

# 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

|       |                                                                               |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 誌名    | 北海道大学農学部農場研究報告 = Research bulletin of the University Farm Hokkaido University |
| ISSN  | 03856445                                                                      |
| 著者名   | 中田, 徹<br>菊池, 邦夫                                                               |
| 発行元   | 北海道大学農学部附属農場                                                                  |
| 巻/号   | 27号                                                                           |
| 巻号補足  |                                                                               |
| 掲載ページ | p. 7-15                                                                       |
| 発行年月  | 1991年3月                                                                       |

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council  
Secretariat



## 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

中田 徹

（北海道大学農学部農林統計処理学研究室）

菊池 邦夫

（北海道大学農学部附属農場）

（1990年10月24日受理）

#### 緒 言

カイコの計量形質のうち、絹生産の基本となる形質は繭の重量である。この繭重の発現については、カイコの育種の中心的な課題であるために、現在までに多くの研究があるが、倍数体の繭重発現に関する体系的な研究は少なく、とくに実用品種の倍数体に関する検討はほとんど行われていない。これはまず第一に、一般に倍数体の誘起や継代が困難であり、体系的な統計分析を行うための多量のデータを容易に得られないところに原因がある。また、第二に倍数体の後代検定は卵色などのマーカー遺伝子によって確認するのが効果的であるが、これをもたない実用系統では、この方法が適用できないので、誘起処理後の倍数体個体の確認が難しいという事情もある。

そこで前々報<sup>8)</sup>に報告したように、経済形質に優れた系統に卵色マーカー遺伝子を見出したので、これを実用品種の倍数体誘起のテスターとして育成し、このテスターを交雑親として倍数体の誘起処理を行った。このように、実用品種でも後代の卵色分離を調査することによって、容易に個体レベルで誘起の可否を判定できるようになった。さらに、前報<sup>9)</sup>で報告したように、多くの実用品種について、倍数体の誘起効率を調査したところ、比較的容易に倍数体を誘起できる系統を見出すのに成功したので、これを用いて多数の倍数体蚕を得ることができた。そこで今回は本実験で得られた多量のデータを用いて、各種の構成の異なる4倍

体や3倍体などの、倍数体の繭重の調査を行うことができたので、分析結果の概要について報告する。

#### 材料及び方法

供試材料として、日本種系原種の「やまと」、中国種系原種の「ほまれ」ほか、いくつかの実用品種と卵色マーカーをもつ数種の倍数体誘起テスター「Cw」、「Sr」、「Hr」などを用い、滝沢及び玉沢<sup>13)</sup>の開発した過冷却処理法によって倍数体の誘起を行った。これは系統間交雑の後、産卵直後の卵に低温接触の刺激を与えて得られた異常発生卵の中から、倍数体を選抜する方法である。この方法は、処理卵齢により各種の異常発生がみられるが、本実験では処理時期は4倍体の多発する産卵後150分前後とした。このF<sub>1</sub>卵を、適当な発育時期に実体顕微鏡で観察し、しょう液膜細胞大型卵を選抜して飼育実験に供した。これらの各実験区について、上簇、営繭後、繭重を個体別に秤量した。この秤量システムは、著者が開発した直示天秤とパソコンを連結したもので、短時間に多量のデータ処理が可能である。成虫化ののち、テスターとの交雑による後代検定を行って、卵の形態や卵色分離から倍数性を調査したが、その大半は同質4倍体と確認された。なお、交雑組合せの一部は卵色マーカーをもたない系統も使用したので、その場合の倍数性の判定は、Katsuno<sup>12)</sup>の報告している卵紋の大きさによる方法に従った。

データの統計処理には、北海道大学大型計算機

**Table 1.** Cocoon weight of tetraploid silkworm induced by supercooling treatment

(1988 spring)

| Strain                 | Ploidy | n  | Pupal weight<br>± standard<br>error (cg) | Cocoon shell<br>weight ± s.e.<br>(cg) | ♂/♀ ratio   |             |
|------------------------|--------|----|------------------------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|
|                        |        |    |                                          |                                       | p.w.<br>(%) | c.w.<br>(%) |
| Homare ♀<br>× Yamato ♂ | 4n ♀   | 40 | 175.9 ± 3.15                             | 52.7 ± 1.20                           | 81.8        | 98.3        |
|                        | ♂      | 12 | 143.8 ± 3.89                             | 51.8 ± 1.45                           |             |             |
|                        | 2n ♀   | 30 | 190.6 ± 2.22                             | 60.2 ± 0.55                           | 75.8        | 97.2        |
|                        | ♂      | 30 | 144.1 ± 1.66                             | 58.5 ± 0.69                           |             |             |
| Homare ♀<br>× Yr ♂     | 4n ♀   | 67 | 160.1 ± 2.39                             | 41.4 ± 0.82                           | 79.0        | 102.2       |
|                        | ♂      | 60 | 126.5 ± 1.81                             | 42.3 ± 0.67                           |             |             |
|                        | 2n ♀   | 30 | 201.3 ± 2.89                             | 53.4 ± 0.65                           | 74.3        | 93.1        |
|                        | ♂      | 30 | 149.5 ± 2.20                             | 49.7 ± 0.57                           |             |             |
| Daihaku ♀<br>× Nr ♂    | 4n ♀   | 79 | 159.8 ± 1.98                             | 38.0 ± 0.74                           | 77.0        | 95.0        |
|                        | ♂      | 56 | 123.1 ± 1.89                             | 36.1 ± 0.83                           |             |             |
|                        | 2n ♀   | 30 | 205.2 ± 2.53                             | 51.1 ± 0.69                           | 73.4        | 94.3        |
|                        | ♂      | 30 | 150.7 ± 1.87                             | 48.2 ± 0.70                           |             |             |
| Hr ♀<br>× Yamato ♂     | 4n ♀   | 20 | 179.9 ± 5.23                             | 45.5 ± 1.66                           | 77.3        | 92.7        |
|                        | ♂      | 17 | 139.0 ± 3.70                             | 42.2 ± 1.59                           |             |             |
|                        | 2n ♀   | 30 | 192.3 ± 2.04                             | 50.0 ± 0.51                           | 80.2        | 98.2        |
|                        | ♂      | 29 | 154.3 ± 1.70                             | 49.1 ± 0.65                           |             |             |
| Hr ♀<br>× Bankou ♂     | 4n ♀   | 29 | 183.7 ± 4.34                             | 46.2 ± 1.35                           | 79.1        | 99.4        |
|                        | ♂      | 21 | 145.3 ± 2.46                             | 45.9 ± 0.81                           |             |             |
|                        | 2n ♀   | 30 | 185.0 ± 1.98                             | 50.4 ± 0.65                           | 76.1        | 94.6        |
|                        | ♂      | 30 | 140.7 ± 1.90                             | 47.7 ± 0.75                           |             |             |

センターのコンピュータ, HITAC-M 862 H を用い, 著者の作成した FORTRAN の基礎統計及び分散分析プログラムによって計算を行った。なお分散分析プログラムは, Yates<sup>14)</sup>の考案した 2<sup>n</sup>分析法に準拠して作成したものである。

## 結果及び考察

### 1. 4 倍体の繭重について

4 倍体の繭重データの一例として, 1988 年にを行った実験結果を, Table 1 として示した。ここに示したのはすべて F<sub>1</sub> タイプの場合であるが, 5 組の誘起 F<sub>1</sub> に共通してみられるように, 4 倍体の繭重は, 統計的検定の結果を待つまでもなく, 蛹体重、繭層重ともに 2 倍体の場合より劣っている。しかし, その重量の頻度分布を詳細に調べると, 変異の状態は両者でかなり異なる。すなわち, 分布のピークは両者でほとんど変わらないが, 2 倍体では変異が小さく, 平均値に近い個体が大半を占め, ほぼ正規型の分布となるのに反して, 4 倍体では繭重の重い大型の個体が出現する一方で, 極端なわい小個体もまた比較的多発して, その結果集団の変異が増大し, 同時に平均値を引き下げ

る結果となっている。これは, 中田<sup>10)</sup>がカイコの特性品種間交雑で得た, F<sub>1</sub> 及び F<sub>2</sub> タイプの 4 倍体で観察しているように, ここに得られた同質 4 倍体の中には, 異数体などの異常発生個体が含まれている可能性があり, これが生理的障害の原因となって, それらの個体の正常な生長発育を阻害したためと考えられる。また, 実際にこれらのわい小個体は, 特性品種の場合と同様に生殖力を欠く場合が多く観察された。なお原種自体の品種内交配で倍数化を試みた際にも, P タイプの 4 倍体でも同様にわい小個体の多発現象が観察された。ただ, これらのわい小個体の発生頻度は, 実験年度や交雑組合せによりかなり異なり, これがごく少数の場合は, 4 倍体の平均値が 2 倍体を上回るケースも認められる。古く, 川口<sup>3)</sup>は倍数体蚕の経済的特質について, その有用性を報告しており, またいくつかの同様の報告もあるが, いずれの場合でも実験個体数が十分であるとはいえず, このケース, すなわち大型 4 倍体の誘起に該当するものと思われる。しかしながら倍数化による量的形質の爆発的増加は, 4 倍体の場合は多くを期待できないと思われる。ただ問題は, 後述するように

Table 2. Segregation ratios of egg color of each batch in different type progenies (BF<sub>1</sub>, 1983, 1984)

| Crossing type                                |        | ① Shougetsu × Sr 1983 |                  |       |          | ② Tr × N145 1984 |                  |       |          |
|----------------------------------------------|--------|-----------------------|------------------|-------|----------|------------------|------------------|-------|----------|
| Batch                                        | Ploidy | black                 | Egg color<br>red | total | $\chi^2$ | black            | Egg color<br>red | total | $\chi^2$ |
| 4n F <sub>1</sub> ♀ × 2n P ♂ (b : r = 5 : 1) |        |                       |                  |       |          |                  |                  |       |          |
| No.1                                         | 3n     | 301                   | 65               | 366   | 0.315    | 352              | 67               | 419   | 0.138    |
| No.2                                         | 3n     | 366                   | 71               | 437   | 0.053    | 402              | 75               | 477   | 0.306    |
| No.3                                         | 3n     | 360                   | 69               | 429   | 0.015    | 346              | 69               | 415   | 0.000    |
| 2n F <sub>1</sub> ♀ × 2n P ♂ (b : r = 1 : 1) |        |                       |                  |       |          |                  |                  |       |          |
| No.1                                         | 2n     | 314                   | 313              | 627   | 0.002    | 318              | 332              | 650   | 0.302    |
| No.2                                         | 2n     | 379                   | 349              | 628   | 1.236    | 302              | 276              | 578   | 1.170    |
| No.3                                         | 2n     | 281                   | 297              | 578   | 0.443    | 305              | 332              | 637   | 1.144    |
| 2n P ♀ × 4n F <sub>1</sub> ♂ (b : r = 5 : 1) |        |                       |                  |       |          |                  |                  |       |          |
| No.1                                         | 3n     | 411                   | 73               | 484   | 0.882    | 452              | 72               | 524   | 3.231    |
| No.2                                         | 3n     | 432                   | 68               | 500   | 3.372    | 300              | 44               | 344   | 3.720    |
| No.3                                         | 3n     | 308                   | 68               | 376   | 0.538    | 453              | 69               | 522   | 4.469*   |
| 2n P ♀ × 2n F <sub>1</sub> ♂ (b : r = 1 : 1) |        |                       |                  |       |          |                  |                  |       |          |
| No.1                                         | 2n     | 254                   | 282              | 536   | 1.463    | 309              | 331              | 640   | 0.756    |
| No.2                                         | 2n     | 243                   | 246              | 489   | 0.018    | 305              | 281              | 586   | 0.983    |
| No.3                                         | 2n     | 291                   | 301              | 592   | 0.169    | 295              | 330              | 625   | 1.960    |

\* significant at 5% level

3倍体の利用のためには、まず4倍体を効果的に誘起、育成することが不可欠であり、この問題についてのさらに詳細な検討が必要である。

## 2. 3倍体の繭重について

前述のように処理して得られた誘起4倍体の後代の分析を行った。倍数体の確認は、誘起処理後飼育したカイコの成虫化の後の産卵状態、すなわち卵の形態やテストーとの戻し交雑による卵色分離の調査によって行った。この卵色分離の状態は、Table 2として表示したが、分離比の統計的検定の結果、それぞれの倍数性に応じた妥当な結果となっているのが分かる。

次代の飼育実験は1蛾育で行い、そのデータの一部はTable 3-1及びTable 3-2として表示したが、これらはいずれもBF<sub>1</sub>タイプの場合であり、倍数性、交雑型、雌雄別の3元に分類した3反復の実験結果である。ここで注意すべきは、4n F<sub>1</sub> ♀ × 2n P ♂の後代分離の際の性比である。カイコの性染色体構成は雌ヘテロ型であり、従ってここで誘起された4n F<sub>1</sub> ♀の性染色体構成は、ZZWWという同質4倍体であるから、減数分裂

の結果予想される卵核はZZ : ZW : WW = 1 : 4 : 1という比率である。これに2倍体の精核Zが受精して3倍体となる場合、ZZZ : ZZW : ZWW = 1 : 4 : 1が予想されるから、♂1に対して♀5となる。事実、これらの実験区では、実際の秤量データで表示したように、雄個体の出現が期待値よりさらに少なくなっているケースもみられた。

繭重の発現について詳細な検討を行うと、各実験区や反復蛾区により相当の変動がみられるが、4倍体を雄親とする実験区で特異的な現象が観察された。繭重を蛹体重及び繭層重の二つの成分に分けて、各蛾区別に♂/♀値を算出すると、一般の蚕品種にみられるように、蛹体重では75%程度、繭層重では90%強となるが、4倍体を雄親とする3倍体の場合、これらの数値がそれぞれ85%、115%程度まで増加している。すなわち、この交雑タイプの3倍体では雌雄の重量差が接近し、繭層重ではこれが逆転している<sup>7)</sup>。この現象は供試品種や組合せの異なる1983年、1984年のデータに共通して観察され、また中田及び菊池<sup>6)</sup>はF<sub>2</sub>型の3倍体でも同様の現象を見出している。

**Table 3-1.** Cocoon weight of progenies derived from the tetraploid silkworm  
(1983 spring, Shougetsu×Sr, BF<sub>1</sub> type progenies)

| Strain                         | Ploidy | n  | Pupal weight<br>± standard<br>error (cg) | Cocoon shell<br>weight± s.e.<br>(cg) | ♂/♀ ratio<br>p.w.<br>(%) | c.w.<br>(%) |
|--------------------------------|--------|----|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|-------------|
| 4n F <sub>1</sub> ♀ × 2n P ♂   |        |    |                                          |                                      |                          |             |
| No.1                           | 3n ♀   | 30 | 163.1 ± 2.66                             | 33.2 ± 0.61                          | 79.7                     | 96.7        |
|                                | ♂      | 15 | 130.0 ± 5.11                             | 32.1 ± 1.76                          |                          |             |
| No.2                           | 3n ♀   | 30 | 166.2 ± 4.07                             | 35.2 ± 0.96                          | 70.1                     | 89.2        |
|                                | ♂      | 12 | 116.5 ± 4.10                             | 31.4 ± 2.05                          |                          |             |
| No.3                           | 3n ♀   | 30 | 140.4 ± 3.69                             | 31.2 ± 0.90                          | 94.7                     | 115.1       |
|                                | ♂      | 9  | 132.9 ± 4.39                             | 35.9 ± 1.67                          |                          |             |
| 2 n F <sub>1</sub> ♀ × 2 n P ♂ |        |    |                                          |                                      |                          |             |
| No.1                           | 2n ♀   | 30 | 177.0 ± 2.50                             | 37.6 ± 0.66                          | 77.4                     | 92.8        |
|                                | ♂      | 30 | 137.0 ± 2.34                             | 34.9 ± 0.69                          |                          |             |
| No.2                           | 2n ♀   | 30 | 149.8 ± 3.66                             | 34.3 ± 1.23                          | 73.2                     | 93.0        |
|                                | ♂      | 30 | 109.7 ± 2.65                             | 31.9 ± 1.23                          |                          |             |
| No.3                           | 2n ♀   | 30 | 163.6 ± 1.80                             | 38.6 ± 0.65                          | 76.3                     | 92.5        |
|                                | ♂      | 30 | 124.8 ± 1.43                             | 35.7 ± 0.49                          |                          |             |
| 2 n P ♀ × 4 n F <sub>1</sub> ♂ |        |    |                                          |                                      |                          |             |
| No.1                           | 3n ♀   | 30 | 173.8 ± 1.98                             | 39.6 ± 0.62                          | 82.9                     | 101.5       |
|                                | ♂      | 30 | 144.1 ± 1.97                             | 40.2 ± 0.71                          |                          |             |
| No.2                           | 3n ♀   | 30 | 164.5 ± 2.49                             | 34.2 ± 0.66                          | 91.3                     | 121.6       |
|                                | ♂      | 30 | 150.2 ± 2.06                             | 41.9 ± 0.80                          |                          |             |
| No.3                           | 3n ♀   | 30 | 150.5 ± 3.08                             | 32.8 ± 0.74                          | 89.6                     | 123.2       |
|                                | ♂      | 30 | 134.9 ± 1.49                             | 40.4 ± 0.74                          |                          |             |
| 2 n P ♀ × 2 n F <sub>1</sub> ♂ |        |    |                                          |                                      |                          |             |
| No.1                           | 2n ♀   | 30 | 189.2 ± 2.25                             | 41.8 ± 0.83                          | 76.1                     | 91.6        |
|                                | ♂      | 30 | 144.0 ± 1.79                             | 38.0 ± 0.48                          |                          |             |
| No.2                           | 2n ♀   | 30 | 176.7 ± 2.50                             | 40.9 ± 0.64                          | 79.1                     | 91.7        |
|                                | ♂      | 30 | 139.8 ± 2.02                             | 37.5 ± 0.64                          |                          |             |
| No.3                           | 2n ♀   | 30 | 164.6 ± 2.25                             | 40.2 ± 0.63                          | 79.6                     | 94.0        |
|                                | ♂      | 30 | 131.1 ± 2.10                             | 37.8 ± 0.71                          |                          |             |

そこでさらに異なる実用系の品種やテスターを組み合わせ、実験的検討を継続した。このようにして得た1989年までの5反復データについて、統計的検定を行った。詳細な実験データの記載については省略するが、各年度の平均値について、Table 4-1及びTable 4-2として示し、また分散分析の結果をTable 5に集約した。まず、蛹体重では要因C（雌雄差）に1%レベルで差がみられたが、前述したように、この形質の雌雄差は♀100に対して♂75程度であるから、雌の値が雄の値を上回るのは当然の結果であるといつてよい。次に要因A（倍数性）で5%レベルで差がみられた。この差は3n>2nという方向に示され、3倍体の重量が増加することを意味している。これを

詳細に検討すると、この重量の増加は雄親を4倍体とする後代の雄の3倍体でのみ特異的にみられ、雌ではあまり差がみられない。また、ブロック（飼育年度）については有意であり、かなりの年次変動がみられた。これは飼育期による環境の違いや品種の組合せの効果が交絡した結果と思われる。

次に繭層重の分析の結果、要因A及び要因Cでは差がみられない。実際のデータを詳しく検討すると、倍数性に関しては3倍体は2倍体よりやや優り、また性差については、雌の値は雄の場合よりも大きい。統計的に有意な差には至っていない。これに対して、要因B（交雑型）で1%レベルで差がみられる。これはF<sub>1</sub>を雄親とする交雑組

**Table 3-2.** Cocoon weight of progenies derived from the tetraploid silkworm (1984 spring, Tr×N145, BF<sub>1</sub> type progenies)

| Strain                      | Ploidy | n  | Pupal weight<br>± standard<br>error (cg) | Cocoon shell<br>weight ± s.e.<br>(cg) | ♂/♀ ratio<br>p.w.<br>(%) | c.w.<br>(%) |
|-----------------------------|--------|----|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|-------------|
| 4n F <sub>1</sub> ♀ × 2n P♂ |        |    |                                          |                                       |                          |             |
| No.1                        | 3n ♀   | 24 | 177.1 ± 3.36                             | 34.8 ± 0.67                           | 67.8                     | 87.9        |
|                             | ♂      | 8  | 120.1 ± 3.91                             | 30.6 ± 1.83                           |                          |             |
| No.2                        | 3n ♀   | 24 | 157.2 ± 3.35                             | 32.5 ± 0.71                           | 75.3                     | 95.7        |
|                             | ♂      | 11 | 118.4 ± 5.32                             | 31.1 ± 1.92                           |                          |             |
| No.3                        | 3n ♀   | 25 | 152.0 ± 3.23                             | 31.1 ± 0.66                           | 73.9                     | 92.0        |
|                             | ♂      | 14 | 112.3 ± 6.77                             | 28.6 ± 2.39                           |                          |             |
| 2n F <sub>1</sub> ♀ × 2n P♂ |        |    |                                          |                                       |                          |             |
| No.1                        | 2n ♀   | 25 | 162.0 ± 2.84                             | 33.9 ± 0.84                           | 77.7                     | 95.6        |
|                             | ♂      | 30 | 125.8 ± 2.36                             | 32.4 ± 0.66                           |                          |             |
| No.2                        | 2n ♀   | 29 | 143.1 ± 2.36                             | 31.7 ± 0.60                           | 78.3                     | 98.1        |
|                             | ♂      | 24 | 112.0 ± 2.45                             | 31.1 ± 0.76                           |                          |             |
| No.3                        | 2n ♀   | 30 | 143.3 ± 3.44                             | 31.1 ± 0.83                           | 74.6                     | 90.4        |
|                             | ♂      | 24 | 106.9 ± 2.28                             | 28.1 ± 0.75                           |                          |             |
| 2n P♀ × 4n F <sub>1</sub> ♂ |        |    |                                          |                                       |                          |             |
| No.1                        | 3n ♀   | 24 | 148.2 ± 2.19                             | 30.0 ± 0.43                           | 85.6                     | 114.7       |
|                             | ♂      | 30 | 126.8 ± 1.71                             | 34.4 ± 0.51                           |                          |             |
| No.2                        | 3n ♀   | 28 | 152.7 ± 2.42                             | 31.4 ± 0.42                           | 87.2                     | 114.3       |
|                             | ♂      | 24 | 133.1 ± 2.08                             | 35.9 ± 0.59                           |                          |             |
| No.3                        | 3n ♀   | 25 | 150.2 ± 1.92                             | 30.6 ± 0.44                           | 86.2                     | 115.7       |
|                             | ♂      | 30 | 129.5 ± 1.45                             | 35.4 ± 0.37                           |                          |             |
| 2n P♀ × 2n F <sub>1</sub> ♂ |        |    |                                          |                                       |                          |             |
| No.1                        | 2n ♀   | 30 | 151.9 ± 2.26                             | 32.7 ± 0.53                           | 80.1                     | 94.5        |
|                             | ♂      | 25 | 121.6 ± 2.57                             | 30.9 ± 0.63                           |                          |             |
| No.2                        | 2n ♀   | 23 | 149.8 ± 2.38                             | 32.6 ± 0.71                           | 73.6                     | 89.0        |
|                             | ♂      | 26 | 110.2 ± 1.68                             | 29.0 ± 0.62                           |                          |             |
| No.3                        | 2n ♀   | 27 | 161.4 ± 3.08                             | 32.7 ± 0.83                           | 73.2                     | 92.4        |
|                             | ♂      | 24 | 118.2 ± 2.82                             | 30.2 ± 0.72                           |                          |             |

**Table 4-1.** Pupal weight of progenies of tetraploid silkworm induced by supercooling treatment (cg)

| A     | B | C | ①<br>1983 | ②<br>1984 | ③<br>1985 | ④<br>1987 | ⑤<br>1989 | Total  |
|-------|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0     | 0 | 0 | 156.6     | 162.1     | 146.0     | 192.5     | 166.8     | 824.0  |
| 1     | 0 | 0 | 163.5     | 149.5     | 155.3     | 165.5     | 148.0     | 781.8  |
| 0     | 1 | 0 | 162.9     | 150.4     | 150.7     | 179.2     | 147.6     | 790.8  |
| 1     | 1 | 0 | 176.8     | 154.4     | 159.2     | 150.8     | 131.0     | 772.2  |
| 0     | 0 | 1 | 126.5     | 116.9     | 129.3     | 134.1     | 114.6     | 621.4  |
| 1     | 0 | 1 | 123.8     | 114.9     | 122.0     | 120.0     | 118.7     | 599.4  |
| 0     | 1 | 1 | 143.1     | 129.7     | 134.8     | 139.4     | 123.9     | 670.9  |
| 1     | 1 | 1 | 138.3     | 116.7     | 122.9     | 113.0     | 100.8     | 591.7  |
| Total |   |   | 1191.5    | 1094.6    | 1120.2    | 1194.5    | 1051.4    | 5652.2 |

A : Ploidy      0 : 4n      1 : 2n  
 B : Crossing type    0 : F<sub>1</sub>♀ × P♂    1 : P♀ × F<sub>1</sub>♂  
 C : Sex            0 : ♀            1 : ♂

**Table 4-2.** Cocoon shell weight of progenies of tetraploid silkworm induced by supercooling treatment (cg)

| A     | B | C | ①<br>1983 | ②<br>1984 | ③<br>1985 | ④<br>1987 | ⑤<br>1989 | Total  |
|-------|---|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 0     | 0 | 0 | 33.2      | 32.8      | 28.5      | 36.3      | 32.4      | 163.2  |
| 1     | 0 | 0 | 36.8      | 32.2      | 33.1      | 33.5      | 33.9      | 169.5  |
| 0     | 1 | 0 | 35.5      | 30.7      | 31.5      | 35.7      | 34.7      | 168.1  |
| 1     | 1 | 0 | 41.0      | 32.7      | 37.7      | 30.5      | 31.3      | 173.2  |
| 0     | 0 | 1 | 33.1      | 30.1      | 30.6      | 31.6      | 28.4      | 153.8  |
| 1     | 0 | 1 | 34.2      | 30.5      | 31.0      | 31.5      | 32.4      | 159.6  |
| 0     | 1 | 1 | 40.8      | 35.2      | 36.3      | 37.5      | 39.4      | 189.2  |
| 1     | 1 | 1 | 37.8      | 30.0      | 34.4      | 26.9      | 29.8      | 158.9  |
| Total |   |   | 292.4     | 254.2     | 263.1     | 263.5     | 262.3     | 1335.5 |

A : Ploidy      0 : 4n      1 : 2n  
 B : Crossing type    0 :  $F_1 \text{♀} \times P \text{♂}$     1 :  $P \text{♀} \times F_1 \text{♂}$   
 C : Sex      0 : ♀      1 : ♂

**Table 5.** Significant test between some factors related to the cocoon weight of progenies derived from the  $F_1$  type tetraploid

| Factors           | DF | F-values     |                 |
|-------------------|----|--------------|-----------------|
|                   |    | Pupal weight | Cocoon shell w. |
| Block             | 4  | 5.19 **      | 4.85 **         |
| A (Ploidy)        | 1  | 7.04 *       | 0.78            |
| B (Crossing type) | 1  | 0.00         | 8.47 **         |
| C (Sex)           | 1  | 126.09 **    | 0.71            |
| A B               | 1  | 0.30         | 6.28 *          |
| B C               | 1  | 1.92         | 3.08            |
| C A               | 1  | 0.44         | 5.82 *          |
| A B C             | 1  | 1.75         | 5.50 *          |

\*\* significant at 1% level

\* significant at 5% level

合せの場合、その逆交よりも重量が増加していることを示し、その主な原因は、やはり雄親を4倍体とする交雑タイプでは、後代の雄の3倍体で絹生産が旺盛であり、特に繭層重の極端な重量増加が起こっているためである。そのほか、2要因または3要因の交互作用で5%レベルで差がみられるが、その原因はやはりこの特異な現象によることが明らかである。

このように分散分析の結果、蛹体重と繭層重では反応がかなり異なっていることが明らかになった。これは両形質の見かけ上の相関がかなり高いが、形質発現を支配する要因が異なることを示唆するものである。交雑後代における量的形質発現の逆転現象については、永友<sup>4)</sup>、NAKADA<sup>5)</sup>などのZ染色体上の遺伝子による伴性遺伝、STONAK-

ER<sup>11)</sup>の性による雑種強勢の違いに原因を求める説明などがあるが、この場合にはいずれも適用できない。そこで考えられるのは、起源の異なる2種のZ染色体の組合せと倍数体との関連である。本来、雄の絹生産能力は雌の場合より高いことはよく知られている。同質4倍体の雄は両親から異なるZ染色体を得て倍加した個体であるから、減数分裂と交雑によって、次代の雄の性染色体構成の変異性は雌に比べてかなり高くなる。これらのZ染色体相互の組合せが生長、発育に影響すると仮定すれば、繭重のような量的形質の発現に関係がみられると思われるが、その詳細はなお不明の点が多く残されている。

倍数体の利用について、TAJIMA<sup>12)</sup>によれば、カイコでは染色体の倍数化によっても直接絹糸腺細

胞数の増加はみられず、絹生産への貢献は難しいとされている。本実験の結果からも、4倍体ではわい小個体の発生頻度がやや高く、直接生産に寄与できるとは考えられないが、その後代の3倍体の利用の可能性が認められた。これらの倍数体から得られた繭について、繰糸試験を行って繊維特性を調査したところ、繭層重増加の著しい上述の4倍体を雄親とする次代3倍体の雄では、繭糸量が多い割に繊度が細く、糸長が長いという特徴をもつことが判明した。従ってこれは細繊度絹糸生産の材料として今後検討の対象となり得ると思われるが、その詳細の論議については別の機会に譲りたい。また、この交雑タイプを実際に利用すると、4倍体雄に多発する不妊現象の解明など、なお今後検討すべき課題も残されている。

## 摘 要

本実験の目的はカイコの実用品種を用い、その倍数体を誘起したときの繭重の分析である。この種の研究は、倍数体の誘起や継代が難しいため、多量のデータによる体系的な分析が困難であったが、著者は比較的容易に倍数化の可能な系統を見出すことに成功し、また、実用品種との交雑効果を判定するためのテストの育成も進み、その実験的検討が可能となった。そこでカイコの数種の実用品種と、卵色マーカー遺伝子をもつテストとの交雑を行い、産下直後の卵に過冷却処理によって倍数体の誘起を試みた。これらについて飼育実験の後、主として卵色分離による後代検定を行って、ここに得られた倍数体は同質4倍体であることが確認された。さらに、これらにテストを戻し交雑して、各種の異なる組合せの3倍体を作り、繭重の分析を行った。

4倍体の繭重は、2倍体に比較してやや劣る結果となったが、その原因は部分的に生育不良のわい小蚕が出現し、集団の変異が増大すると共に平均値を引き下げるためであり、全体としてのモードは、2倍体と比較してほとんど差がみられない。

後代の3倍体の繭重は、2倍体よりやや優る傾向があるが、その発現には特異な現象がみられた。すなわち、4倍体を雄親とする戻し交雑タイプの

3倍体では、蛹体重の雌雄差が接近し、繭層重ではこれが逆転して雄の値が雌を上回ることが分かった。この現象は、数年間にわたる実用品種とテストとの交雑組合せを代えた反復実験でも同様に観察され、分散分析による統計的検定の結果からも確認された。このように、3倍体の雄にのみ特異的にみられた絹生産効率の上昇現象は、倍数体の利用の可能性を示唆するものである。

## 謝 辞

本実験を遂行するに当たり、供試蚕品種を分譲された元農水省蚕糸試験場育種部青木秀夫室長及び同平田保夫室長に厚くお礼申し上げる。また、飼育実験や各種の調査に協力いただいた、本学付属農場養蚕部斉藤寛技官に心から感謝する。なお、本研究の一部は文部省科学研究費（一般研究C 60560059 及び同C 10560060）の助成によって行った。

## 引用文献

1. KATSUNO, S. : Size of polygonal patterns of the egg - shell and facets of the compound eye in the tetraploid silkworm, *Bombyx mori*. *J. Seric. Sci, Japan* 53 : 1-6. 1984
2. KATSUNO, S. : Surface structure of the egg-shell in the polyploid silkworm, *Bombyx mori*. *J. Seric. Sci, Japan* 53: 97-107. 1984
3. 川口栄作：倍数体蚕の経済的特質 日蚕雑 8 : 121. 1937
4. 永友 雄：家蚕に於ける計量的性質の伴性遺伝について、農学会報 (281) : 155-173. 1926
5. NAKADA, T. : Untersuchungen über die statistische Vererbung des Kokongewichts von Seidenraupen, *Bombyx mori* L. *J. Facul. Agr. Hokkaido Univ.* 58(2) : 101-201. 1975
6. 中田 徹・菊池邦夫：家蚕倍数体の育成に関する研究。  
8. 実用系後代3倍体の繭重について。東北蚕糸研究報告 7 : 4. 1982
7. 中田 徹・菊池邦夫：家蚕倍数体の育成に関する研究。  
12. F<sub>1</sub>型3倍体の誘起とその繭形質について。東北蚕糸研究報告 11 : 15. 1986
8. 中田 徹・菊池邦夫：家蚕倍数体の利用に関する研究。  
1. 保存品種「天」由来の卵色突然変異系統の遺伝分析。北大農場研究報告 26 : 37-44. 1988
9. 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
10. 中田 徹: カイコ 4 倍体の繭重について. (要旨) 遺伝学雑誌 **64** (6) : 467. 1989
11. STONAKER, H.H : A genetic hypothesis for sex - mating system interactions in growth of cattle and poultry. *J. Anim. Sci.* **22** : 320-325. 1963
12. TAJIMA, Y. : The Silkworm : an important laboratory tool. Kodansha Tokyo, 1978
13. 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
14. YATES, F. : The design and analysis of factorial experiments. *Imp. Bur. Soil Sci. Tech. Comm.* **35** : 1 - 95. 1937

## Studies on the Utilization of Polyploid in the Silkworm, *Bombyx mori*

### 3. Cocoon Weight of Polyploids Originated in the Commercial Races

Tohru NAKADA

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

Kunio KIKUCHI

(Experiment Farms, Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Sapporo 060, Japan)

(Received October 24, 1990)

#### Summary

The purpose of this paper is to point out the cocoon weight of polyploid silkworm of commercial races. The details of this problem are unknown due to lack of systematic research because of experimental difficulties in induction and maintenance of polyploid. We have conducted experimental research in order to clarify the problem, using a lot of data obtained from the different types of progenies, which have been derived from the induced polyploids by supercooling treatment of eggs just after oviposition. At first, the induced polyploid silkworms were confirmed to be autotetraploids in many cases of the crossing type by using the method of progeny test applying some egg-color marker gene strains.

Cocoon weight of induced tetraploid silkworms has a tendency to decrease in quantity compared with that of the normal diploids. It is caused by the mixture of some small individuals showing inferior growth, and when they were excluded from the consideration, we did not find any difference from sampling point of view.

A strange phenomenon was observed through the process of quantitative analysis of triploid that is that the male cocoon production is superior. This reversal is shown only in a certain limited crossing type. As a result of statistical analysis, it is apparently confirmed that the triploid male derived from the BF<sub>1</sub> crossing type, [2n P ♀ × 4n F<sub>1</sub> ♂], is superior to the female from the view point of silk productivity and the physical properties of silk fiber by the reeling test of cocoon certification. These remarkable facts have been clarified through repeated experiments using some different commercial races over the past years.

It will become a very useful method, though there are many points which must be solved before the use of polyploids can become practical.