

# 大日本蚕糸会 研究報告

第72号 令和7年3月(2025)

## 目次

### 総説

繭糸分離細繊維の計量法の確立と繭質評価法への応用

栗岡 聡・池嶋智美…… 1

### 報文

大造の裸蛹の出現を減少させる実用的な全齢人工飼料飼育

竹村洋子・持田裕司…… 10

### 技術報告

1. 令和6年度における蚕糸科学技術研究所の桑園管理の概況

松川 武・赤井雅志…… 16

2. サンピー蚕箔用ポリエチレン製山型まぶしの性能試験

鶴井裕治・池嶋智美・栗岡 聡…… 23

# Journal of DAINIPPON SILK FOUNDATION

No.72, March 2025

## Contents

### Review

AKIRA KURIOKA AND SATOMI IKEJIMA:

Establishment of measuring method for fine fibers generated in cocoon filament and its application to evaluation method for cocoon quality. .... 1

### Research Reports

YOKO TAKEMURA AND YUJI MOCHIDA:

Practical artificial diet rearing method to reduce naked pupae of Daizo ..... 10

### Technical Reports

1. TAKESHI MATSUKAWA AND MASASHI AKAI:

Overview of the mulberry field management at Institute of Sericulture and Silk Science in FY2024 ..... 16

2. YUJI TSURUI, SATOMI IKEJIMA AND AKIRA KURIOKA:

Performance test of a plastic mountain-shaped cocooning frame for Sampy rearing tray ..... 23

Published by

**THE DAINIPPON SILK FOUNDATION**

# 繭糸分離細繊維の計量法の確立と 繭質評価法への応用

栗岡 聡・池嶋智美

蚕糸科学技術研究所

AKIRA KURIOKA AND SATOMI IKEJIMA : Establishment of measuring method for fine fibers generated in cocoon filament and its application to evaluation method for cocoon quality

## 緒 言

家蚕繭糸にはフィブロインから分離した直径数  $\mu\text{m}$  の微細繊維（繭糸分離細繊維）が発生する場合がある。この繭糸分離細繊維の形成は絹糸腺腔内のフィブロインとセリシンの界面の乱れに起因するとされ（原田・青木, 1950），絹加工時にフィブロインに加わる摩擦などの人為的な作用によって生じる分裂繊維（皆川, 1962）とは発生経過が異なる。繭糸分離細繊維はセリシン層に分布しているため，繭糸ではその存在が判別しにくい。精練処理でセリシンが除かれると，繭糸分離細繊維がフィブロインから遊離してくる（図1A）。また，繭糸分離細繊維が発生している繭から繰糸された生糸には，フィブロインにまとわりつく繭糸分離細繊維（図1B）が確認できる。繭糸分離細繊維は染色工程時の攪拌処理などにより集合体化して，絹織物の品質低下を招く白い毛玉状の糸塊（ラウジネス）に発達する（図1C）。ラウジネスを電子顕微鏡（SEM）で拡大すると，多くの繭糸分離細繊維が複雑に絡み合っている様子がわかる（図1D）。

かつて，ラウジネスは輸出生糸の品質を低下させる重大な問題であったが，原因となる微細繊維は先天的に繭糸に存在するため，絹加工を慎重に行なってもラウジネスを抑制することは困難であった。そこで，ラウジネスの改善策として，繭糸分離細繊維の少ない系統の選抜育種が行われたが，形質が不安定なため長期にわたり継代を繰返すと，繭糸分離細繊維が再発しやすいことが報告されている（榎島ら, 1984）。

現在の国産繭における繭糸分離細繊維の発生状況を調査するために，数種の実用蚕品種繭を調査した結果，予想以上に繭糸分離細繊維が多く発生している事例があることが判明した。さらに，これらの品種から製造された絹糸には繭糸分離細繊維に由来すると思われるラウジネスが認められた（栗岡ら, 2021）。このように，繭糸分離細繊維の発生は過去の問題ではなく，現在におい

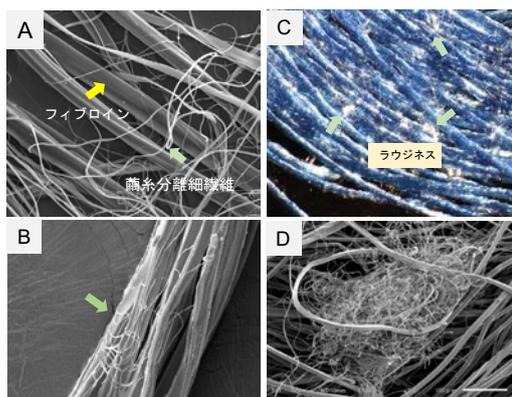


図1 繭糸分離細繊維とラウジネス  
A: 精練後の繭糸：繭糸分離細繊維（緑矢印）  
                フィブロイン（黄矢印）  
B: 生糸に付着した繭糸分離細繊維（緑矢印）  
C: 藍染後の絹糸に発生したラウジネス（緑矢印）  
D: ラウジネスのSEM観察像

でも改善が必要な形質のひとつといえる。繭糸分離細繊維の発生には品種間差異が認められているが、その遺伝形式は十分に解明されておらず、繭糸分離細繊維の発生に関わる遺伝子解析も進んでいない。

ところで、糸質の改善を目標とした品種育成を展開していくためには、繭糸分離細繊維の定量的な情報が必要である。これまでに繭糸分離細繊維の計量検査法が考案されたが(田中, 1950)、計量性や再現性にやや難点があり、定量性を向上した簡便法が必要であった。しかし、繭糸分離細繊維は微細で絡まりやすいため、繭層から分離回収して計量することができなかった。そこで著者らは、繭糸分離細繊維の絡まりやすい特性に着目し、繭層の小片(チップ)をマイクロチューブ内で攪拌し、繭糸分離細繊維をラウジネス様の微繊維集合体(Fine Fiber Assembly: FFA)に変化させることに成功し、この技術を基盤として品種間あるいは個体間の繭糸分離細繊維発生量を簡便に比較できる FFA 法を確立した(Kurioka and Ikejima, 2021)。本解説では FFA 法の基幹技術といえる繭糸分離細繊維を集合体化させる条件について解説するとともに、統計的な解析をもとに、製糸原料繭の品質検査への FFA 法の応用(栗岡・池嶋, 2022)を検討した結果についても紹介する。

### FFA 形成と試料サイズ

一連の試験には 繭糸分離細繊維が適度に発生している試料が必要なため、発生量が比較的多い「春嶺×鐘月」の繭層を用いて検討を進めた。絹織糸に発生するラウジネスは、図 1 D のように、繊維長が比較的長い微細繊維で構成されていることから、マイクロチューブ内で目的とする FFA を形成させる場合にも、微細繊維の長さが重要な要因になると考えられた。

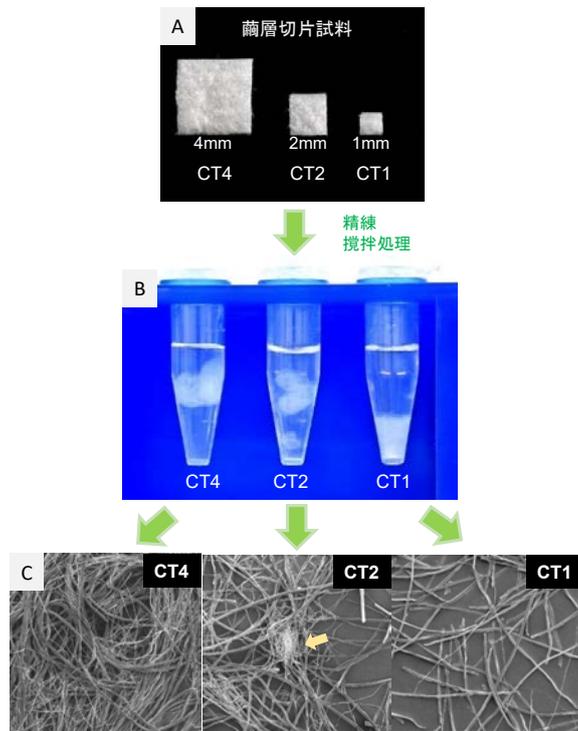


図 2 試料サイズと微細繊維集合体の形成

- A : 繭層切片試料 CT4(4mm × 4mm), CT2(2mm × 2mm), CT1(1mm × 1mm)
- B : マイクロチューブ攪拌後の試料
- C : 攪拌後試料の SEM 観察像

繭糸分離細繊維はフィブリン繊維軸に沿って平行的に分布しているため、繭層チップの長さを段階的に変えることにより、繭糸分離細繊維の繊維長が異なる試料を調製することができる。そこで、繭層の胴体中央部から 1mm × 1mm (CT 1)、2mm × 2mm (CT2) および 4mm × 4mm (CT4) の 3 種類の繭層チップ(図 2A)をサンプリングし、各チップを入れたマイクロチューブに 600μl の 0.5% 炭酸ナトリウム-0.1% SDS 溶液を加え、98 度、20 分間精練処理した。セリシン溶解後、マイクロチューブを上下に 10 回ほど振盪し、沈殿した綿状の試料をよく分散させた。分散後、小型試験管ミキサー (automatic lab mixer HM-10 Iuchi) を用いて攪拌振盪処理を 60 秒間行った。攪拌処理後の試料形状を各試験区

間で比較すると、試料が浮遊する試験区と沈殿する試験区がみられ(図2B), 試料の沈殿はCT-1にのみ認められた。各試験区のFFA形成状況をSEMで確認した結果(図2C), CT-2にのみラウジネス様の集合体(矢印)が確認され、高倍率で観察するとその長軸は約200 $\mu\text{m}$ , 短軸は約100 $\mu\text{m}$ で(図3), 絹織糸で確認されたラウジネスとはほぼ同程度の大きさであった。

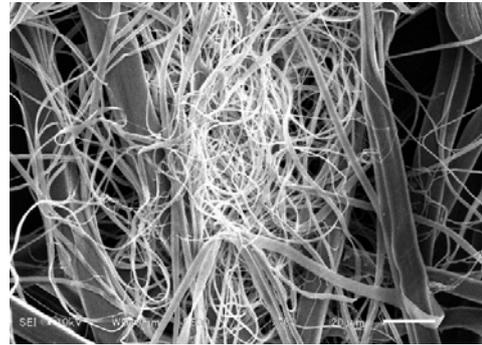


図3 FFAのSEM観察像

2mm  $\times$  2mmの繭層チップを振盪処理することによって目的とするFFAを形成させることができたが、FFAの形成には図4のイメージのように試料の繊維長の違いが強く反映されている。すなわち、CT1では、試料の分散性が高く、さらに短い繭糸分離細繊維では相互に絡合することができないため、FFAが形成されなかったと考えられる。一方、CT2の繭層チップでは、試料の分散性が良好で、繭糸分離細繊維には適度な長さがあるためにFFA形成が促進されたと考えられる。CT4では繊維長が長いために、糸毬状になったフィブロインに繭糸分離細繊維が絡まり、FFA形成がうまく促進されなかったと推測された。

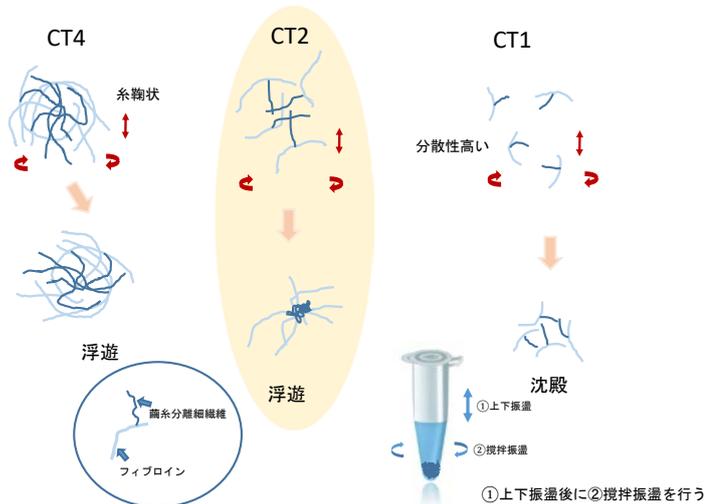


図4 繭層切片試料サイズとFFAの形成

FFA形成と振盪条件

SEMによってFFAの存在が確認されたが、FFAを計数する場合には簡便な光学顕微鏡を用いたほうが実用的である。また、自然光下よりも偏光下で観察したほうがFFAを判別しやすくなることから、FFAの計数には偏光顕微鏡を用いることにした。観察画面が赤紫色に見えるのは、赤色系の検板を用いて偏光顕微鏡観察を行っているためである。

多検体を検査する場合を想定すると、上下振盪による分散処理を省いたほうが作業能率の向上を図ることができる。ここで、上述のFFA形成処理法を暫定的な基準法(図5-ST)として、STの処理条件を変えた場合の効果を比較することにした。先ず、上下振盪を省き、ミキサーを用いた攪拌振盪だけでFFA形成を試み

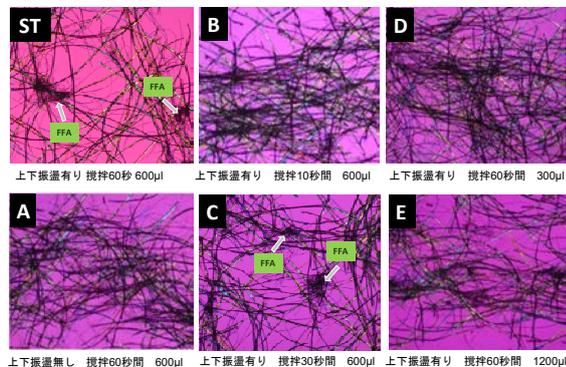


図5 FFA形成に及ぼす振盪処理、振盪時間、液量の影響

たところ、STのように明瞭なFFAはこの条件では形成されなかった(図5A)。そのため、FFAを形成させるためには前処理として試料をよく分散させる必要があり、上下振盪は省略できない重要な処理といえる。同様に、攪拌振盪時間についても短いほうが望ましいため、攪拌時間の影響を0秒、30秒および60秒の3水準で比較したところ、攪拌処理10秒(図5B)では60秒処理(ST)のような明瞭なFFAは認められなかった。一方、攪拌処理30秒(図5C)では明瞭なFFAが確認され、FFA形成には30秒間の攪拌処理で十分であることがわかった。また、攪拌液量についても影響が無視できないため、300 $\mu$ l、600 $\mu$ lおよび1200 $\mu$ lの異なる液量でFFAの発生状況を比較したところ、300 $\mu$ l(図5D)と1200 $\mu$ l(図5E)の両試験区ではいずれもFFAは形成されず、FFAの形成が認められたのは600 $\mu$ l試験区(ST)だけであった。以上の試験から、試験区C(上下振盪+攪拌振盪、攪拌振盪時間30秒、液量600 $\mu$ l)は最も効率的なFFA形成処理法であることを導き出すことができた。

### サンプリング部位の影響

繭層の厚さは必ずしも一定ではなく、胴体中央部ほど繭層が厚く、曲面部を経て頭頂部に近づくにつれて薄くなる。そこで部位別にサンプリングした繭層チップ(図6A)のFFA値を比較した結果、胴体中央部(1,2)ではFFA値の有意な変動は認められなかった。一方、曲面部(3-6)ではFFA値の有意な変動が認められ、頭頂部(7,8)では他の部位に比べてFFAが少ない傾向であった。胴体中央部は曲率が低く、厚みも比較的一定であることから、FFAの計数に適している試料といえた。一方、曲面部は、繭層表面の凹凸が顕著で厚さが一定でないため、FFA値に差が生じたものと考えられる。頭頂部(破風部)は繭層の厚さが最も薄いためFFA値が低くなったと考えられる。

以上の結果から、簡便性と再現性を向上したFFA法の手順は以下の通りである。

1. 繭層の胴体中央部から、2mm×2mmの繭層チップを切り出して試料とする。
2. 1.5mlマイクロチューブに繭層チップ1片を入れ、0.5%炭酸ナトリウム-0.1%SDS溶液600 $\mu$ lを加え、98 $^{\circ}$ C、20分間の加熱処理でセリシンを溶解する。
3. セリシン溶解後、マイクロチューブを上

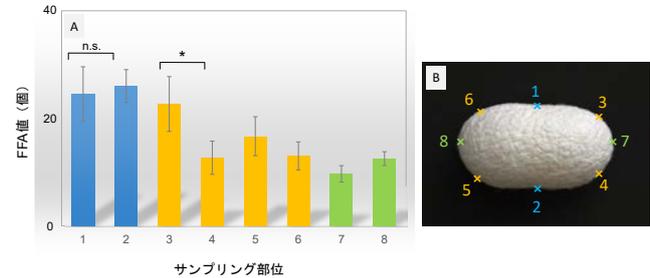


図6 FFA形成に及ぼすサンプリング部位の影響  
A: サンプリング部位別のFFA値  
FFA値は繭層チップ4個の平均値 $\pm$ SD  
\* $p < 0.05$ で有意差あり  
 $p > 0.05$ で有意差なし(n.s.)  
Mann-Whitney U検定により有意差を推定  
B: サンプリング部位

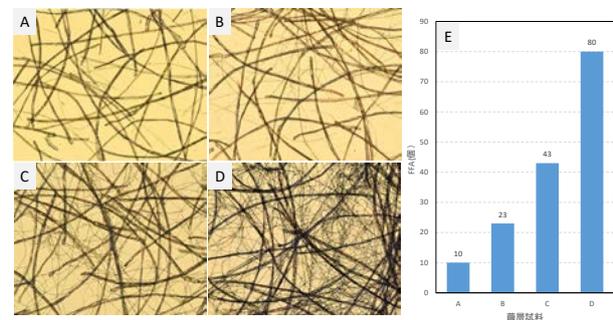


図7 繭糸分離繊維発生量とFFA値の関係  
A~D: 繭層の光学顕微鏡写真  
A: FFA10, B: FFA23, C: FFA43, D: FFA80,  
E: 繭層A~DのFFA値比較

下に緩やかに振盪して試料を分散させた後、試験管ミキサーで攪拌処理を30秒間行ない、FFAを形成させる。

4. FFA計数時の重複あるいは計数漏れを防ぐために、3mm幅のスリットを設けた特殊スライドグラスに観察試料を展開し、偏光顕微鏡（倍率40倍）でFFAを数える。

### FFA値の定量性

繭糸分離細繊維量とFFA値に相関性があれば、FFAを計数することで繭糸分離細繊維の発生量を相対的に比較することができる。そこで、FFA値が段階的に異なる4試料（図7; A:10, B:23, C:43, D:80）について、従来法（田中, 1950）により繭糸分離細繊維の発生状況を比較した結果、FFA値の増加（図7E）とともに繭糸分離細繊維の発生密度は漸増傾向にあり、FFA値と繭糸分離細繊維量には相関傾向が確認できた。

FFA法は、従来法に代わる簡便かつ迅速な繭糸分離細繊維の定量法であり、これまでに9種類の蚕品種をFFA法で解析した結果、品種間におけるFFA値の格差は最大で約300倍であることがわかった（栗岡ら, 2021）。また、4元交雑種の「朝・日×東・海」を構成する原々種および原種のFFAについて垂直的調査を行ったところ、朝日系統（日本種系）の方が東海系統（中国種系）に比べてFFAが多く、地理的蚕品種による差違についても具体的に数値で比較することができた（栗岡・池嶋, 2021）。また、原々種でFFAが多い場合でも、その次世代である原種からFFAの少ない個体を選び交配すれば、交雑種においても繭糸分離細繊維の少ない繭を得ることができる可能性を示した（池嶋・栗岡, 2023）。さらに、個体別のFFA解析によって、繭糸分離細繊維量の多い系統と少ない系統を効率的に選抜育種することができ、これらの2系統を用いて繭糸分離細繊維の発生に関与する遺伝子の探索を進めている（Ikejima and Kurioka, 2023）。このようにFFA法は繭糸分離細繊維に関する遺伝解析や系統選抜を推進する上で重要な情報を提供している。

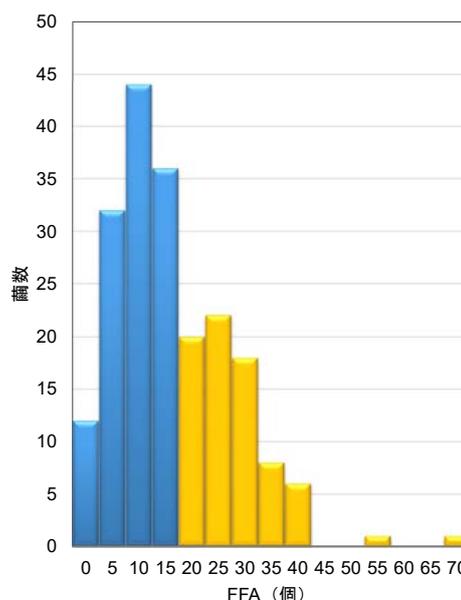


図8 「春嶺×鐘月」FFAのヒストグラム  
青色：ラウジネス発生リスクの低い繭群  
黄色：ラウジネス発生リスクの高い繭群

### 実用的標本サイズの検討

FFA法は繭糸分離細繊維の遺伝解析に必要な個体別情報を得るために当初考案されたが、その定量的な特性から製糸原料繭の検査にも応用できると考えられた。原料繭の検査では、個体別の小規模なFFA解析とは異なり、統計的な根拠にもとづき精度の高い検査を行う必要がある。そこで、平成30年春蚕期に同一農家で収穫された約7.3kg, 8140粒の「春嶺×鐘月」を母集団として統計的な解析を行った。まず、繭200粒の標本調査で得た観測データをもとに、母集団のヒストグラムを調べた結果、FFAのデータ分布は右側に歪み、左右非対称な非正規分布であることがわかった（図8）。

表1 標本サイズと推定誤差

区	誤差	標本サイズ	母平均信頼区間
A	±1.54	200	12.80-15.89
B	±3.00	50	11.35-17.35
C	±3.45	40	10.90-17.80
D	±3.98	30	10.37-18.33
E	±4.88	20	9.47-19.23
F	±6.90	10	7.45-21.43

FFA 法による検査では、繭の全粒検査ではなく抜き取り検査を行うことが前提となる。抜き取り数が不適切な場合には推定値の信頼性が低くなるため、適当な許容誤差の範囲内において、実用的な標本サイズを確定する必要がある。今回調査した 200 粒の観測データ数は十分に大きいため、正規分布による母平均 ( $\mu$ ) の区間推定が可能である。そこで、観測データから母平均の信頼区間を算出し、標本サイズと母平均の信頼区間および誤差との関係をまとめた結果を表 1 に示す。なお、ここでの誤差は、標本平均による推定値と母平均との差である推定誤差を示す。

標本サイズ 200 の場合、信頼係数 95% における母平均の信頼区間は  $12.80 \leq \mu \leq 15.89$ 、標本平均との誤差は  $\pm 1.54$  であった。実際の抜き取り検査ではこのような大きな標本規模で検査を行なうことはないため、実用的な標本サイズを決定する必要がある。ところで、FFA 法で検査員一名が一日あたりに処理できる標準的な繭数は 60 ~ 70 粒程度である。そこで、標本サイズ 50 以下の 5 区 (B:50, C:40, D:30, E:20, F:10) について、誤差と母平均の信頼区間を求めた。繭個体内の FFA 値の標準偏差は、予備検討の結果から 5 ~ 6 であったことから、許容誤差を標準偏差内の  $\pm 5$  以下とすると、B, C, D および E の 4 区がこの条件を満たした。各区の誤差は、標本サイズ 50 の B 区では  $\pm 3.00$ 、標本サイズ 40 の C 区では  $\pm 3.45$ 、標本サイズ 30 の D 区では  $\pm 3.98$ 、標本サイズ 20 の E 区で  $\pm 4.88$  であった。このうち、誤差 5 以下の B 区、C 区および D 区における母平均の信頼区間はそれぞれ  $11.35 \leq \mu \leq 17.35$ 、 $10.90 \leq \mu \leq 17.80$  および  $10.37 \leq \mu \leq 18.33$  となった。この結果から、検査時の抜き取り粒数を 30 ~ 50 とすれば、理論的に誤差  $\pm 4$  以下の範囲内で平均値の推定が可能である。ただし、実際の検査においては複数の原料繭を効率的に検査できる標本サイズ 30 が最も適当な標本サイズといえる。

生産年の異なる「春嶺×鐘月」の FFA を小標本で予備調査した結果、繭糸分離細繊維の発生量は生産年により変動したが、いずれも右裾広がり非正規母集団になる傾向が認められている。従って、調査対象の平成 30 年産「春嶺×鐘月」の標本調査で示された FFA の非正規分布はこの生産ロットに特異的な分布ではなく、「春嶺×鐘月」の FFA に普遍的な分布と考えられるため、生産年や蚕期が異なる場合にも標本サイズ 30 を基準として検査を行うことができる。なお、「朝・日×東・海」などの「春嶺×鐘月」以外の実用品種の FFA についても、同様な分布傾向を示す可能性は高いが、FFA のヒストグラム形状の確認など予備的な標本調査を行うことが望ましい。

### 低品質繭の検出

図 8 に示した「春嶺×鐘月」FFA のヒストグラムは右側に歪んでいるため、右裾部分には FFA 値の高い繭が存在している。これまでに FFA 値と繭糸分離細繊維量の関係を調べた結果、図 7 にも示したように、FFA 値が約 20 を越える繭では繭糸分離細繊維が顕著で、FFA 値が 40 を超過すると細繊維の発生密度が異常に高くなる (栗岡ら, 2021)。そこで、FFA 値が 20 以上の黄色で示した繭群 ( $LQC \geq 20$ ) を、ラウジネス発生リスクが高い低品質繭と定義し、調査標本中の  $LQC \geq 20$  の割合をヒストグラムから算出すると 29.5% となった。この混入割合から、母集団 8140 粒の原料繭には低品質繭が約 2400 粒含まれて

いることが推測された。

ところで、互いに独立な  $n$  個の FFA データのうち、 $m$  個が  $LQC \geq 20$  であるとする、 $m$  は二項分布に従う。その割合の標本比率 ( $m/n$ ) は、 $n$  が大きくなると正規分布に近似することが知られているため、母比率 ( $p$ ) の区間推定が可能である。そこで、推定した母比率 29.5% から信頼係数 95% における母比率の信頼区間を算出した結果、信頼区間は  $23.2\% \leq p \leq 35.8\%$ 、誤差は  $\pm 6.3\%$  であった。この結果は、繭 200 個の標本から算出した信頼区間であるため、誤差が少なく推定の精度は高い。一方、実用的な抜き取り粒数は 30 個が適当であることから、標本サイズ 30 の場合の母比率の区間推定を行った結果、信頼係数 95% における信頼区間は  $13.6\% \leq p \leq 46.4\%$ 、誤差は  $\pm 15.9\%$  となった。このように、標本サイズ 30 では信頼区間の幅が大きく、その誤差は標本サイズ 200 の場合に比べて 2 倍以上多くなった。

絹の品質は、一部の低品質繭の影響で全体の品質が低下してしまうことが多く、繭糸分離細繊維においても FFA 値が高く低品質繭が混入することによってラウジネスの発生リスクが高まる。そのため、 $LQC \geq 20$  は低品質繭を検出する指標として、FFA 平均値とともに繭品質において重要な評価項目といえる。

### 織物ラウジネス数の推定

FFA は 100 ~ 200 $\mu$ m 前後の微小な繊維構造物で、その大きさと形態は織糸や織物で実際に発生するラウジネスに極めて類似しているため、FFA 値がわかれば織物に発生するラウジネス数の近似値の予測が可能である。繭糸長の長い「春嶺×鐘月」のような実用蚕品種の場合には、着物一反（並幅 38 cm×長さ 12 メートルとして約 4.56 $m^2$ ）の作製に必要な繭数は約 3000 粒と見積もられている。したがって、織物 1  $cm^2$  あたりに換算すると、計算上では約 0.0657 粒の繭が使われていることになる。FFA 値は、繭からサンプリングした平均重約 1mg の繭層チップ (4 $mm^2$ ) 1 個あたりの FFA 数である。ここで、「春嶺×鐘月」の平均繭層重を約 0.4g とすると、FFA 値の 400 倍が繭約 1 粒に相当する FFA 数になる。

製織工程では目的に応じて様々な織り構造や密度で製品が作られ、その際に使用される織糸も多様な撚糸加工が施されるため、同じ原料繭を使用したとしても織物 1  $cm^2$  あたりに発生するラウジネス数は変動する。そこで、無撚糸を用いて平織物を作製した場合を想定し、原料繭の全ての FFA が織物表面に存在し、表裏で FFA が同数発生すると仮定すると、織物 1  $cm^2$  の片面に発生する FFA 数 (FFA/ $cm^2$  fab) は、次式 [A] で算出できる。

$$[A] \quad \text{織物 } 1 \text{ cm}^2 \text{ 当たりの表面に発生する FFA 数 (FFA/ cm}^2 \text{ fab)} = \text{原料繭の FFA 値} \times 400 \times 0.0657 \div 2$$

標本調査を行った「春嶺×鐘月」8140 粒の原料繭から織物を作製したとすると、FFA/ $cm^2$  fab は 188.49 個と推定された。田中 (1950) の報告によると、ラウジネスが多発する品種 (D 系統) で製織した五枚縹子織物 1  $cm^2$  当たりのラウジネス数は実測で 97 個であった。一方、「春嶺×鐘月」の FFA/ $cm^2$  fab は、D 系統織物のラウジネス数の約 2 倍となったが、品種の違い、織り組織や撚糸構造の違いを考慮すると推定結果は実態から大きく外れた数値ではないといえる。

### FFA 検査のシミュレーション

母集団 8140 粒の「春嶺×鐘月」の観測データから、FFA 平均値は 14.35、低品質繭  $LQC \geq 20$  が含まれる割合は 29.5%、FFA/ $cm^2$  fab は 188.49 個と推定された。また、この母集団から無作為に抽出した 20 粒の繭を繰糸したところ、図 1 B のように絹糸束の表面に繭糸分離細繊維が絡みついている様子が観察され、これらが後にラウジネスに変化する。

ここで、繭 30 粒の抜き取り検査を想定して、観測データ 200 個を乱数に従ってランダムに配置した後、データ 30 個を無作為に抽出してシミュレーションした結果の一例を表 2 に示す。FFA 平均値は 12.40 で、

この推定値は母平均の信頼区間 ( $10.37 \leq \mu \leq 18.33$ ) の区間内であった。ラウジネスのリスクが高い  $LQC \geq 20$  の割合は 23.3% となり、この推定値についても母比率の信頼区間 ( $13.6\% \leq p \leq 46.4\%$ ) の区間内であった。FFA/cm<sup>2</sup> fab については 162 個と予測された。これらの推定値はいずれも標本調査の観測データから求められた上述の推定値と近い値であり、検査の再現性が確認できた。

FFA 検査は繭糸分離細繊維の発生量やラウジネス数を予測し、品質の高い繭原料であるか否かを判定する新規な検査法として期待される。特に、FFA 検査は、ラウジネス検査とは異なり、生糸を調製しなくても繭糸分離細繊維の発生予測や織物におけるラウジネス数を予測できることから、絹消費者にとって有益な情報をもたらす検査方法といえる。特に、これらの予測からラウジネスの発生を出来るだけ抑えた精練法や撚糸条件などを事前に検討できることが最大のメリットであり、新規な繭質検査法としてその利用が期待される。

表 2 FFA 検査のシミュレーション結果

1. 品種名	「春嶺×鐘月」
2. 生産年	平成30年春蚕期
3. FFA値	
平均値	12.4
中央値	9.5
標準偏差	9.2
変動係数	0.8
4. $LQC \geq 20$ (%)	23.3
5. FFA/cm <sup>2</sup> fab	162.5

## 要 約

家蚕繭糸に発生する繭糸分離細繊維は、絹糸の品質を低下させる白斑（ラウジネス）の原因繊維として知られているが、その発生量の正確な把握が難しかった。そこで、簡便な計量法として、繭層分離細繊維をマイクロチューブ内でラウジネス様の繊維集合体（Fine Fiber Assembly:FFA）に変化させる条件を検討し、FFA 法を考案した。FFA 法による計数結果と従来法による繭層分離細繊維量には相関性が認められ、FFA 法で得られる知見は繭糸分離細繊維の遺伝解析を推進するうえで重要な情報となっている。また、FFA 法はその定量的な特性から製糸原料繭における繭糸分離細繊維の発生量を予測できると考えられた。そこで、「春嶺×鐘月」8140 粒の母集団から 200 粒の標本を無作為抽出し統計的な解析を行い、原料繭検査に必要な実用的な標本サイズは 30 粒であることを明らかにした。さらに、FFA 値が 20 以上でラウジネス発生リスクが高い繭 ( $LQC \geq 20$ ) の割合を調べた結果、母集団における  $LQC \geq 20$  の割合は 29.5% と算出された。標本サイズ 30 の場合、 $LQC \geq 20$  の推定精度はやや低いが、 $LQC \geq 20$  は原料繭に潜むラウジネス発生リスクを予測するための有効な指標となる。また、FFA 値から織物 1 cm<sup>2</sup>相当に発生する FFA 数 (FFA/cm<sup>2</sup> fab) を算出することができる。このように、FFA 法は新規な繭質検査法のひとつとして今後その利用が期待される。

## 引用文献

- Satomi Ikejima and Akira Kurioka (2023) Hereditary of the occurrence of fine fibers separated from the cocoon filament, one of the causes of lousiness, in the silkworm, *Bombyx mori*. *Insect Biotechnol. Sericol.*, **92**, 37-44
- 池嶋智美・栗岡 聡 (2023) 「朝・日×東・海」における血縁関係のある個体を用いた繭糸分離細繊維の発生調査, 蚕糸会研報, **70**, 11-16.
- 榎島守利・清水文信・山本俊雄・清水久仁光・藤巻忠彦・藤森胡友 (1984) 保存蚕品種における量的諸形質の品種特性 (2) 繭層の練減率とラウジネスの品種特性ならびにそれらの形質と繭重・繭層重との相互関係 蚕糸試験場彙報, **120**, 99-112.

Akira Kurioka and Satomi Ikejima (2021) A Simple and Effective Method for Measuring the Number of Fine Fibers Separated from the Cocoon Filament of the Silkworm, *Bombyx mori*, Based on Counting Fine Fiber Assemblies. *J. Insect Biotechnol. Sericol.*, **90**, 1-9.

栗岡 聡・持田裕司・代田丈志・池嶋智美 (2021) 実用蚕品種における繭糸分離細繊維の発生状況の調査. 蚕糸会研報, **68**, 53-60.

栗岡 聡・池嶋智美 (2021) 「朝・日×東・海」における繭糸分離細繊維発生 of 垂直的調査について, 蚕糸会研報, **68**, 61-65.

栗岡 聡・池嶋智美: FFA(Fine Fiber Assembly) 法による製糸原料繭における繭糸分離細繊維の発生予測. 蚕糸・昆虫バイオテック, **91**, 123-130, 2022.

田中八郎 (1950) 絹製品に現れる「ラウジネス」の防止策と蚕品種改良. 蚕糸局技術改良課技術資料, **19**, 1-17.

原田忠次・青木秀夫 (1950) 分裂繊維と絹糸腺との関係. 日本蚕糸学雑誌, **19** 卷, 422-428.

皆川 基 (1962) ラウジネス繊維に関する研究. 蚕糸試験場報告, **18**, 49-84.

### Summary

It is well known that fine fibers generated in silkworm cocoon filaments are known as fibers causing white spots (lousiness) that degrade the quality of silk yarns, but it has been difficult to accurately determine the amount of such fibers generated. Therefore, as a simple measuring method, we investigated the conditions under which fine fibers are transformed into a lousiness-like fine fiber assembly (FFA) in microtubes, and developed the FFA method. A correlation was observed between the counting results by the FFA method and the amount of fine fibers measured by the conventional method, showing that the method here developed provide important information for promoting genetic analysis of fine fibers. Based on its quantitative characteristics, the FFA method was considered to be able to predict the amount of fine fibers generated in cocoons used as raw material for spinning.

A statistical analysis of 200 randomly selected samples from a population of 8140 “Shunrei x Shogetu” cocoons revealed that the practical sample size required for raw cocoon inspection was 30 cocoons based on observed data. Then, again based on the observation data, we investigated the percentage of cocoons with an FFA value of 20 or more (i.e., LQC [law quality cocoon]  $\geq 20$ ), which was considered to represent a higher risk of the occurrence of lousiness, and found the value to be 29.6%. As the percentage of LQC  $\geq 20$  follows a binominal distribution, the result of interval estimation for population proportion showed slightly less estimation accuracy when the sample size was 30. We, however, considered that the mixing ratio of LQC  $\geq 20$  was an effective index for predicting the occurrence of lousiness hidden in the cocoon filament. It was possible to calculate the predicted number of FFAs per 1cm<sup>2</sup> of plainly woven fabric (FFA/cm<sup>2</sup>fab) using untwisted yarn. The FFA/cm<sup>2</sup>fab of the cocoons in this study was estimated to be 188. It is expected that, in the future, the developed FFA test method will be used as a novel method for determining cocoon quality.

# 大造の裸蛹の出現を減少させる 実用的な全齢人工飼料飼育

竹村洋子・持田裕司

蚕糸科学技術研究所

TAKEMURA YOKO AND YUJI MOCHIDA : Practical artificial diet rearing method to reduce naked pupae of Daizo

## 緒 言

近年、カイコの人工飼料の発展に伴い、ほとんどの品種が桑入り人工飼料で継代が可能となっている(田中, 1988; 田中ら, 2019)。特に、シルクメイト原種 1-3 齢用(日本農産工株式会社, 横浜)では、突然変異系統や保存品種の飼育、系統維持も可能になっている。しかし、近年、中国種系保存蚕品種である大造(松村)を全齢人工飼料で飼育すると裸蛹が数多く出現し、その裸蛹は羽化出来ず死亡する事案がでていいる。Sahara and Yuri (2017) は、大造(松村)と同じ系統の蚕品種である p50 を全齢人工飼料で飼育した時、数多くの裸蛹が出現したことを報告した。その原因として 5 齢期の湿度上昇のため裸蛹の発生率が高くなり、この裸蛹は死亡するとした。p50 を人工飼料で飼育するためには、5 齢期の 2/3 以上の期間、低湿度で飼育する必要があること明らかにした。具体的飼育に関しても、湿度制御インキュベーターにて、45% 前後の低湿度で飼育するのが望ましいとしている。当所の人工飼料飼育では、湿度を約 60~75% として恒温恒湿の蚕室で 1 つのサンピー蚕箔に 200~350 頭単位で様々な品種を同時に飼育することが多いため、湿度制御インキュベーターを用いての個別飼育は困難である。そこで、他の品種とも同時に飼育する恒温恒湿蚕室での簡易的な飼育方法の検討を行った。

## 材料と方法

カイコは、当所中国種系保存品種である大造(松村)を用いた。平均孵化率 94% の 3 蛾混合で飼育し、5 齢 2 日目に各試験区 100 頭に分けた。人工飼料は、シルクメイト原種 1-3 齢用 S(日本農産工株式会社)を全齢期間与えた。人工飼料飼育室は、湿度約 65% に保ち、1、2 齢は 29°C、3、4 齢は 27°C、5 齢は 26°C とした。1-5 齢飼食まで同じサンピー蚕箔で飼育し、5 齢 2 日目に 100 頭ずつ条件 A~D の園芸用バット(外寸 460 × 350 × 65mm)に移した(図-1)。各バットのカイコに 5 齢 2、3 日目は 150 g、4-6 日目は 100 g の人工飼料を与え、1 頭当たり 5 齢約 7g の人工飼料を給餌した。熟蚕になった 7 日目に上蔭した。防乾紙は、すべて両面パラフィン防乾紙(株式会社側島, 名古屋市)を使用した。

条件 A: バットの中に蚕座紙を敷き、その上に防乾紙を敷いた。カイコとエサを置き、その上から防乾紙を被せた。条件 B: バットの中に蚕座紙を敷いてカイコとエサを置き、その上から防乾紙を被せた。条件 C: バットの中に蚕座紙を敷いてカイコとエサを置き、プラスチック製の蓋(460 × 350)をバットに被せた。条件 D: バットの中に蚕座紙を敷いてカイコとエサを置き、何も載せずそのまま飼育した(図 1)。

各条件のバットに 100g の人工飼料を並べて温度と湿度をペンタイプ温湿度計(PC-5110、(株)佐藤計量器製作所、千代田区)で測定した。

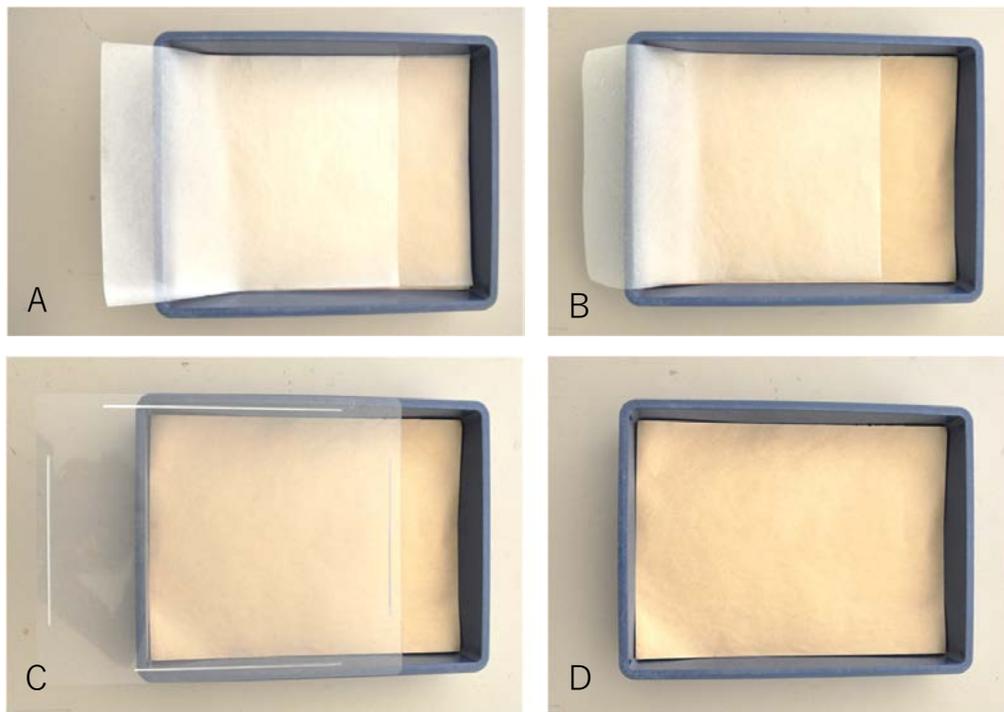


図1 大造の飼育環境条件

A: 蚕座紙+防乾紙+カイコ+防乾紙  
C: 蚕座紙+カイコ+プラ蓋

B: 蚕座紙+カイコ+防乾紙  
D: 蚕座紙+カイコ

## 結果と考察

### 1. 通常的全齢人工飼料飼育

通常、大造は5齢幼虫でも小さく、5齢の1頭当たりの人工飼料量は7～10g程度しか食さない。5齢原種の給餌量14gに比べても量が少なく、一度に多く給餌しても食べきれず人工飼料を残す傾向がある。通常通りの飼育環境である1、2日目は、防乾紙+蚕座紙+カイコ、人工飼料+防乾紙、3日以降上族まで蚕座紙+カイコ、人工飼料+防乾紙の組み合わせで飼育すると、裸蛹が多く出現した(表1)。上族1週間後の裸蛹は、通常の蛹と変わらないものやや細長く見えるものもあるがほぼ生存していた。しかし、羽化する上族10日後になってもほとんど羽化せず、最後には黒色を帯び、死亡した。繭になった蛹は、通常通りの採種が可能であった。1-3齢人工飼料、4、5齢桑育と比較しても繭成績はあまり変わらなかった。

表 1. 大造の全齢人工飼料飼育における上繭割合

	5 齡	全齡	飼育 数	上繭 %	裸蛹 %	へい 蚕 %	雌		雄		平均	
							繭重	繭層 歩合	繭重	繭層 歩合	繭重	繭層 歩合
							g	%	g	%	g	%
4.5 齡桑育	5.20	19.03	400	94.8	0.0	5.3	0.95	11.85	0.71	14.04	0.83	12.95
通常飼育A	6.00	20.00	500	63.2	30.8	6.0	0.94	9.94	0.66	12.05	0.80	11.00
通常飼育B	4.07	18.07	500	40.6	53.4	6.0	0.95	10.00	0.68	11.75	0.82	10.87
通常飼育C	5.07	19.06	400	35.5	45.5	19.0	—	—	—	—	—	—

## 2. 湿度調整による大造飼育

5 齡飼育時の湿度環境を変化させるため、様々な条件を設定した。対照である条件 A は、通常通りバットの中に蚕座紙を敷き、その上に防乾紙を敷き、カイコとエサを置き、その上から再び防乾紙を被せた。少し湿度が保てる条件 B は、バットの中に蚕座紙を敷いてカイコとエサを置き、その上から防乾紙を被せた。防乾紙の直接的影響も考えた条件 C は、バットの中に蚕座紙を敷いてカイコとエサを置き、プラスチック製の蓋 (460 × 350) をバットに被せた。飼育室内の湿度だけである条件 D は、バットの中に蚕座紙を敷いてカイコとエサを置き、何も載せずそのまま飼育した (図 2、表 1)。対照である A では、サンピー蚕箔よりも湿度が高くなるため上繭の割合が 27% で 1 番低かった。次に上だけ防乾紙である B が 45% であった。ほぼ、通常のサンピー蚕箔飼育と同じである。プラスチックの蓋をした C の上繭の割合は 61% であった。何もしない D が最もよく 88% であった。4 区全てが食べきる同じ給餌量にしたが、上繭率が 50% 以下の A、B では、へい蚕の割合も増え、雄の繭重と雌雄の繭層歩合がやや低かった。また、4 区の裸蛹は全て羽化せず、最終的に黒色になり死亡した。産卵した 1 頭当たりの産卵量は、4 区ともあまり変化がなかった。条件 A の 100g の人工飼料を置いたバッド内の湿度は、4 時間後に約 86% に上昇し、また 24 時間後には、室内湿度とほぼ同じ 66% になった。B は約 79%、C では約 78%、D では約 70% の最大湿度を示した。実際の飼育時には、24 時間後に再び給餌を行い、幼虫および蚕糞が加わるので、5 齡は最低でも 2 時間から 4 時間後の湿度状態の環境であったと考えられる (表 3)。

また、蚕座紙 1 は大造を 220 頭、蚕座紙 2 は 500 頭用いてサンピー蚕箔による大量飼育を行った (表 2)。上繭数は、86% と 93% でほぼ通常の飼育と同等であり、繭重、繭層歩合に特に目立った点は無かった。上繭の産卵も通常通りであった。

この結果から、Sahara and Yuri (2017) が述べていた p50 系統の 5 齡期の湿度上昇のため裸蛹の発生率が高くなり、この裸蛹は死亡することを大造 (松村) でも確認できた。高湿度における上蔟で営繭せず不結繭蚕となり死亡した原因として、化蛹時に繭糸腺が崩壊し、吐糸されなかった液状絹が体内に溶出しアミノ酸中毒になって死亡すること (赤尾、1943, 清澤ら、2001) や高湿度でも繭層重が軽い品種は、ある程度吐糸を行えたため、化蛹できたとの報告がある (渡辺ら、2014)。しかし、営繭しなかったカイコが、ほぼ全て裸蛹になる報告はなく、半化蛹や幼虫のまま致死した例が多い。今回の裸蛹化は、品種特性や全齢人工飼料飼育環境による影響も考えられる。実際、100g の人工飼料のみを各条件下においた場合、約 70% の湿度で通常通りの結繭率となり、約 77% 以上の湿度から裸蛹が多く出現し、出現率は湿度が高くなると多くなった。また、ほぼ同じ湿度である上防乾紙 (B) とプラ蓋 (C) 条件では結繭率が異なった。幼虫に防乾紙を被せる環境も裸蛹出現要因の一つかもしれない。

恒温恒湿の蚕室で多品種のカイコを飼育する場合、細かな湿度設定は難しい。しかし、5 齢飼食時から蚕座紙のみで飼育することにより、バット飼育やサンピー蚕箔飼育で結繭可能な湿度飼育条件を達成できたと考える。防乾紙をカイコの飼育において使用するのは、人工飼料の乾燥を防ぐ意味合いが大きい。特に大造は、摂食量が少ないため乾燥して摂食できない心配があったが、制限給餌による人工飼料を各日全て食べることができた。

環境的要因による大造の裸蛹化の理由について、生理的要因とともに購入する人工飼料の組成変化も考えられる。以前、遺伝的突然変異油蚕を 1-3 齢は、シルクメイト原種 1-3 齢用 S を与え、4、5 齢は、壮蚕用人工飼料（シルクメイトクロレラ、日本農産工株式会社）を与えて全齢人工飼料飼育を行っていたところ、ある年から結繭が困難になり、化蛹歩合が低下した。この場合は、シルクメイト原種 1-3 齢用 S を全齢に使用することにより飼育が可能になった。大造の飼育も以前は通常通り飼育できていた。市販の人工飼料は、簡易で飼育成績も良く利便性が高いが、その組成についての詳しい開示は無く、組成変更も明確にされないなので、注意が必要である。

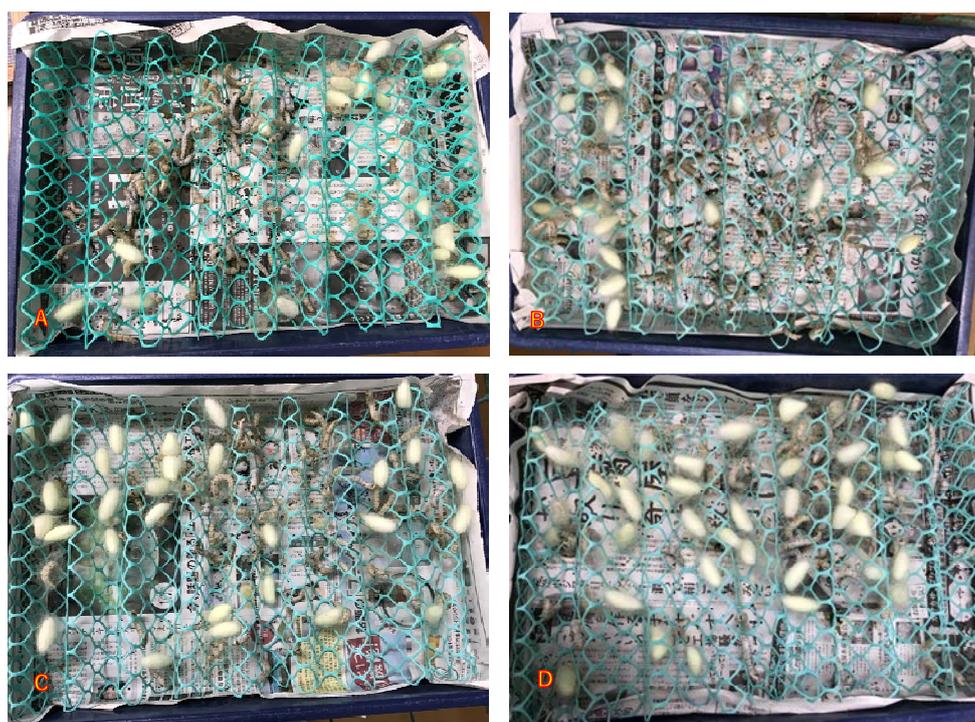


図2 結繭した大造

A: 蚕座紙 + 防乾紙 + カイコ + 防乾紙

B: 蚕座紙 + カイコ + 防乾紙

C: 蚕座紙 + カイコ + プラ蓋

D: 蚕座紙 + カイコ

表2. 各条件による大造の全齢人工飼料飼育における上繭割合

	5齢 日.時	全齢 日.時	飼育 数 頭	上繭 %	裸蛹 %	へい 蚕 %	雌		雄		平均	
							繭重 g	繭層 歩合 %	繭重 g	繭層 歩合 %	繭重 g	繭層 歩合 %
A上下防乾紙	8.03	23.02	100	27.3	62.6	10.1	0.67	7.24	0.48	7.49	0.58	7.36
B上防乾紙	8.03	23.02	100	45.3	45.3	9.5	0.65	7.28	0.51	9.66	0.58	8.47
Cプラ蓋	8.03	23.02	100	61.4	33.7	5.0	0.68	8.72	0.53	10.61	0.61	9.67
D蚕座紙	8.03	23.02	100	87.9	8.1	4.0	0.66	8.59	0.53	10.08	0.59	9.34
蚕座紙1	7.23	23.23	220	85.5	8.6	5.9	0.80	9.20	0.57	11.49	0.69	10.34
蚕座紙2	7.01	21.00	500	92.6	2.8	4.6	0.96	9.37	0.73	11.03	0.84	10.20

表3. 各条件に人工飼料を置いたバット内の湿度

		試料無	1時間	2時間	4時間	24時間
A上下防乾紙	温度(°C)	25.4	25.2	25.2	25.3	25.4
	湿度(%)	64.4	78.0	81.2	85.9	66.3
B上防乾紙	温度(°C)	25.5	25.1	25.1	25.1	25.6
	湿度(%)	64.7	77.5	79.1	76.9	66.5
Cプラ蓋	温度(°C)	25.3	25.0	25.2	25.2	25.3
	湿度(%)	66.1	76.1	77.7	77.2	70.8
D蚕座紙	温度(°C)	25.3	25.0	25.1	25.4	25.4
	湿度(%)	65.3	69.2	69.1	70.1	66.4

時間は人工飼料 100g を置いてからの経過時間

## 要 約

大造（松村）の全齢人工飼料飼育を行うと平均 43%程度の上繭しか得られず、裸蛹が約 40%と多発した。この裸蛹は、黒色を帯び羽化せず死亡した。この状況を改善するため、5 齢時の飼育条件の検討を行った。最も高湿度条件である蚕座紙+防乾紙+カイコ+防乾紙では上繭率 27%、通常飼育である蚕座紙+カイコ+防乾紙では 45%、蚕座紙+カイコ+プラ蓋では 61%、蚕座紙+カイコでは 88%であった。蚕座紙の上にカイコを飼育することにより良好な上繭率を得られた。この蚕座紙のみの条件は、バット飼育でもサンピー蚕箔飼育でも同様である。

## 引用文献

- 田中幸夫 (1988) 原種の全齢人工飼料飼育に関する研究 (1) 産卵成績を最良とする給餌量について, 蠶研彙報, 36, 1-8.
- 田中幸夫・岡崎博之・常山泉・飯田のり子・池嶋智美 (2019) 人工飼料摂食性の劣る蚕品種の全齢人工飼料飼育による採種について, 蚕糸会研報, 66, 11-16.
- Kodai Yuri and Ken Sahara (2017) Relative humidity and maintenance of p50 silkworms reared on artificial diet, J. Insect Biotechnol. Sericology, 86, 43-47.
- 赤尾 晃 (1943) 家蚕の吐糸に関する研究 (4), 蚕試報, 11, 295-309.
- 清澤真琴・木内 信 (2001) カイコの吐糸と蛹化の関係, 群馬蚕業試験場研究報告 (7), 45-49.
- 渡辺和成・横山 岳・蜷木 理 (2014) 高湿度条件がカイコの吐糸に及ぼす影響, 蚕糸昆虫バイオテック, 83, 159-162

## Summary

When Daizo (Matsumura) was reared on artificial diet for all ages, on average only about 43% of the cocooned pupation were obtained, and about 40% were naked pupae. The naked pupa turned black color and died without emerging. To improve this situation, we examined the rearing conditions for the 5th instar larvae. Under the most humid rearing conditions of silkworm seat paper + anti-drying paraffin paper + silkworms + anti-drying paraffin paper, the cocooned pupation rate was 27%. Under the usual rearing conditions of silkworm seat paper+ silkworms + anti-drying paraffin paper, the cocooned pupation rate was 45%. Under the conditions of silkworm seat paper + silkworms + plastic cover plate, the cocooned pupation rate was 61%. Under the conditions of silkworm seat paper + silkworms, the cocooned pupation rate was 88%. When rearing silkworms only on silkworm seat paper, a better rate of cocooned pupation was obtained whether the silkworms were reared in gardening tray (460 × 350 × 65mm) or in lattice tray for silkworm rearing (785 × 1095mm).

# 令和6年度における蚕糸科学技術研究所の 桑園管理の概況

松川 武・赤井雅志

蚕糸科学技術研究所

TAKESHI MATSUKAWA AND MASASHI AKAI : Overview of the mulberry field management at Institute of Sericulture and silk Science in FY2024

## はじめに

蚕糸科学技術研究所栽桑グループでは、当所の主要業務のひとつである蚕種の製造・配布及び蚕遺伝資源の保存に必要な蚕飼育を支援するために適切な桑園管理を実施し、良質な桑の提供を行っている。また、中期計画に沿った養蚕から製糸に至る一貫した研究業務の円滑な推進を図るための支援業務とともに、桑遺伝資源の保存に関する栽植技術の向上にも努めている。本報告では、研究所における年間の桑園管理情報が養蚕農家における桑園管理の一助になることを期待して、令和6年度の桑園管理概況を報告する。

## 桑園概況

令和6年12月現在の当所の桑園の区画は（図1）の通りで、総面積は緑地帯を含め約6haで栽植面積は約2.4haとなっている。春蚕期用として、「しんいちのせ」を2号桑園（50a）及び3号桑園（50a）で栽培し、夏秋蚕期用としては「改良鼠返」を6号桑園（50a）、「はやてさかり」を11号桑園（50a）で栽培している。見本桑園の9号桑園も整備し143品種の桑を維持している。また、圃場設備として、2号及び3号桑園の凍霜害被害を軽減するための防霜ファン16基を春蚕期用桑園に平成22年に設置している（図2）。防霜ファンの使用は3月中旬からで、気温5℃以下になるとサーモスタット制御により自動運転するシステムになっている。

## 令和6年度桑園管理と研修

令和6年度の桑園管理と研修内容について、以下に時系列で述べる。

### 除草剤散布作業

当圃場では毎年4月上旬ごろからヒメムカヨモギ、オニノゲシ、オオアレチノギクなどの雑草の勢いが盛んになるため、除草剤を用いて除草処理を行った。除草剤の散布方法は背負い式バッテリー噴霧器（MSB1100Li丸山製）を用いて除草剤プリグロックスLを桑株元に散布した。即効性の除草剤であり散布した翌日には雑草が茶色に変色し除草の効果が表れる。散布面積は約2.4ha、作業員は2名による作業時間は10a当たり約30～40分位であった。（図3、4）

### 桑園略図

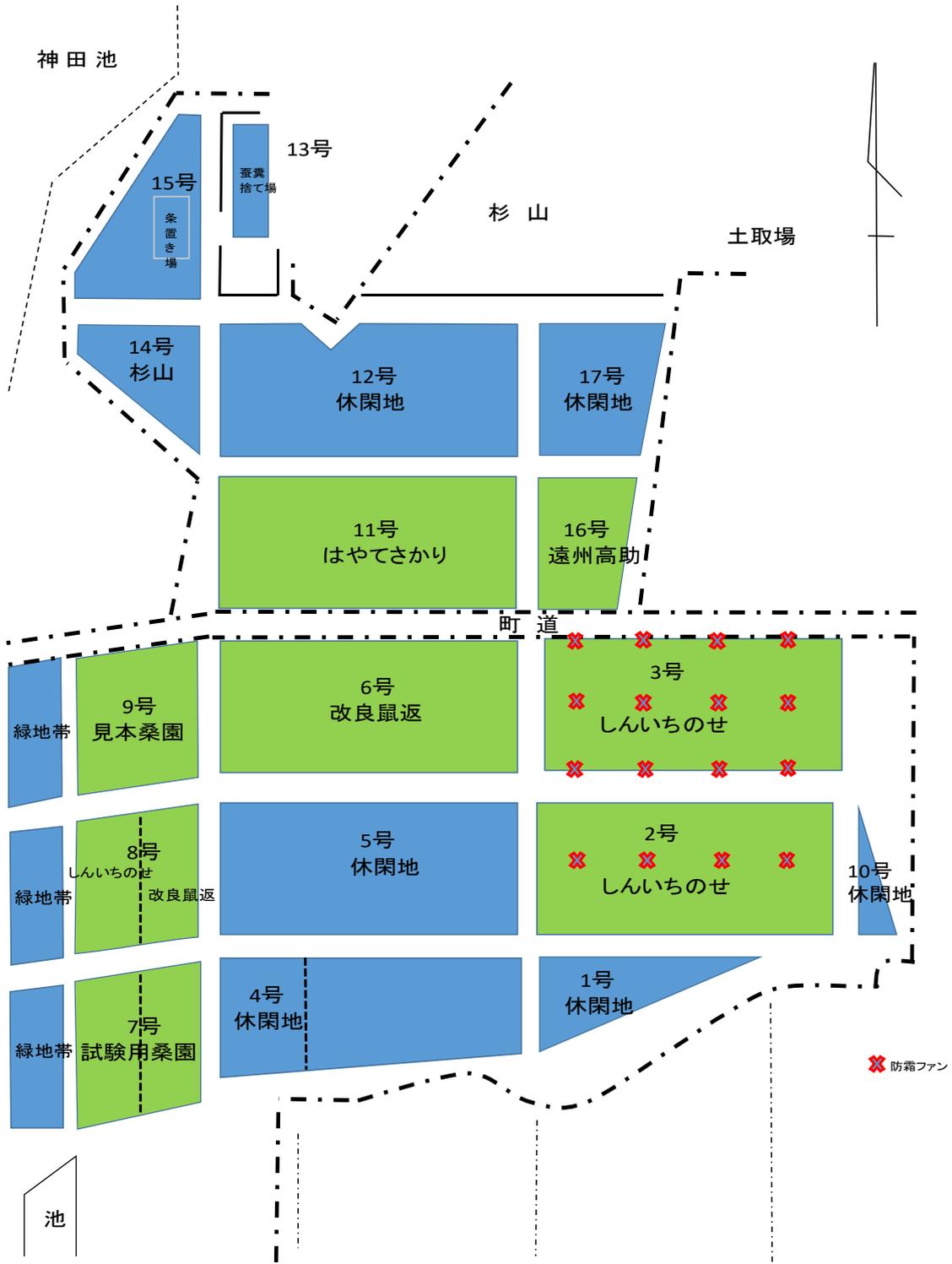


図1 蚕糸科学技術研究所桑園の見取り図



図2 防霜ファン



図3 11号桑園の除草剤散布



図4 11号桑園の除草効果の様子

### 発芽調査

4月上旬～中旬にかけて春蚕期用に栽培している3号桑園の発芽調査を行った。この時期の霜は発芽したばかりの若芽に被害を及ぼすため、気象条件の変化に注意しながら発芽状況の経日変化を調べる必要がある。定点観測を行った。図5A～Cは、それぞれ脱苞期(4/5)、燕口期(4/12)及び開葉期(4/15)に異常は認められず、幸いに霜の発生もなく順調な成育をしているものと判断した。



図5 発芽の経日変化 A:脱苞期(4/7) ; B:燕口期(4/12) ; C:開葉期(4/15)

### 殺虫剤散布

殺虫剤については、蚕への影響を避けるため、遅くとも掃き立て3週間前には散布を終えるようにしている。この時期の防除対象とする害虫は、クワハムシ、クワゴマダラヒトリなどである。殺虫剤はスミチオン乳剤(希釈濃度1,000倍)を使用した。散布用機材は小型運搬機(下町小町J80-4WD 筑水製)と動力噴霧器(MS413-A 丸山製)を用いた。

### 新梢収穫と配桑

繁忙期4齢～5齢期間で用いるための春蚕期の収穫量は葉量で約2,270kgであった。春蚕期用の桑の収穫と所内2か所の蚕室への配桑作業は桑園管理担当の2名の職員中心に他の研究チームからの協力で5月中旬から行った。春蚕期用桑に特に問題はなく、蚕の生育は順調であった。

### 夏切り作業及び施肥

春蚕期用桑葉を収穫した桑については、5月下旬～6月中旬にかけて夏切り作業を行った。基部から伐採した廃条については、フレールモア(FNC1202J 松山製)により粉碎処理してすきこんだ。その後、ブロードキャスター(MP220 松山製)を用いて夏季の施肥を行った。肥料は10a当たり約80kgの化成肥料エルマグを使用した。

### 夏切り後の除草剤及び殺虫剤散布

6月上旬に夏切りした株元にエノコログサ、ハルジオン、ヤブガラシなどの雑草が多く発生したためラウンドアップマックスロード（日産化学，希釈濃度100倍）によるスポット処理を行った。散布する際に注意する点は，薬液が桑茎葉に付着すると薬害やひどい場合は枯死に至るので必ず発芽する前が散布条件となる。例年この時期には雑草が繁茂するためスポット処理は必須の作業である。

毎年キボシカミキリが発生しているため，春蚕期終了後に殺虫剤による駆除が必要となる。殺虫剤はスミチオン乳剤（希釈濃度1,000倍）で全桑園の散布を行った。

### 初秋蚕期から晩秋蚕期の管理

本年の7月は条桑刈り取り機の故障で，初秋蚕期は剪定鋏を用いて収穫を行った。初秋蚕期の収穫量は約1,110kgであった。その他の管理作業として，夏秋専用6号及び11号桑園の株間除草を行った。除草対象となる主な雑草はイヌタデ，イヌビユ，シロザなどであった。（図6，7，8）



図6 11号桑園の株間除草の様子



図7 株間除草が完了した様子



図8 畝間ロータリー除草

8月上旬に6号桑園中央から東側に向けて数か所に桑萎縮病を発見した。この時期は伝染源となるヒシモンヨコバイ，ヒシモンモドキが生息している可能性がある所以对処法として罹病株に除草剤ラウンドアップを散布し強制的に株を枯死させてしまう方法で処理した。（図9，10）



図9 6号桑園（改良鼠返）の桑萎縮病の様子



図10 除草剤を散布して強制的に桑株を枯死させる処置を行った

8月中旬にはクワノメイガ（スキムシ）が多発したので殺虫剤エルサン乳剤（希釈濃度1,000倍）を用いて駆除を行った。残毒日数は17日間。

晩秋蚕期も剪定鋏で収穫し収穫量は約3,060kgであった。（図11）



図11 研修生と一緒に桑の収穫作業

#### 新規養蚕研修生への対応

今年度は、京都市（株）細尾から男性1名が新規養蚕研修に参加し、栽桑部門では桑の収穫や桑園管理法の講義を担当した。

#### 次年度に向けての管理作業

令和7年の来春蚕期には2号桑園と3号桑園を使用するため、両桑園の中間伐採を令和6年10月～令和7年1月下旬にかけて行う。2月中旬にはペレット状堆肥（美駒グリーンペレット）を入れ、3月上旬に春施肥を行いその後、雑草防除に除草剤ラウンドアップマックスロード（日産化学）の散布を行い、春蚕期用蚕飼育に必要な桑を提供できるように準備を整える。

#### 見本桑園の管理

令和5年10月に見本桑園の遺伝資源桑の染色体調査に元つくば市農研機構の桑専門家 小山朗夫氏が来所し調査の結果、遺伝資源桑143品種の中から4品種が「先祖返り」していた。異常が認められた桑株はバックホーにて伐根を行った。（図12, 13, 14）



図12~14 見本桑園の143品種の中で染色体異常が見られた桑株の伐根を行った

見本桑園の遺伝資源桑 143 品種のネームプレートを作成・設置した。(図 15), (表 1)



図 15 見本桑園 143 桑品種のネームプレート設置

表 1 遺伝資源桑 143 品種ネームプレート表

見本桑園の栽植地図 (平成21年3月植付け)										
1-11	1-10	1-9	1-8	1-7	1-6	1-5	1-4	1-3	1-2	1-1
雲龍	岩瀬	市平	一ノ瀬	あやのぼり	あつぼみどり	あさゆき	赤芽魯桑	赤木	あおぼねずみ	愛国桑
2-11	2-10	2-9	2-8	2-7	2-6	2-5	2-4	2-3	2-2	2-1
改良早生十文字	改良魯桑	改良鼠返	改良一ノ瀬	小幡	落井	おおゆたか	大島桑	大倉	大唐桑	遠州高助
3-1	3-10	3-9	3-8	3-7	3-6	3-5	3-4	3-3	3-2	3-1
銀芭蕉	金芭蕉	黄葉十文字	きぬゆたか	臥龍	甘楽桑	かんまさり	カナダ産B	カナダ産A	カタネオ	春日
4-11	4-10	4-9	4-8	4-7	4-6	4-5	4-4	4-3	4-2	4-1
国桑第70号	国桑第27号	国桑第21号	国桑第20号	国桑第13号	甲選	剣持	毛桑	荊桑	鶏冠桑	群馬赤木
5-11	5-10	5-9	5-8	5-7	5-6	5-5	5-4	5-3	5-2	5-1
軸無	清国野桑	しんけんもち	新桑2号	新桑1号	しんいちのせ	白芽魯桑	収穫一	清水早生	島ノ内	山中高助
6-11	6-10	6-9	6-8	6-7	6-6	6-5	6-4	6-3	6-2	6-1
たちみどり	橘桑	多胡早生	蘇州1号	惣助早生	せんしん	赤材桑	世界一	清十郎	上州早生	十島
7-11	7-10	7-9	7-8	7-7	7-6	7-5	7-4	7-3	7-2	7-1
根小屋高助	なつのぼり	長沼	仲間木	富榮桑	ときゆたか	鶴田	司桑	縮桑	千曲大葉	田中奥州
8-11	8-10	8-9	8-8	8-7	8-6	8-5	8-4	8-3	8-2	8-1
米国13号	扶桑丸	福島大葉	ふかゆき	ひのさかり	飛騨桑	はやてさかり	はちのせ	八石早生	野田早生	鼠返
9-11	9-10	9-9	9-8	9-7	9-6	9-5	9-4	9-3	9-2	9-1
八ツ房	柴早生	水内桑	みなみさかり	みつみなみ	みつさかり	みつしげり	水沢桑	ポップベリー	細江	紅皮魯桑
10-11	10-10	10-9	10-8	10-7	10-6	10-5	10-4	10-3	10-2	10-1
両面桑	利桑	ララベリー	ゆきまさり	ゆきしらず	ゆきしのぎ	ゆきあさひ	山形58号	山形6号	山形4号	柳田
11-11	11-10	11-9	11-8	11-7	11-6	11-5	11-4	11-3	11-2	11-1
果実用桑 (キラベリー)	白実桑(松本)	谷桑(6株)	師走桑	昭和桑	韓国A22	伊藤早生	伊東早生	わせみどり	魯八	魯桑
12-11	12-10	12-9	12-8	12-7	12-6	12-5	12-4	12-3	12-2	12-1
五郎治早生	ヒックスマルベリー	フィークス	万年	間物	豊受桑	トルコフルーツ	秩父桑	加川桑	益進桑	茨城桑
13-11	13-10	13-9	13-8	13-7	13-6	13-5	13-4	13-3	13-2	13-1
	九73-92	黄葉一ノ瀬	茶桑	母恋	長野安曇	天城野桑	復興	ラージ	胡桑197	胡桑199
										14-1 雲南枝垂桑
			15-8 ポップベリー	15-7 大唐桑	15-6 ララベリー	15-5 カタネオ	15-4 ポップベリー	15-3 大唐桑	15-2 ララベリー	15-1 カタネオ

(12畦は平成26年3月植付け)  
(13畦は平成27年4月植付け)

# サンピー蚕箔用ポリエチレン製 山型まぶしの性能試験

鶴井裕治・池嶋智美・栗岡 聡

蚕糸科学技術研究所

YUJI TSURUI, SATOMI IKEJIMA AND AKIRA KURIOKA : Performance test of a plastic mountain-shaped cocooning frame for Sampsy rearing tray

## はじめに

養蚕農家の減少に伴って、蚕具類の製造停止が相次ぎ、養蚕関連資材の調達が難しくなっている。当所ではこれまでに養蚕用ピロシートや防乾紙などの代替品を考案してきた。これらの考案に際して重視していることのひとつは、資材が安価であり、かつホームセンターなどで一般に販売されている資材を活用して自作することである。このような代替品の検討が必要な資材のひとつに、上蔭時に使用する波型まぶしが挙げられる。波型まぶしは樹脂製で、手作業による収繭を効率よく行えることや耐久性に優れているため、研究機関などでも多用されているが、当所で使用中のまぶしの耐用年数が過ぎている。また、昨今の物価高でより安価な製品を求める傾向が強くなっている。

しかし、従来の波型まぶしは樹脂製の網を波型に熱成形したもので、この成形には特殊装置が必要であり一般向けの製作方法ではない。

そこで著者らは熱成形の代替法として、短冊状に裁断したトリカルネットを結束バンドで連結後、補助棒を併用することで実用的な山型まぶしの製作を可能とし、市販品で作れるポリエチレン製山型まぶしの製作マニュアルを作成した（鶴井ら、2023）。このマニュアルに従ってまぶしを試作し、その性能試験を行ったが、従来品の樹脂製波型まぶしと異なり自立せず、上蔭時にカイコの重さでトリカルネットが移動して山が潰れることや、山と山の間隔を均一にするのが難しいという問題点が出てきた。そこで問題点の解決のため、補助具としてフレームを用いることで本体のトリカルネットを固定できると考え、針金を用いたフレームの製作を試みた。小規模上蔭用まぶしについて、このフレームと組み合わせて試験を行ったところ、山が潰れる等の問題は解消され、従来品と比較してまぶしの性能に大きな問題はないと分かった（鶴井ら、2024）。

そこで本報では、フレームを併用した山型まぶしを養蚕現場でも使用されているサンピー蚕箔サイズにスケールアップしても性能に問題がないか試験を行った。

## 材料と方法

供試品種は、交雑原種の日本種系原種「N5 × N6」および中国種系原種「C5 × C6」を用いた。カイコの飼育は1齢から3齢は人工飼料シルクメイト原種1-3令用S（日本農産工業株式会社、横浜）、4齢から営繭までは人工飼料シルクメイトクロレラ原種壮蚕用S（日本農産工業株式会社、横浜）を用いて全齢人工飼料育を行った。

まぶしの材料は、市販のポリエチレン製のトリカルネット「トリカルN」（幅100cm×50m、網目ピッチ2cm×2cm）（タキロン株式会社）と、ナイロン製結束バンド（幅2.5mm×10cm）を用いた。製作したまぶしを支えるための補助具（フレーム）には、加工が容易かつ耐久性のあるPVC被膜された鉄製のカラー針金（線径：約2.6～2.5mm）を用いた。

まぶしは、トリカルネットを幅8cm×長さ72cmの短冊状に34枚切り出し、ネットの長辺5か所ずつ結束バンドで連結して、片面17山の大きなまぶしを製作した（図1）。

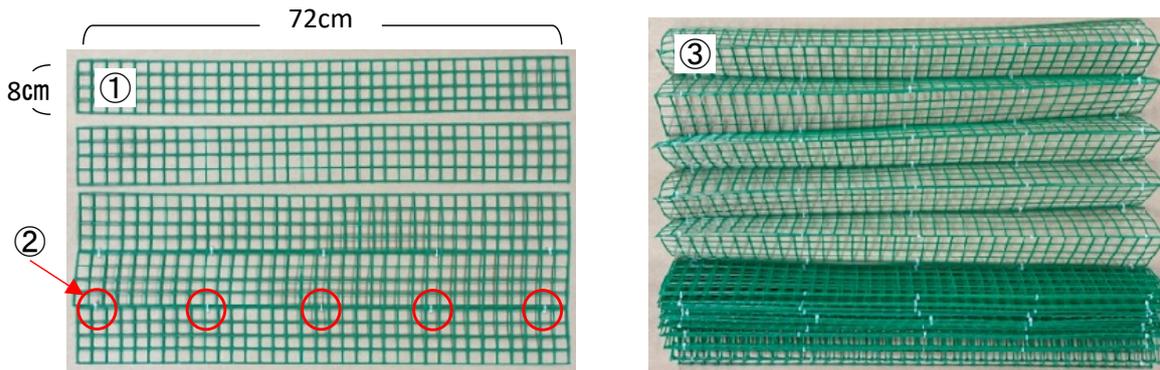


図1 山型まぶしの製作

- ①幅8cm×長さ72cmの短冊状に34枚切る。  
②ネットの長辺5か所ずつ結束バンドで繋ぐ。 ③ネット34枚を連結する。

まぶしの山の間隔を一定に保つためのフレームは、カラー針金670cmの両端3cmずつを残して端から35回ずつ9cm間隔で山と谷に折り返して整形した（図2）。フレームを出来上がったまぶしの下に重ねて性能試験に用いた（図3）。対照区には、従来品の樹脂製山型まぶし（株式会社側島）を使用した。上蔭は、各品種まぶし1枚あたりの上蔭頭数を300頭とした。カイコを試験区・対照区各3枚のまぶしの谷部分に18～19頭ずつ撒き、落下防止用のネットをかけて上蔭した。

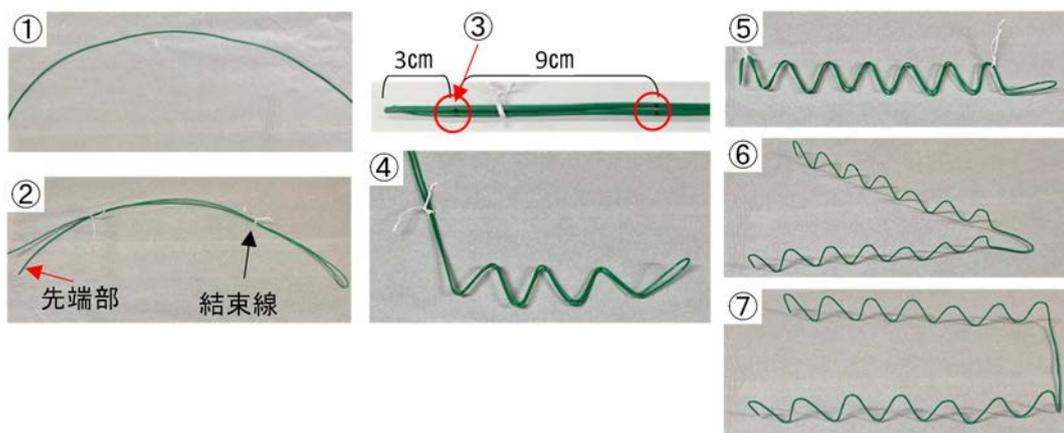


図2 フレーム製作例

- ①針金をなるべく真っ直ぐにする ②中心から二つ折りにして結束線で束ねる  
③先端部を3cmずつ残して9cm間隔で折り返し部分に印を付ける ④印に従って山折り谷折り  
⑤全て折り返す ⑥平行になるように開く ⑦平行にして完成

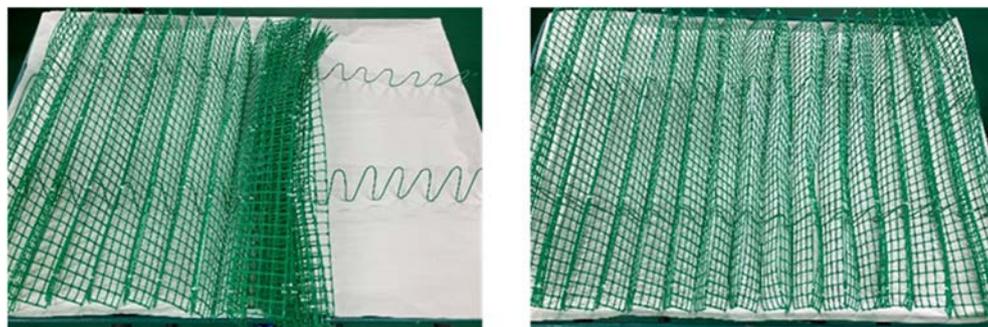


図3 フレームに載せている様子(左)と完成したまぶし(右)

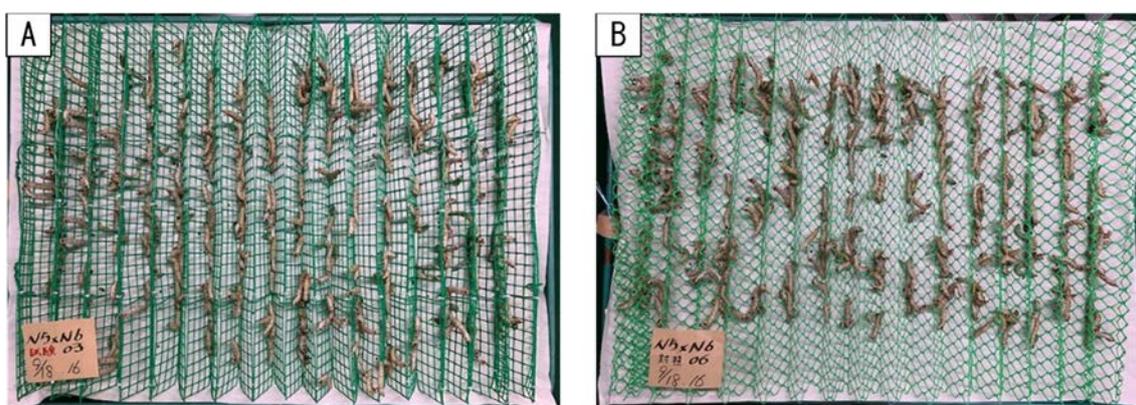


図4 サンプル蚕箔用まぶしを用いた性能試験  
A: 試験区(トリカルネット山型まぶし) B: 対照区(樹脂製山型まぶし)

### 結果と考察

まぶしの作製材料としたトリカルネットは、1ロール100cm×50mで販売されている。サンプル蚕箔サイズのまぶしを1枚作るためには、72cm×8cmサイズに裁断したトリカルネットが34枚必要となる。また、裁断した時に出るバリを処理する必要があるため、トリカルネット1ロールから作製できるまぶしの数は19枚となる。

前回の小規模まぶし用のフレームに比べて、今回のフレームは長いため、長い針金1本を端から折り返して山幅・角度を揃えるのは困難であった。そこで、真っ直ぐに伸ばした1本の針金を中央から半分に折り曲げ、2本に重なった針金を結束線で束ねた。この針金の束の先端部(図2の②)を3cm残し、9cm間隔で印をつけてから、印に合わせて折り返していくと、平行するフレームの山幅と角度を揃えることができた(図2)。

試験したまぶしは、カイコの落下防止用のネットをかけて包む際に両端の角がやや狭くなることはあったが、このまぶし特有のことではなく対照区も同じだった。また、小規模上蒔用まぶしの時と同様にフレームと重ねたことで山は潰されず間隔はほぼ均一な状態を保ち、日本種系の長俵形の繭でも、中国種系の短楕円形の繭でも問題なく営繭させることができた。

「N5×N6」はまぶしの下側にできた繭の割合が、試験区は平均67.8±3.1%、対照区57.4±3.0%と高く、逆に「C5×C6」はまぶしの上側にできた繭の割合が試験区平均66.7±4.9%、対照区73.4±2.7%と高くなった(表1)。また、両品種ともに対照区よりも試験区の方がまぶしの下側にできた繭の割合がやや高くなっ

た。汚れ繭の割合は、「N5 × N6」は対照区よりも試験区の方が平均して 0.5% とわずかに高く、「C5 × C6」は対照区よりも試験区の方が 0.9% 低くなった。どちらも極薄い汚れで、まぶしの違いによる汚れ繭の発生率に大きな差がなかった。玉繭蚕率は、「N5 × N6」の試験区が平均  $1.1 \pm 1.0\%$ 、対照区が  $1.8 \pm 0.3\%$  と同程度であり、「C5 × C6」は試験区が平均  $10.8 \pm 0.1\%$ 、対照区が  $12.0 \pm 2.3\%$  となり、対照区より試験区の方がやや低い割合となった。

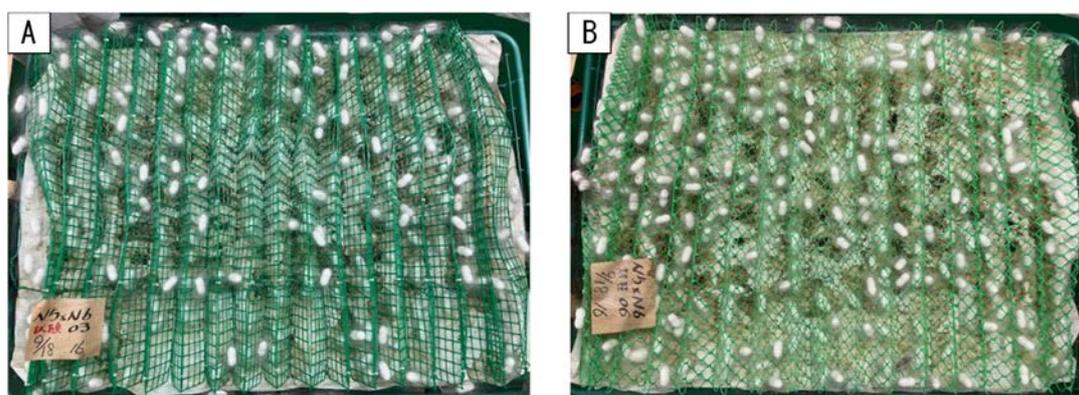


図5 「N5 × N6」 収穫時のまぶしの様子  
A: 試験区（トリカルネット山型まぶし） B: 対照区（樹脂製山型まぶし）

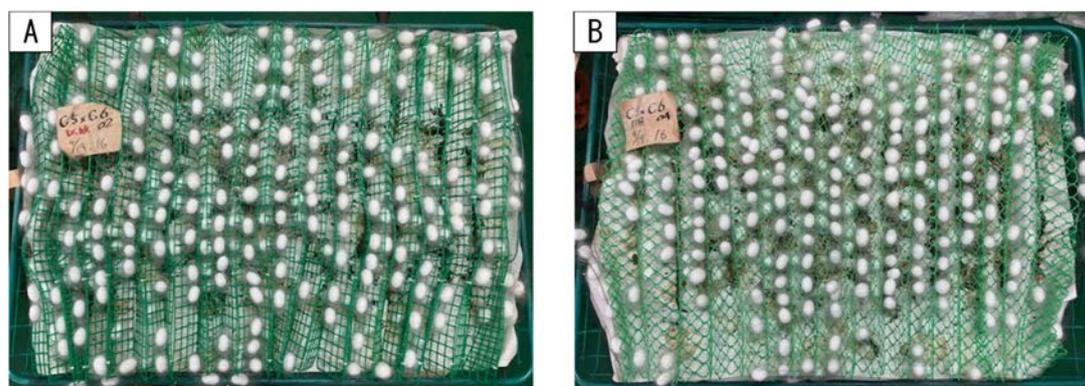


図6 「C5 × C6」 収穫時のまぶしの様子  
A: 試験区（トリカルネット山型まぶし） B: 対照区（樹脂製山型まぶし）

表1 サンピー蚕箔用まぶしの繭の付き方

品種	No.	まぶしの上側 (%±SD)	まぶしの下側 (%±SD)	汚れ繭 (%±SD)	玉繭蚕 (%±SD)
N5×N6	試験区	$31.3 \pm 2.8$	$67.8 \pm 3.1$	$3.3 \pm 1.1$	$1.1 \pm 1.0$
	対照区	$41.2 \pm 3.4$	$57.4 \pm 3.0$	$2.8 \pm 0.8$	$1.8 \pm 0.3$
C5×C6	試験区	$66.7 \pm 4.9$	$32.1 \pm 4.9$	$1.4 \pm 0.5$	$10.8 \pm 0.1$
	対照区	$73.4 \pm 2.7$	$26.2 \pm 2.5$	$2.3 \pm 0.9$	$12.0 \pm 2.3$

1齢～3齢：シルクメイト原種1-3令用S，4齢～営繭：シルクメイトクロレラ原種壮蚕用Sで全齢人工飼料育を行った。

今回試験したサンピー蚕箔用ポリエチレン製山型まぶしは、フレームと重ねてあるため従来品に比べ、まぶしの下側の空間がやや広くなることから、下側にできる繭がやや多くなる傾向が認められた。しかしながら、従来品と比較しても問題なくカイコを営繭させられたことから、従来品と同等の性能があるものと考えられた。

#### 引用文献

- 鶴井裕治・近藤進・松本正江・持田裕司・池嶋智美（2023）ポリエチレン製山型まぶしの製作マニュアル. 蚕糸会研報, **70**, 47-51.
- 鶴井裕治・池嶋智美・栗岡 聡（2024）ポリエチレン製山型まぶしの改良と性能試験. 蚕糸会研報, **71**, 36-40.

令和7年3月22日 印刷  
令和7年3月22日 発行

〔非売品〕

発行所 一般財団法人 大日本蚕糸会  
東京都千代田区有楽町 1-9-4  
電話03(3214)3411(代) 〒100-0006

印刷所 株式会社梶本  
茨城県かすみがうら市稲吉 1-3-3