basic data related to the expression of cocoon weight in polyploid silkworms of some different types. After crossing between two gene marker strains, re9 (re) and Tw1 (w-2), which are distinguishable from each other by their egg and eye color (red and white), the eggs laid were treated under supercooling condition for the sake of polyploid induction. Almost all of the induced polyploids were confirmed

to be autotetraploids and their progenies, obtained from rearing experiments in the following generation, contain some different ploidy types.

The experimental results are summarized as follows:

1) The frequency of polyploid induction differed remarkably from reciprocal crossing. The inductivity was always higher in the hybrid type [re 9 ♀ × Tw 1 ♂] than in the reciprocal one and these polyploids were confirmed to be mostly autotetraploids.

2) A remarkable hybrid vigor was observed in such a quantitative trait as cocoon weight. In the progeny of crossing type [re 9 ♀ × Tw 1 ♂], the male cocoon shell weight was superior to that of the female, and it is evident that the X-chromosome derived from Tw 1 strain is connected with the expression of cocoon weight. The superiority of the male cocoon in weight can be explained well by sex linkage and is caused by a special function located on X-chromosome in some quantitative traits. It is more emphasized in the case of tetraploids.

3) Tetraploid females induced (F₁ type) laid large sized eggs. These eggs hatched and the lar-

vae developed well, so it was possible to get many triploids in the following generation, by crossing with normal male diploids. Contrary to this, the male tetraploids were mostly sterile except for some exceptional individuals.

4) Triploids as a whole in comparison with four BF₁ types produced cocoons which were superior in weight to those of diploids. And, contrary to the usual case, the male cocoon shell weight increased remarkably in the case of triploids derived from the crossing type [2 nP ♀ × 4 nF₁ ♂], using the exceptionally high fertility males described above.

5) The type of frequency distribution of cocoon weight differed according to sex in F₂ type tetraploids. It can be approximately expressed by a normal curve in the male, but the distribution curve in the female is asymmetrical, being extremely inclined toward the left side, and has two peaks with a ratio of about 4:1. It is considered that this is caused by the sex chromosome constitution of the female tetraploid (XXYY), that is, the two topped curve may reflect the following segregation ratio in the next generation: XXXX(♂):XXXY(♀):XXYY(♀)=1:4:1.