

# 大日本蚕糸会 研究報告

第 61 号 平成 25 年 12 月 (2013)

## 目 次

### 報 文

1. 「極細 1 号」を使用した織物の熱及び水分特性

蚕糸科学研究所 萩島富士江・天方美帆・鈴木果歩・田村照子…… 1

2. 言葉の情報を内蔵した特殊形状生糸の繰製

蚕糸科学研究所 岡島正章…… 7

3. 平衡致死系統と限性黒卵系統を用いた新しい中細織度雄蚕品種の開発

蚕業技術研究所 大沼昭夫・竹村洋子・持田裕司・松本正江…… 11

財団法人大日本蚕糸会  
蚕糸科学研究所  
蚕業技術研究所

# Journal of DAINIPPON SILK FOUNDATION

No. 61, December 2013

## CONTENTS

### Research Reports

- |   |    |
|---|----|
| 1. HAISHIMA, F., AMAGATA, M., SUZUKI, K. and TAMURA, T.:<br>Thermal and hydrophilic properties of the silk fabric woven by "GOKUBOSO I", .....  | 1  |
| 2. OKAJIMA, M.:<br>The reeling of the special shape raw silk which incorporated words. ....   | 7  |
| 3. OHNUMA, A., TAKEMURA, Y., MOCHIDA, Y. and MATSUMOTO, M.:<br>Development of the only males strain with Middle Size Cocoon Filament using the<br>sex-linked balanced lethal strain and sex-limited black-egg strains of the silkworm. .... | 11 |

Published by

**THE DAINIPPON SILK FOUNDATION**

# 「極細 1 号」を使用した織物の熱及び水分特性

葩島富士江・天方美帆・鈴木果歩・田村照子

蚕糸科学研究所

FUJIE HAISHIMA, MIHO AMAGATA, KAHO SUZUKI and TERUKO TAMURA: Thermal and hydrophilic properties of the silk fabric woven by "GOKUBOSO 1".

## 緒 言

国産で様々な特徴をもつ蚕品種繭を用い、輸入品とは差別化した純国産絹製品の開発が行われている<sup>1)</sup>。純国産絹製品の特長をわかりやすく消費者に伝えるためには、各蚕品種繭の特性を明らかにするだけではなく、これらを使用した絹衣料素材の性能の評価方法の確立とともに、製品作りに活用していくことが重要である。

そこで、高級織物用生糸として期待されている極細の繭糸織度をもつ蚕品種「極細 1 号」に着目し、その洋装用素材としての適合性を見出すため、繰糸特性と生糸の機械的特性及び製織した先練り綾織物の熱・水分特性を調べるとともに、国内で最も普及している蚕品種の「春嶺×鐘月」を対照区とし、繭糸織度の細さと織物の特性との関係を検討したので報告する。

本文に先立ち、材料の提供と実験にそれぞれご協力いただいた蚕業技術研究所ならびに蚕糸科学研究所の職員各位に深謝致します。

## 材料と方法

### 繭質調査

原料繭は、2009年春蚕期に蚕業技術研究所で生産された「極細 1 号」及び対照区として「春嶺×鐘月」（以下、それぞれ Gokuboso, SRG とする）を用いた。

繰糸試験は、蚕糸科学研究所の繭検定用自動繰糸機（CT-2型、日産株）を使用し、繭糸織度、一粒重、繭糸長、繭糸量、解じょ率を調べた。繰糸試験の目的織度は27デニール、繰糸速度は195m/min とし、繰製した生糸の一部を引張試験に使用した。また、Gokuboso は製織試験の緯糸に供試するため、本試験と同一条件で生糸に繰製した。

### 生糸の引張試験

テンシロン万能試験機（RTM-100、オリエンテック）を使用し、試料は100本束糸の生糸とし、試長100mm、引張速度50mm/min で強力、伸度、ヤング率を測定した。

### 先練り織物の製織

織物の経糸は、市販の国産生糸 SRG を、緯糸には同 SRG 及び Gokuboso の生糸をそれぞれ使用し、製造工程は全て同一条件で行い、先練りの綾織物を作製した。経糸は27デニールの 3 本片撚り、緯糸は 27デニールの 3 本諸撚りである。

### 試験布の基本構成

織物の基本構成を Table 1. に示す。対照布は、シルクライクのポリエステル織物 (pet) を用い、できるだけ試験布と類似の織組織及び重量のものを選定した。

SRG と Gokuboso との比較において大きな違いは、緯糸を構成するプラン数にある。SRG の繊糸密度約 3 デニールに比べ、Gokuboso のそれは約 1.6 デニールと細いため、目的繊度を統一すると Gokuboso の方が約 1.7 倍多くなる。プラン数は、繰糸試験で調査した平均粒付け数をもとに算出した。プラン数の違い以外には、SRG と Gokuboso とに織物構成の差はみられない。

試験布とポリエステル織物との比較では、ポリエステル織物は試験布よりも軽く、厚みが約 1/2 小さく見掛け比重は大きい傾向にある。

### 織物の力学特性

力学特性は、KES 法<sup>2)</sup> により引張り試験機、せん断試験機、純曲げ試験機、圧縮試験機、表面試験機 (KESFB1~FB4, カトーテック) を使用し、引張り、せん断、曲げ、圧縮、表面特性を測定した。

### 織物の通気性及び熱・水分特性

通気性試験機 (KES-F8-AP1, カトーテック) を使用し、通気抵抗を求めた。保温率は、保温性試験機 (ASTM-100, 大栄科学機器) を用い JIS L1096 恒温法<sup>3)</sup> で、初期熱流束最大値 (qmax) 及び熱伝導率は精密迅速熱物性装置 (KES-F7, カトーテック) を使用し測定した。水分率は JIS L1096<sup>4)</sup>、透湿度は JIS L1099 ウォーター法<sup>5)</sup> で測定した。

熱・水分の複合的な特性を調べるため、T-H パーミヤビリティテスタ (TIMS-1, 東洋精器製作所) を使用し<sup>6)</sup>、顯熱抵抗、透湿抵抗及び K 値を調べた。測定は、水蒸気の発生が定常状態になってから開始し、測定時間は 1 時間とした。プランクで測定した水分蒸発量の平均は 165g/m<sup>2</sup> · hr であった。

### 結果と考察

#### 繊質特性及び生糸の機械的特性

200 粒の繰糸成績と生糸の機械的特性を Table 2. に示す。SRG の 2.66 デニールに比べ Gokuboso が 1.57 デニールと約 1/3 細く、繊糸長は長い傾向にある。解じょ率は、SRG よりも Gokuboso において低い値

Table 1. Basic properties of fabrics.

	Samples		
	SRG	Gokuboso	Pet
Structure	Twill	Twill	Twill
Composition	Silk 100%	Silk 100%	Polyester 100%
Fineness size Warp	81d/54f	81d/54f	50d/24f
Weft	81d/54f	81d/90f	44d/36f
Density (count/cm) Warp×Weft	52.2×51.8	52.3×51.7	75.0×47.2
Weight (g/m <sup>2</sup> )	77.3	76.5	61.5
Thickness (mm)	0.15	0.15	0.07
Apparent specific gravity	0.52	0.51	0.88
Pore volume ratio (%)	60.9	61.7	36.2

Table 2. Cocoon reeling properties and tensile properties<sup>\*1</sup> of raw silk.

	Samples	
	SRG	Gokuboso
Cocoon filament size (d)	2.66	1.57
Wight of a cocoon (g)	1.02	0.72
Length of cocoon filament (m)	1,424	1,557
Quantity of cocoon filament (cg)	42.1	27.2
Reelability (%)	92.7	71.0
Strength (g/d)	4.1	** 4.5
Elongation (%)	22.8	** 20.7
Young's modulus (kg/mm <sup>2</sup> )	1,293	** 1,385

\*\* p &lt; 0.01

<sup>\*1</sup> Physical test of raw silk yarn used one hundred of sizing skein.

を示し、小節では SRG と Gokuboso とは同程度の評価を示した。

生糸の強力とヤング率は、SRG に比べて Gokuboso の方が大きく、伸度は低かった。

### 織物の力学特性

織物の力学特性の曲げこわさ及び曲げヒステリシスを Fig. 1. に、表面摩擦係数の平均偏差及び表面粗さを Fig. 2. に示す。SRG と Gokuboso とを比較すると、Gokuboso の方が曲げこわさと表面摩擦係数の平均偏差は小さい傾向を示した。また、Gokuboso の曲げヒステリシス及び表面粗さは小さかった。これらのこととは、Gokuboso が曲げやわらかく、その回復性が良いこと、表面が滑らかで凹凸が小さい織物であることを示唆しており、織度が細いことは、肌触りの良さに有効に働くと考えられる。

極細織度蚕品種「はくぎん」の三眠化蚕繭を使用した織物は、曲げやわらかく、表面の凹凸が小さい

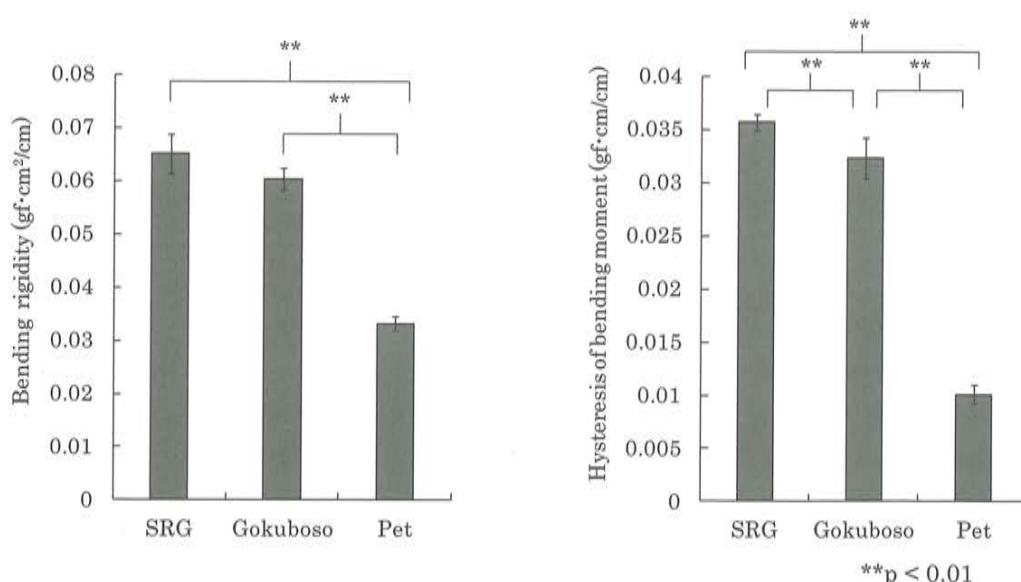


Fig. 1. Bending properties of the fabrics.

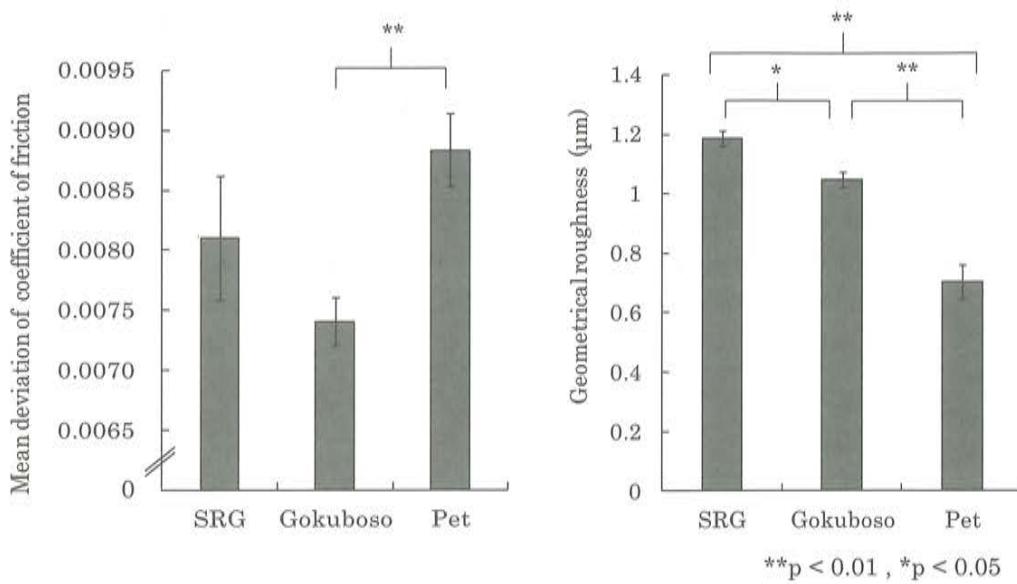


Fig. 2. Surface properties of the fabrics.

こと、細織度蚕品種「あけぼの」の織物では、曲げ回復性が良く、表面が滑りやすく凹凸は小さいことが報告されている<sup>7-8)</sup>。Gokubosoにおいても似た傾向が認められた。

試験布とポリエスチル織物との比較では、ポリエスチル織物の方が曲げやわらかく、その回復性は良いこと、表面の凹凸が小さいことを示している。繊維の太さが均一なため、交錯点において糸同士の摩擦が小さく糸が動き易いこと、織物が薄いためと考えられる。

#### 織物の通気性及び熱・水分特性

織物の通気抵抗及び熱・水分特性の結果をTable 3に示す。SRGとGokubosoとを比べると、通気抵抗、保温率、熱伝導率及び透湿度に差は認められなかった。qmaxは、SRGよりもGokubosoにおいて大きく、水分率はSRGの方が大きかった。qmaxには織物の表面形状が影響すると考えられ<sup>9)</sup>、GokubosoはSRGよりも表面摩擦係数の平均偏差と粗さが小さいことが影響したと考えられる。

Table 3. Thermal and hydrophilic properties of the fabrics.

	Samples		
	SRG	Gokuboso	Pet
Air permeability (KPa·s/m)	0.979 <sup>a</sup>	1.088 <sup>b</sup>	3.574 <sup>a,b</sup>
Warmth Retaining rate (%)	3.2	3.5	3.5
qmax (W/cm <sup>2</sup> )	0.0188 <sup>a,b</sup>	0.0204 <sup>a,c</sup>	0.0328 <sup>b,c</sup>
Thermal conductivity (W/mK)	0.032 <sup>d</sup>	0.032 <sup>e</sup>	0.028 <sup>d,e</sup>
Moisture content (%)	8.7 <sup>f,g</sup>	8.2 <sup>f,h</sup>	0.2 <sup>g,h</sup>
Water vapour permeability (g/m <sup>2</sup> ·h)	152.2 <sup>i</sup>	164.8	173.1 <sup>i</sup>

The numbers followed by different alphabets indicate statistically different at 1% level, the numbers followed "i" of alphabets indicate statistically different at 5% level.

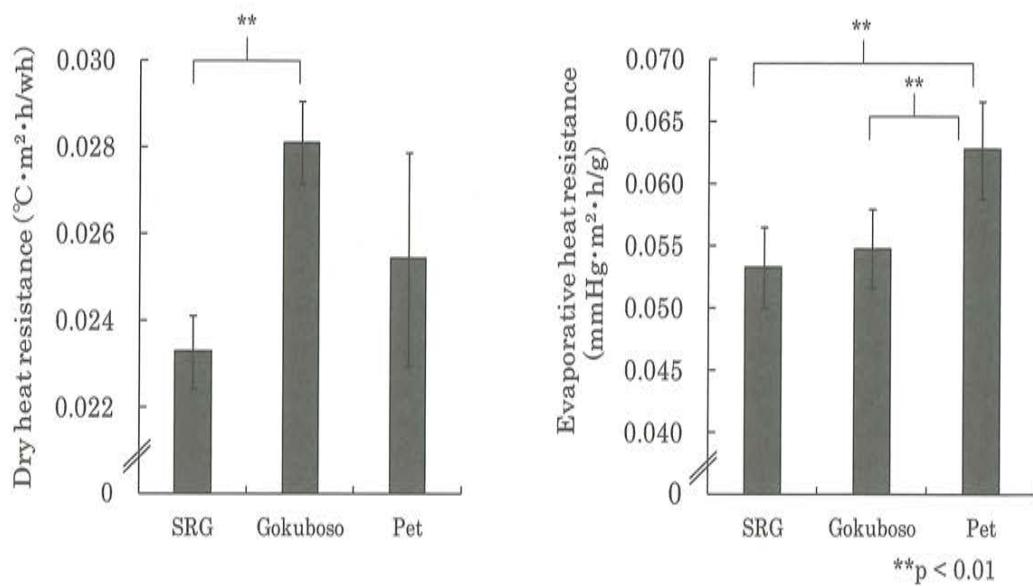


Fig. 3. Dry heat resistance and evaporative heat resistance.

試験布とポリエステル織物との比較では、ポリエステル織物は試験布よりも通気抵抗及び  $q_{\max}$  が大きく、熱伝導率と水分率は小さかった。

通気抵抗及び  $q_{\max}$  が大きいことには、フィラメント糸使いであり纖維の集合状態が揃っているためと考えられ、水分率には纖維の組成が影響したためと考えられる。また、ポリエステル織物の透湿度が SRG に比べて高いのは、透湿過程において水分が織物に吸湿されず空隙を透過したためと推測した。

顯熱抵抗と透湿抵抗を Fig. 3. に示す。SRG と Gokuboso とを比較すると、顯熱抵抗は SRG において小さく、透湿抵抗は SRG と Gokuboso との差がなかった。Wood cock は、着衣における熱抵抗を水分透過指数  $im$  で示しており、 $im$  が 1 に近いほど水分透過性が高く、0 に近いほど水分不透過を表す<sup>10)</sup>。これを参考に、顯熱抵抗に対する透湿抵抗の比から蒸れにくさを表す  $K$  値を求めたところ、Gokuboso の方が大きい値であった。平板型シミュレーション装置を使用した測定では、蒸れ感、湿潤感には織物組成の重量、厚さ、含気率が、物性として透湿性、通気性が関与することが報告されている<sup>11)</sup>。SRG と Gokuboso は、織物構成と通気性には差はないが、Gokuboso の方が繊維密度が細いため、水分は繊維間隙を透過するものと考えられる。これらのことから、Gokuboso は、保温性が高く暖かいうえ、蒸れにくいことを示唆している。

以上の結果から、SRG と Gokuboso との比較において、Gokuboso は繊維密度が細く繊維長は長い傾向が認められた。生糸の機械的特性は、Gokuboso は SRG より強力とヤング率が高く、伸度は低かった。経糸は SRG を、緯糸にはそれぞれ SRG と Gokuboso の生糸を使用した先練り綾織物の比較では、緯糸に Gokuboso の生糸を使用した織物の方が曲げやわらかく、表面が滑らかで凹凸は小さかった。また、織物の顯熱抵抗と透湿抵抗、 $K$  値の結果から、Gokuboso の生糸を使用した織物において冬に暖かく、夏には蒸れにくく涼しいことを示唆しており、繊維密度が細い方が、肌触りと着心地を良くするものと考えられる。

## 摘要

「極細1号」(Gokuboso) の生糸を使用した織物の特性を明らかにすることを目的とし、対照区とした「春嶺×鐘月」(SRG) との比較において、繭糸纖度の細さと織物の特性との関係を検討した。SRG に比べて Gokuboso は、繭糸纖度が約 1/3 細く繭糸長は長い傾向を示した。経糸は SRG を、緯糸にはそれぞれ SRG と Gokuboso の生糸を使用し、先練りの綾織物を作製した。その織物の力学特性及び熱・水分特性を調べた結果、Gokuboso は SRG に比べて曲げやわらかくその回復性が良いこと、表面が滑らかで凹凸が小さい織物であることがわかった。また、Gokuboso の水分率は SRG よりも小さく、透湿度は大きかった。透湿抵抗は、SRG と Gokuboso との差はないが、Gokuboso の顯熱抵抗及び K 値は SRG より大きくなつた。これらのことから、Gokuboso は冬に暖かく夏には蒸れにくく涼しいことを示し、繭糸纖度が細い方が、肌触りと着心地を良くするものと推測できる。

## 引用文献

- 1) (財)大日本蚕糸会 蚕糸・絹業提携支援センター (2013) シルクレポート, 30, 19-26.
- 2) 川端季雄 (1980) 風合い評価の標準化と解析 (第2版), 87, 日本繊維機械学会, 大阪.
- 3) JIS L1096 織物及び編物の生地試験方法. 保温性, 恒温法.
- 4) JIS L1096 織物及び編物の生地試験方法. 水分率.
- 5) JIS L1099 繊維製品の透湿試験方法. ウォーター法.
- 6) 松本義隆・新保善正・中村清光 (1988) 試作装置による布の熱・水分移動特性と快適適応性の検討. 日本繊維機械学会誌, 41, 566-575.
- 7) 那須杜子明・青木昭・西城正子 (1992) 「あけぼの」生糸による超薄地先染め絹織物“シャンブレー”的風合い. 蚕糸科学研究所彙報, 40, 51-60.
- 8) 高林千幸・井澤一郎・宮崎栄子・中村邦子・中島健一 (2002) 「はくぎん」3眠化蚕繭による生糸の性状と薄地織物の特性. 日本シルク学会, 11, 41-48.
- 9) 米田守宏 (2012) 布の接触冷温感の客観的評価. 織消誌, 53, 201-207.
- 10) (社)空気調和・衛生工学会 (2008) 新版・快適な温熱環境のメカニズム 豊かな生活空間をめざして. 201-202, 丸善株, 東京.
- 11) 山田巧・岩崎謙次・田村照子 (2010) スキンモデルを用いた布の熱・水分移動特性評価. 東京都立産業技術研究センター研究発表会要旨集, 77.

## 言葉の情報を内蔵した特殊形状生糸の繰製

岡島正章

蚕糸科学研究所

MASAAKI OKAJIMA: The reeling of the special shape raw silk which incorporated words.

### 緒 言

本研究所で研究を進めてきた繭糸交絡攪拌繰糸機では、繰糸速度と槽回転数の相対的な関係により、繰製糸に節が発現したり、織度が変化する機構となっている。これまで、繰製プログラムの開発を行い、繰糸速度と槽回転数をパソコンで制御することで、一定間隔で節のある糸や、ランダムに節や織度変化のある紬風の糸の繰製を行ってきたが、ユーザーからは言葉や音楽の情報を入れた糸が欲しいという要望があった。その要望に応えるため、情報を内蔵した糸を繰製するためのプログラムを作成し、言葉の情報を内蔵した生糸の繰製を行ったので報告する。

### 材料と方法

繭糸交絡攪拌繰糸機（図1）の巻き取りモーターと槽回転モーターを制御するためのプログラムをプログラミングソフト Delphi で作成した（図2）。繰製糸に言葉の情報を内蔵させるため、言葉（かな）をモールス信号に変換し、モールス信号の『・(トン)』、『-(ツー)』を繰製糸で発現させるため、『・-』の信号のある部分は糸の太さが太くなるように、信号と信号の間、文字と文字の間は糸の太さが細くな



図1. 繭糸交絡攪拌繰糸機

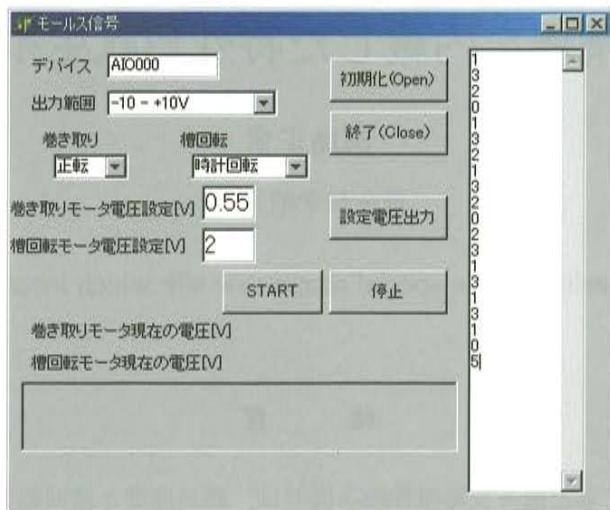


図2. 練製プログラム

るよう<sup>1</sup>に搅拌槽の回転をコントロールした。

練糸は、錦秋×鐘和を用いて、鍋煮繭90℃15分、繰解部温度40℃、練糸速度2m/min、搅拌槽回転300r.p.m.、150粒で行った。

### 結果と考察

練製した糸を確認したところ(図3)、信号のある中央部と、信号のない外側では明らかに糸の太さに違いが見られた。そこで、練製糸から情報を得るために、KEYENCE製高速・高精度デジタル寸法測定器 LS-7030(図4)を用いて、生糸の外径測定を行った。糸の太い部分でデータにはらつきは見ら



図3. モールス信号内蔵練製糸



図4. 高速・高精度デジタル寸法測定器 (KEYENCE 製 LS-7030)

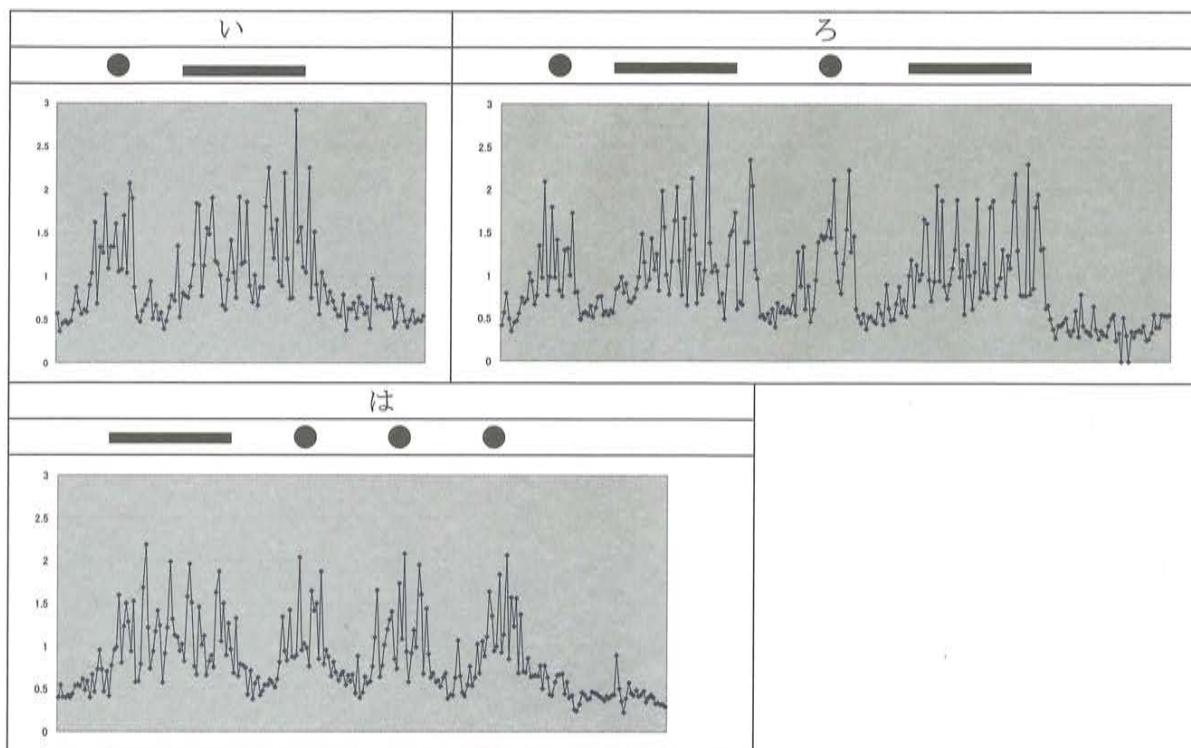


図5. モールス信号と繰製糸の外径

れたが、信号のある部分の平均外径は約1.2mm、信号のない部分の平均外径は約0.6mmと、約2倍の太さの違いとなった。また、『い』、『ろ』、『は』のモールス信号と、繰製糸の太い箇所の発現間隔も対応しており（図5）、作成したプログラムにより、繰製糸にモールス信号が発現したことが確認できた。

### 摘要

繭糸交絡攪拌繰糸機では、巻取速度や槽の回転を制御することにより、繰製糸の節や糸の太さを自由にコントロールできる。言葉等の情報を内蔵した生糸を繰製するため、言葉のモールス信号をモーターの制御に変換するプログラムを作成した。繰製プログラムで繰製した生糸を、デジタル寸法測定器で計測したところ、モールス信号が糸に発現していることがわかった。



## 平衡致死系統と限性黒卵系統を用いた 新しい中細繊度雄蚕品種の開発

大沼昭夫・竹村洋子・持田裕司・松本正江

蚕業技術研究所

AKIO OHNUMA, YOKO TAKEMURA, YUJI MOCHIDA and MASAE MATSUMOTO: Development of the only males strain with Middle Size Cocoon Filament using the sex-linked balanced lethal strain and sex-limited black-egg strains of the silkworm.

### 緒 言

カイコでは雄が雌に比べ丈夫で、絹の生産効率も勝り、しかも繭糸も細く長く、繊度偏差が少なく糸質も優れていることが知られていた。そのような観点から雄の蚕のみを飼育し、雄だけの生糸を作ることが関係者の夢であり、カイコの遺伝学研究にもとづく雄蚕のみを得る種々の方法が考えられた。

雄蚕品種開発に関する研究の歴史は長く<sup>1)</sup>、主な方法としては卵色で雌雄を分離できる限性黒卵系統が放射線照射による染色体工学的手法により作出された<sup>2-7)</sup>。これらの、いわゆる「限性黒卵」は雄の卵の選別に光電管を用いる特別な装置を必要とするなどの理由から実用化には至らなかった。

また、雄のみを孵化させることができる平衡致死系統の作出も行われた<sup>3, 5, 8-12)</sup>。

最近、著者の一大沼はZ染色体の平衡致死法により実用的な雄蚕飼育技術を確立した<sup>12)</sup>。すなわち、伴性平衡致死系統<sup>11)</sup>の計量形質の向上を図り、その向上した雄を計量形質に優れた普通系統の雌と交配すると優れた繭をつくる雄のみが孵化する、実用的な雄蚕品種「プラチナボーイ」の開発に成功した<sup>12-14)</sup>。既に図1に示す製品も販売され好評を博している<sup>15)</sup>。また、最近洋装分野への利用も試みられている<sup>16)</sup>。



図1. プラチナボーイの製品（銀座もとじ展示会より）

今回、プラチナボーイより繭糸繊度が細く、糸長の長い雄蚕品種を作出するため、平衡致死系統に細繊度系統を戻し交雑し、細繊度の平衡致死系統の作出を行った。また蚕種の生産効率の点から要望の

あった日本種原種の雌雄鑑別が容易な限性品種を作るため、卵色で早期に雌雄の分離ができる限性黒卵に日本種を導入した2系統を育成し、これらを交配することにより、交雑原種の作出を行った。さらに、これらの交雑原種と細織度を導入した平衡致死系統との交雑種を作ったところ、プラチナボーイより織度の細い、中細織度の雄蚕品種を作出することができたので、結果について取りまとめ報告する。

研究を進めるにあたり、ご指導をいただいた蚕業技術研究所所長新保博博士、前所長井上元博士、貴重な蚕種を分譲された(独)農業生物資源研究所並びにご協力をいただいた関係各位に深く感謝の意を表する。

## 材料と方法

### 1. 平衡致死系統への細織度形質の導入と平衡致死の再構築

材料に用いた平衡致死系統 (BL) は幼虫の雌雄鑑別を容易にするため W 染色体に  $p^M$  (暗色遺伝子) が座乗する第2染色体と Z 染色体の三種の染色体が連結した染色体を有する平衡致死 ( $p^M W + \ell^2 / \ell^2 \varphi$ ,  $\ell^1 + \ell^2 / + \ell^1 \ell^2 \delta$ ) 系統<sup>12)</sup> である (図2最上段)。この BL 系統に、極細品種はくぎんの一方の親と同

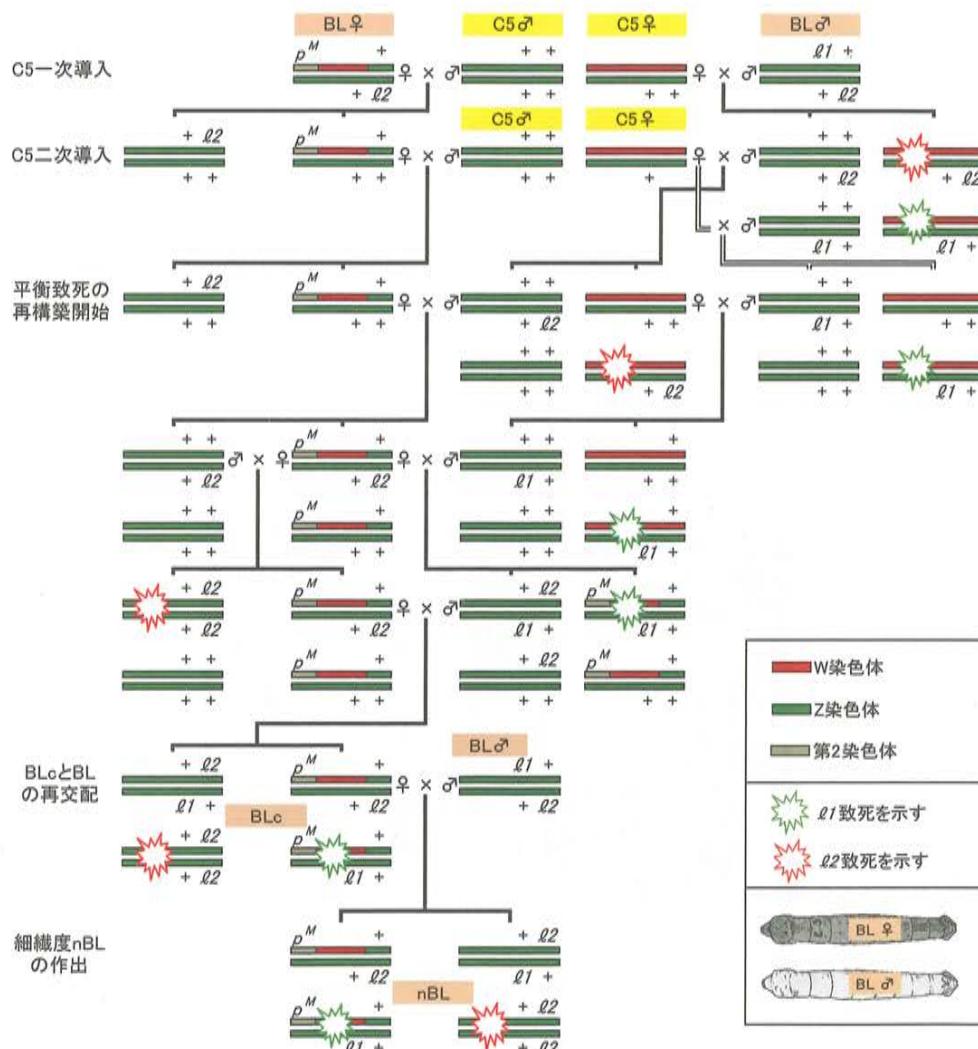


図2. 平衡致死系統 (BL) へ極細織度系統 (C5) の導入と平衡致死系統の再構築

種の C5 を相互に 2 回交配し極細織度の導入を行い、続いて細織度平衡致死の再構築を行った（図 2 下段 BLc）。更に、この系統に元の平衡致死系統 BL を再度交雑し繭層歩合等の改善も行った（図 2 最下段 nBL）。

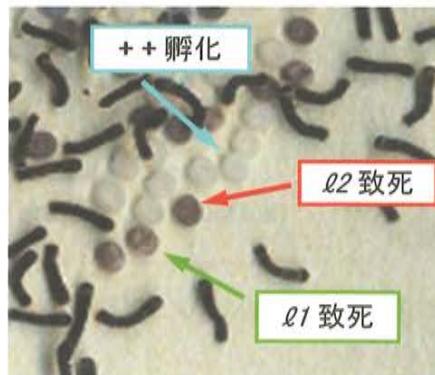


図 3. 致死遺伝子  $\ell 1$ ,  $\ell 2$  の致死形態

なお、これらの交配で  $\ell 2$  遺伝子をヘミに持つ雌卵は漿膜細胞が均一に分布している比較的早い胚ステージで致死する（図 3）。これに対し  $\ell 1$  を保有する雌卵は  $\ell 2$  よりも発育が進んだステージ（点青期頃）に致死する事が観察される。このことを活用し、分離する死卵の外観から、親が何れの致死遺伝子をヘテロに保有していたかが判断される<sup>11)</sup>。なお、転座染色体保有雌個体に交配した雄における  $\ell 2$  保有の有無は同雄を非転座系統雌と再交して得られる卵の致死状態から推定できる。

## 2. 限性黒卵系統の選択と実用形質の導入

### 1) 転座染色体の大小による限性黒卵系統の選択

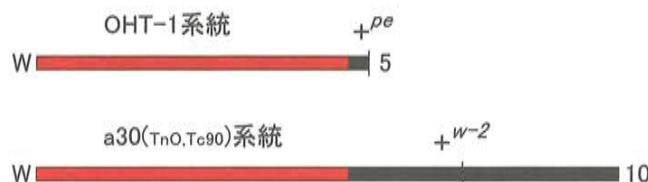


図 4. 限性黒卵系統 OHT-1 と a30 における転座染色体の大小

平衡致死系統と交雫して製造する蚕種の生産効率の点から要望のあった、交雫に用いられない雄を早期に除き、雌のみが飼育できる実用的な日本種系統を育成するため、2種の限性黒卵系統における転座染色体の大小を比較した。すなわち、第5染色体の淡赤眼白卵遺伝子  $pe$  (5-0.0 pink-eyed white egg) の正常遺伝子  $+^{pe}$  が座乗する第5染色体の末端部分が W 染色体に繋がった染色体を持つ OHT-1 系統<sup>4)</sup> は、第10染色体のほぼ中央に位置する第2白卵遺伝子  $w-2$  (10-16.1 white egg 2) の正常遺伝子  $+^{w-2}$  を含む部分が W 染色体に繋がった染色体を持つ a30 系統<sup>2)</sup> より W 染色体に転座した染色体が極めて小さい（図 4）。

### 2) 限性黒卵系統への日本種細織度と普通織度の導入

限性黒卵 OHT-1 系統の W 転座に関する染色体構成を模式的に示すと、図 5 の通りで、自由な第5染色体上に  $pe$  をホモに持ち、正常遺伝子  $+^{pe}$  が座乗する部分が繋がった転座染色体を持つのが黒卵雌

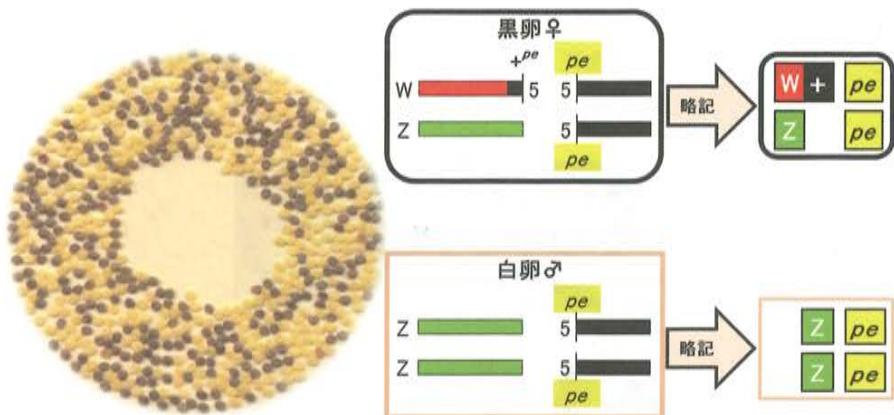


図5. 限性黒卵OHT-1(OHNUMA TRANSLOCATION-1)系統の転座染色体の模式図

で、持たないのが黄色味を帯びた白卵雄となる。これをもう少し簡略し、図5右側のように雌は  $W+/Z$ ,  $pe/pe$ 、雄は  $Z/Z$ ,  $pe/pe$  と略記する。

この限性黒卵系統に日本種系統を導入した。

まず、細織度系の導入は、図6の限性黒卵OHT-1系統雌(A)に日本種のN3雄(B)を交配した。卵色遺伝子  $pe$  は劣性なので  $F_1$ (C, D)は全部黒卵(導入率は50%)となるが、再びBを交配すると導

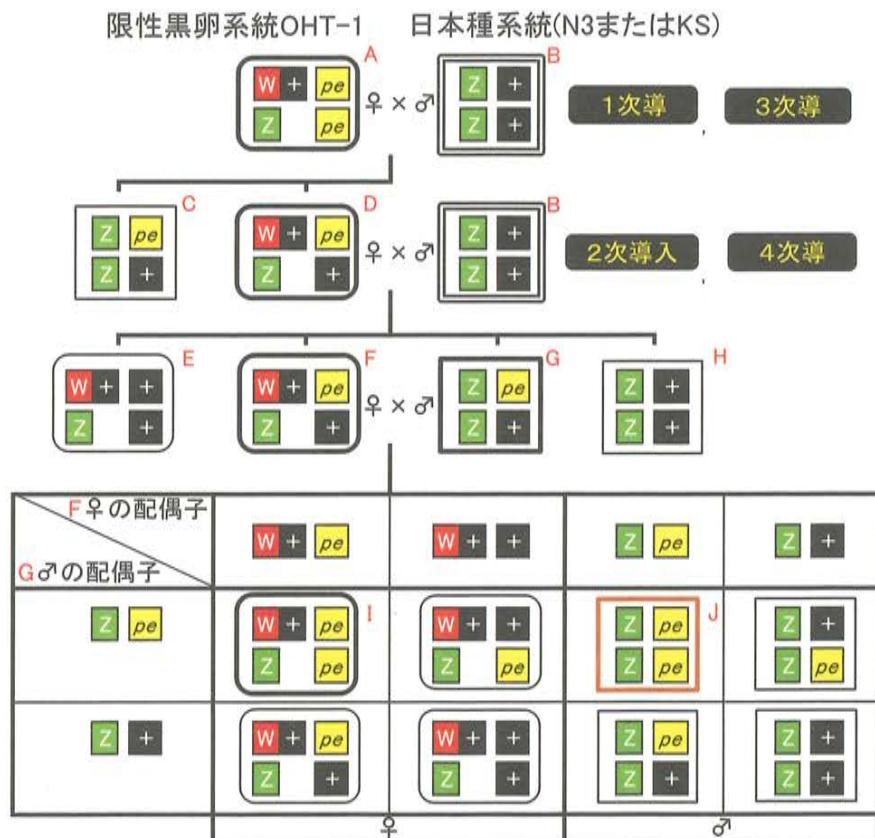


図6. 限性黒卵系統(OHT-1)へ日本種(N3, KS)の実用形質導入法

入率は75%となる。次に、これらを交配し、E×G, E×H, F×G, F×Hを作り、次代に黄白卵 (*pe*) を分離する蛾区 (F×G) を選んだ。

この場合、性染色体と第5染色体に関しF雌は4種、G雄では2種の配偶子が生じ、これらが、任意に合体すると、雌雄とも4組みができる。雌は全部黒卵になるが、雄の一つは黄白卵 *pe* となる。この *pe* 雄を同蛾区の雌に交配して、黒卵が全て雌で黄白卵は全て雄となるI×J蛾区を選び、この雌をAに持って行き、同様に3次導入（導入率は87.5%）、4次導入（導入率は93.8%）を行った。

しかし、この時点ではまだ限性黒卵が構築できていないので、先と同様に、これらを交配して、I×Jを取りN3の導入率90数%の限性黒卵系統を作った。

なお、普通織度系統のKSの導入もこの方法で行った。

### 3. 交雑試験

日本種形質を導入した限性黒卵3系統間の交雑原種OK·ONやOF·ONを作り、不要な黄白卵（雄）をピンセットで除き、雌（黒卵）のみを飼育し、その雌に中国種細織度平衡致死（nBL）雄を交配したOK·ON×nBLやOF·ON×nBLから孵化した雄（図7）のみを飼育試験し諸形質を評価した。

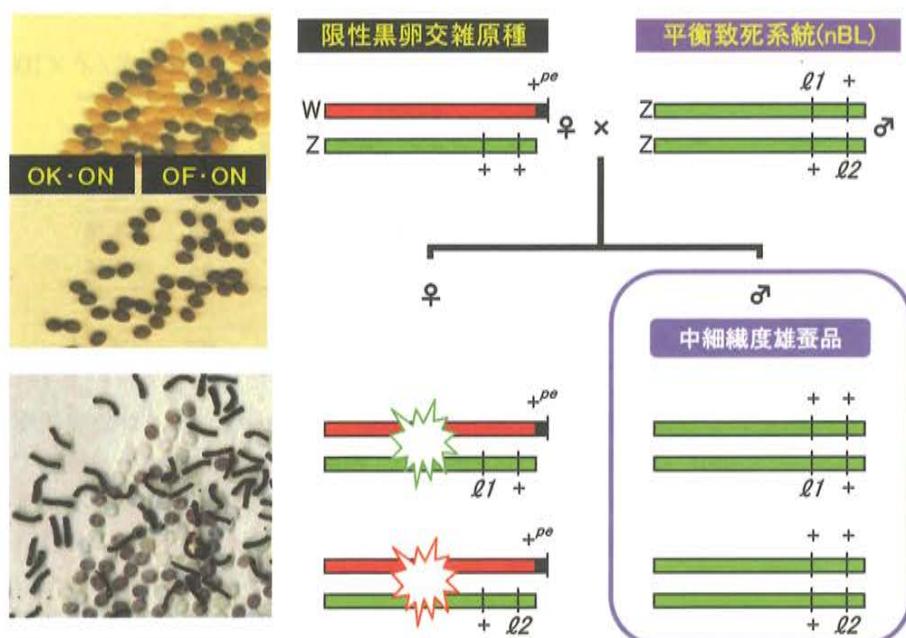


図7. 日本種の限性黒卵交雑原種（OK·ON）雌に平衡致死系統（nBL）雄を交配して作出した中細織度雄蚕品種（*pe* 遺伝子は図から省略した）

## 結 果

### 1. 平衡致死系統（BL）への中国種極細織度系統（C5）の導入と平衡致死の再構築

表1の通り、平衡致死系統BLの繭糸織度は2.42dである。これに極細品種はくぎんの一方の親と同種のC5（繭糸織度1.30d）を相互に2回交配し極細織度の導入を行い、続いて、平衡致死の再構築を行った平衡致死系統BLcの繭糸織度はBLよりかなり細い1.73dであり、繭糸長はBLより約220m長い1,507mであった。しかし、繭層歩合は21.0%と低かった。BLc雌にBL雄を再度交配して作ったnBLではBLcに比べ繭層歩合が1.6%高い22.6%であり、繭層重も36.1cgから41.8cgへと大幅に増加し、BL

表1. 平衡致死系統 (BL) へ極細繊度系統 (C5) の導入と再構築平衡致死系統の成績

系統名	全齡 経過 (日.時)	減蚕 歩合 (%)	1万頭 収繭量 (kg)	全繭重 (g)	繭層重 (cg)	繭層 歩合 (%)	繭糸長 (m)	繭糸量 (cg)	繭糸 織度 (d)	落緒 (回)
BL	22.02	3.1	17.1	1.81	42.6	23.7	1,285	34.1	2.42	5
C5	22.23	5.3	12.3	1.31	23.6	18.1	1,104	16.0	1.30	2
BLc	22.03	4.4	16.7	1.73	36.1	21.0	1,507	28.8	1.73	3
nBL	21.23	5.0	17.2	1.86	41.8	22.6	1,472	31.6	1.94	4

とほぼ同程度に改善された。また、糸長は約1,500mと長く、織度が約1.9dの新しい細繊度平衡致死系統nBLが作出できた(表1)。

## 2. 限性黒卵系統の選択と実用形質の導入

### 1) 三つの限性黒卵系統における転座染色体の大小と生理的影響

表2. 限性黒卵系統と普通系統における実用形質の雄雌差(指数:♀/♂×100)

系統	記号	全繭重		繭層重		指數		備考
		♀	♂	♀	♂	全繭重	繭層重	
限性 黒卵	OHT-1	2.50	1.89	51.7	50.0	132	103	中国種
	TnO(a30)	1.68	1.61	31.4	36.8	104	85	日本種
	Tc90(a30)	1.70	1.69	34.6	41.0	101	84	中国種
普通	N3	2.22	1.79	48.2	45.3	124	107	日本種
	KS	2.35	1.91	53.8	51.0	124	106	日本種

転座染色体の大小が繭重および繭層重におよぼす影響を表2に示した。カイコの実用形質における雄に対する雌の指数(♀/♂×100)は、全繭重では120-130、繭層重では100-105が一般的であり、今回実用形質の導入に用いたN3やKSでも同程度であった。これに対して、第10染色体の大きな部分が転座した染色体を持ち、実用形質に対する影響が懸念されるa30由来のTnOやTc90における全繭重の指数は101-104と小さく、繭層重に至っては84-85とかなり劣り、大きな負の影響が見られた。しかし、第5の末端部分が転座した染色体を有するOHT-1系統では、全繭重が132、繭層重が103と限性黒卵系統ではあるが、普通系統とはほとんど変わらない値であった。

したがって、OHT-1は中国種であるが、これから日本種の導入を始めても、総合的に見てTnO(日本種)を用いるより遙かに得策と考えOHT-1を導入材料に選定した。

### 2) 限性黒卵系統(OHT-1)への日本種の細繊度(N3)と普通繊度(KS, Fk)の導入

限性黒卵系統OHT-1に細繊度系統N3雄を数回交配して育成したものがON系統である(表3、図6)。繭糸織度は導入したN3とほぼ同程度となった。またOHT-1に普通繊度系統KS雄を数回交配して構築したOK系統ではKS系統と同程度の織度で細くないので、これより多少細いFk系統の雄をOK系統雌に1回だけ交配して再構築した。そのOF系統ではOKより繭糸織度が多少細くなった(表3)。

次に、これらON,OK,OFの3系統を交配して、限性黒卵の交雑原種OK·ONとOF·ONを作った(表4)。

これらの交雑原種はプラチナボーイの母親系統である日本種のF7·Nt(対照)と比べ、繭糸はやや細

表3. 中国種の限性黒卵系統と交配し日本種導入に用いた各種系統と導入後の限性黒卵系統の成績

系統名	全齡 経過 (日.時)	減蚕 歩合 (%)	1万頭 収繭量 (kg)	全繭重 (cg)	繭層重 (cg)	繭層 歩合 (%)	繭糸長 (m)	繭糸量 (cg)	繭糸 纖度 (d)	落緒 回数 (回)	備考
OHT-1	22.12	5.0	20.9	2.19	50.9	23.6	1,511	39.8	2.37	4	限性黒卵
N3	24.01	10.1	18.1	2.01	46.7	23.5	1,643	34.4	1.89	30	細線度系
KS	24.02	3.5	20.2	2.13	52.4	24.8	1,335	40.0	2.69	3	普通系
Fk	24.01	3.4	15.4	1.61	36.0	22.3	1,213	29.9	2.23	6	普通系
ON	22.14	13.1	16.0	1.84	42.3	23.2	1,420	31.1	1.97	14	限性黒卵 細線度系統
OK	23.00	6.0	18.3	1.96	47.8	24.6	1,235	35.4	2.58	5	限性黒卵 普通系統
OF	22.15	3.9	16.3	1.74	42.7	24.6	1,227	32.3	2.37	8	限性黒卵 普通系統

表4. 日本種を導入した限性黒卵の交雑原種の成績

系統名	全齡 経過 (日.時)	減蚕 歩合 (%)	1万頭 収繭量 (kg)	全繭重 (cg)	繭層重 (cg)	繭層 歩合 (%)	繭糸長 (m)	繭糸量 (cg)	繭糸 纖度 (d)	落緒 回数 (回)
OK·ON	22.14	5.0	18.6	1.94	46.3	24.1	1,450	36.1	2.24	6
OF·ON	22.13	3.6	19.6	2.04	49.4	24.5	1,478	38.9	2.37	6
F7·Nt (対照)	22.15	1.0	19.7	2.00	46.9	23.6	1,381	36.9	2.41	1

く、糸長は長めで、全体的に見ても、実用的な交雑原種として利用できると考えられた。これで、蚕種の生産効率の点から要望のあった、交雑に用いられない日本種雄を早期に卵で除き、雌のみを飼育し交配に用いることができる日本種の限性黒卵系統が作出できたと考えられた。

### 5. 限性黒卵系統と細線度平衡致死系統との交雑試験

実用的な日本種の限性黒卵交雑原種(OK·ONやOF·ON)が得られたので、これらの雌と、先の中国種細線度平衡致死系統nBLとの交雑種について試験した。

なお、対照はプラチナボーイ、春嶺×鐘月、かいりょう×あけぼのの3品種である(表5)。

表5の成績における各項目の平均値に標準偏差の1/2を加えた値と減じた値を表下段に示した。これらの値を評価の基準とし、データの良否が一目で判断できるように表計算アプリエクセル上でデータセルを色分設定した。すなわち、1万頭収繭量、全繭重、繭糸長、解舒率などオレンジ色の項目は、それぞれの平均値にその標準偏差の1/2を加えた数値を上回る、いわゆる優れたデータのセルをオレンジ色に、逆に減じた値より下回る、いわゆる劣るデータのセルを青色に、中間データのセルを白色とした。逆に減蚕歩合や繭糸纖度など青色の項目は、数値が小さい方が良好な成績を示すものであり、優れたデータのセルをオレンジ色に、劣るデータのセルを青色に、中間を白色とした。このように色分けすることにより、全体の傾向を容易に評価できるようにした。

OK·ON×nBLおよびOF·ON×nBLの繭層歩合は、かいりょうあけぼのや春嶺・鐘月より優れていますが、プラチナボーイとほぼ同程度であった。解舒率は、春嶺×鐘月やプラチナボーイよりやや劣るも

表5. 日本種導入の限性黒卵交雑原種系統と平衡致死細織度系統 (nBL) との交雑試験（春蚕期）

品種名 (系統名)	全齢 経過 (日,時)	減蚕 歩合 (%)	1万頭 収繭量 (kg)	全繭重 (g)	繭層重 (cg)	繭層 歩合 (%)	繭糸長 (m)	繭糸量 (cg)	繭糸 織度 (d)	解舒率 (%)	生糸量 歩合 (%)
中細織度雄蚕品種 (OK.ON × nBL)	20.23	2.3	21.0	2.18	58.7	26.9	1,658	44.8	2.48	78.4	21.4
(OF.ON × nBL)	20.23	1.3	20.0	2.06	55.1	26.8	1,615	43.6	2.48	78.4	21.5
プラチナボーアイ (対照1 F7.Nt × BL)	20.23	1.9	21.1	2.14	57.5	26.9	1,490	47.2	2.90	90.0	22.3
春嶺×鐘月 (対照2)	21.16	2.7	24.0	2.39	59.4	25.1	1,330	48.8	3.36	88.4	19.8
かいりょう×あけぼの (対照3)	21.04	1.0	23.6	2.31	52.2	22.9	1,570	40.1	2.34	74.0	17.0
平均±標準偏差の1/2	21.07	2.2	22.8	2.28	58.0	26.6	1,597	46.5	2.92	85.3	21.4
平均±標準偏差の1/2	21.00	1.5	21.1	2.15	55.1	24.8	1,468	43.2	2.50	78.3	19.3

のの、かいりょう×あけぼのより優れており、繭糸織度は、春嶺×鐘月やプラチナボーアイよりも明らかに優れており、かいりょう×あけぼのとほぼ同等であった。繭糸長はプラチナボーアイやかいりょう×あけぼのよりも優れており、春嶺×鐘月より遙かに優れていた。全体を見ても、OK·ON×nBL および OF·ON×nBL では青色のセルが少なく、オレンジ色のセルが多く、優れた系統と判断された。二つ組み合わせのどちらを新しい品種として採用するか苦慮したが、OK·ON×nBL を選択することとし、中細織度雄蚕品種をとした。

現在、一箱規模の飼育を行い、糸質などの評価試験に供している。

### 考 察

本研究では、先ず、平衡致死系統 (BL) に極細織度系統を戻し交雑し、新しい細織度系統 nBL を作り出し、次いで、実用的な日本種の限性黒卵交雑原種を育成し、さらに、新たに作出した日本種限性黒卵交雑原種の雌と中国種細織度平衡致死系統の雄との交雑種の中から、プラチナボーアイより繭糸織度が細く、繭糸長が長い、中細織度の雄蚕品種の開発に成功した（図8）。

平衡致死法による雄蚕品種の蚕種製造では、実用的な日本種の雌と中国種平衡致死系統の雄が交配に用いられ、前者の雄および後者の雌は利用されない。蚕種製造の観点からは、発育の早い段階で雌雄鑑別を行い、交配に用いられない雄や雌を飼育しないで良い系統の作出が望まれる。

ここに用いる平衡致死系統は、Z染色体の平衡致死を持ち、かつ、幼虫斑紋で雌雄を分離できる限性暗色（淡暗色）の平衡致死系統<sup>12)</sup>であることから、中国種の平衡致死系統は斑紋により、幼虫段階で容易に雄（姫蚕）を選別することができる。

一方、日本種交雑原種の雌雄を早期に、かつ、容易に選別するために、本研究では、卵色で雌雄分離できる限性黒卵系統を利用することとした。限性黒卵を利用する場合、W染色体に転座した染色体の大小が繭重や繭層重などの実用形質に大きな影響を及ぼすことが予想された。

当初懸念したとおり、第10染色体の大きな転座染色体を持つa30由来のTnOやTc90では実用形質に対する大きな負の影響が見られた。なお、雄蚕品種は雄のみを飼育するもので、雌の実用形質の低下は、一見問題ないように思われるが、雌親の蛹重の低下は産卵量の低下を招き、蚕種製造の立場からは深刻な問題であると言わざるを得ない。

また、OHT-1系統雌の繭層重（51.7cg）とTnO雌の繭層重（31.4cg）との差を縮小するだけなら、



図8. 中細織度雄蚕品種の蚕と繭

TnO 系統に繭層の重い系統を交配すれば可能である。しかし、これでは、雄に対する雌の値（雌雄差）を普通品種で見られる値に近づけるという、基本的な対策にはならない。この点を改善するには、転座している染色体そのものを切断・縮小する必要があり、放射線による転座染色体の部分削除<sup>17)</sup>等が考えられるが、多大な時間と労力を必要とする。

これに対して、第5染色体の末端部分が転座したW染色体を有するOHT-1系統では、実用形質への負の影響は見られず、普通系統とほとんど変わらないことから、利用価値の高い系統であると判断された。なお、大沼が作出した転座系統（OHT-1）<sup>5)</sup>は、現在までに報告されている限性黒卵系統<sup>2, 4-7, 10)</sup>の中でWに転座した染色体が最も小さいものである。以上のことから、OHT-1は中国種であるが、これから日本種の導入を行っても、保存系統のTnOを用いるより遙かに得策であると考え、OHT-1系統を日本種の細織度形質の導入材料として選択した。

今回育成した日本種導入限性黒卵系統は、プラチナボイよりも繭糸織度が細く、繭糸長が長い、中細織度雄蚕品種用に開発したものであるが、普通蚕種の製造用として用いることも可能であろう。また、平衡致死系統の雄は、他の優良な特徴ある品種と交配しても雄のみが得られる特性があり、今回開発した細織度平衡致死系統は、今後、新たな交雑種の作出に利用することも考えられる。

## 摘要

1. 絹糸が細く長い次世代の雄蚕品種を作るため、平衡致死系統へ極細織度C5の導入を行い、細織度平衡致死系統nBLを作出した。
2. 蚕種製造の効率化を図るため、卵色で雌雄分離ができる限性黒卵系統（OHT-1）へ日本種細織度（N3）と普通織度（KS, Fk）を導入し、細織度系統ONと普通織度系統OK, OFを作り、これらを交配して交雑原種OK·ON, OF·OKを作出した。
3. 交雑原種の使用しない雄（白卵）を卵期に除き、交配に用いる雌のみを飼育し、細織度平衡致死系統（nBL）雄を交配し交雑種（OK·ON×nBL, OF·ON×nBL）を作り、交雑試験を行った。雌は致死し雄のみが孵化し、それを飼育したところ、絹糸が細くて長い良好な成績がえられた。その交雑組合せの一つOK·ON×nBLを中細織度雄蚕品種とした。

### 引用文献

- 1) 大沼昭夫 (2006) 蚕における雄蚕品種開発の歴史. 大日本蚕糸会研究報告, 54, 1-10.
- 2) 田島弥太郎・原田忠治・太田登 (1951) 蚕卵の色により雌雄を鑑別する方法の研究. 第1報 X線による転座染色体の形成. 育雑, 1, 47-50.
- 3) Strunnikov, V. A. and L. M. Gulamova (1969) Artificial sex control in the silkworm (*Bombyx mori*). 1. The origination of sex labeled silkworm strain. Genetika, Academia Nauk, SSSR, 5, 52-71.
- 4) 大沼昭夫 (1971) W・V 転座染色体における転座部分のいれかえ. 日本蚕糸学会第42回講演要旨: 21.
- 5) Strunnikov, V. A. (1975) Sex control in silkworms. Nature, 255, 111-113.
- 6) 大沼昭夫・村上昭雄 (1976) カイコにおけるガンマ線誘発W転座系統の遺伝学的分析. 日蚕雑, 45, 172-178.
- 7) 鬼丸喜美治・田島弥太郎 (1983) カイコのW・V 転座, 特にその染色体構成と対合分離について. 日蚕雑, 52, 126-132.
- 8) Strunnikov, V. A. (1979) On the prospects using balanced sex-linked lethals for insect pest control. Theor. Appl. Genet., 55, 17-21.
- 9) 大沼昭夫 (1975) 雄蚕のみを得るための新しい平衡致死法. 第4報 日本蚕糸学会第45回講演要旨: 58.
- 10) 大沼昭夫・田島弥太郎 (1983) Wに転座した第V染色体を用いたカイコの平衡致死法. 日蚕雑, 52, 133-140.
- 11) 大沼昭夫 (1988) Z染色体を用いたカイコの平衡致死系統の合成. 蚕研彙報, 36, 17-25.
- 12) 大沼昭夫 (2005) 平衡致死法による実用的な雄蚕飼育技術の確立. 日蚕雑, 74, 81-87.
- 13) 大沼昭夫 (2007) プラチナボーの開発と魅力について. 繊維と工業, 60, 270-274.
- 14) Ohnuma, A. and Inoue, H. (2005) Birth of special silkworm breed that can hatch only males from the eggs. FARMING JAPAN, 39, 42-44.
- 15) 長町美和子 (2007) 天の虫天の糸 (内田みえ編), 1-184, ラトルズ, 東京.
- 16) 竹村洋子・醜島富士江・天方美帆・栗岡聰・大沼昭夫・松本正江・持田裕司 (2012) 蚕品種プラチナボーの特性と洋装分野への利用. 蚕糸・昆虫バイオテック, 80, 229-235.
- 17) Niino, T., Egiti, R., Shimazaki, A. and Shibukawa, A. (1988) Breakage by  $\gamma$ -rays of the  $+^{i-lem}$  locus on the translocated 2-nd chromosome in the sex-limited yellow cocoon silkworm. J. Seric. Sci. Jpn., 57, 75-76.