大日本蚕糸会

研　究　報　告

第53号　平成17年10月(2005)

目　　次

報　文

1. 原蚕の全齢人工飼料飼育に関する研究　(4) 5齢期の飼料水分率と産卵成績との関係
蚕業技術研究所　田中幸夫……　1

2. カイコ休眠卵の2年間保存　第2報　－5℃，0℃に冷蔵した休眠卵の低温要求性
蚕業技術研究所　代田丈志……　7

3. 常習連作農家における2種多角体病ウイルスの分布特性と消石灰水の利用による
ウイルス病抑制効果
蚕業技術研究所　野澤瑞佳・代田丈志……　11

4. クエン酸を架橋剤とした綿布へのセリシン固定加工とその織物特性
蚕糸科学研究所　栗岡富士江・栗岡　聡・青木　昭・塩崎英樹……　23

5. 産業用オートクレーブ装置で調製した笹繭セリシン粉末の色相変化
蚕糸科学研究所　栗岡　聡・栗岡富士江・山崎昌良……　31

6. 高性能小型自動繰糸機用部品の開発　(II) 鼓車の改良開発
蚕糸科学研究所　清水重人・岡島正章・黒川トシミ・井上アヤ・天方美帆・勝野盛夫……　39

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.53, October 2005

CONTENTS

Research Report

1. TANAKA, Y.:
Studies on the technology of artificial diet rearing for parental strains of the silkworm: (4) The relationship between the water content of artificial diets for the fifth larval instar and egg laying results 1

2. SHIROTA, T.:
Two-year preservation of diapausing eggs of the silkworm, *Bombyx mori*. (II) Suppression of a diapause development in cold storage at −5℃ and 0℃ 7

3. NOZAWA, M. and SHIROTA, T.:
Distributional traits of two-polyhedrosis viruses, BmNPV and BmCPV, and effective control of these viruses by spraying with slaked lime, Ca $(OH)_2$, solution in a sericultural farm with unstable crops 11

4. KURIOKA, F. KURIOKA, A. AOKI, A. and SHIOZAKI, H.:
Fixation of sericin on cotton fabric via crosslinking with citric acid and characteristics of the treated fabrics 23

5. KURIOKA, A. KURIOKA, F. and YAMAZAKI, M.:
Color change of Sasamayu sericin powder prepared using an industrial scale autoclave 31

6. SHIMIZU, S. OKAJIMA, M. KUROKAWA, T. INOUE, A. AMAGATA, M. and KATSUNO, M.:
Development of devices for compact automatic reeling machine with high performance (I) Development and improvement of pulleys 39

Published by

THE DAINIPPON SILK FOUNDATION

THE SILK SCIENCE RESEARCH INSTITUTE

INSTITUTE OF SERICULTURE

研究報告

第53号

平成17年10月

報　　文

原蚕の全齢人工飼料飼育に関する研究
（4） 5齢期の飼料水分率と産卵成績との関係

田中幸夫

蚕業技術研究所

YUKIO TANAKA: Studies on the technology of artificial diet rearing for parental strains of the silkworm: (4) The relationship between the water content of artificial diets for the fifth larval instar and egg laying results

緒　言

原々種の全齢人工飼料飼育において，5齢期の飼料の性状が産卵成績に大きく関係することが判明している[1, 2]。水分も飼料の性状に関わる重要な要素と思われるが，著者は，原々種の全齢人工飼料飼育を開始した当初の試験結果に基づいて，75%（粉体1に対して水3）の水分率を用いてきた。その後，産卵成績は5齢期の飼料摂食量に大きく影響されることが明らかとなったので[3, 4]，飼育方法を改良して5齢期は制限給餌とした。そこで，制限給餌のもとで改めて適切な飼料水分率を明らかとする必要があると思われたので，蚕業技術研究所で原々種壮蚕の飼育に通常使用している，クロレラを含む組成の人工飼料について試験を行うこととした。

本文に入るに先立ち，本稿をご校閲いただいた蚕業技術研究所長井上元博士に深く感謝する。

材料と方法

試験は1991年および1993年に行った。使用した人工飼料はヤクルト本社製原々種壮蚕用飼料であった。ヤクルト本社製飼料は蚕品種研究所（当時）とヤクルト本社研究所が共同で開発したもので，クロレラ粉末を含むことに特徴がある。なお，この飼料は現在日本農産工業株式会社によって製造されている。

飼料粉体は水分を含んでいるが，慣用に従って粉体の水分を無視して計算した水分率を名目水分率と呼ぶこととした。参考のため第1表に名目水分率と粉体1kg当たりに加える水の量との関係を示した。なお，水は蒸留水を用いた。飼料は45分間煮沸して調製した。粉体および調製した人工飼料の実際の水分は乾燥法で測定した。110℃で恒量となるまで乾燥し，蒸発した重量を全て水とみなした。一つの試料につき3反復で測定し，平均値と標準偏差を示した。給餌量は，名目水分率に関わらず，各処理区に同量の粉

第1表　名目水分率と粉体1kgに加える水の量との関係

名目水分率（%）	70.0	72.5	75.0	77.5	80.0
粉体1kgに加える水の量（kg）	2.333	2.636	3.000	3.444	4.000

体に見合う飼料が与えられるよう設計した。粉体の量は予備試験の結果から，繭重がほぼ1.6gとなる量とした。

供試蚕品種は，日本種原々種「T」であった。飼育温度は1～2齢が29℃，3齢が27℃，4～5齢が25℃であった。湿度は常に72%とした。1齢より5齢3日目までは，眠の期間を除いて蚕座を防乾紙で被覆し，飼料の乾燥を防止した。上蔟後の温度も約25℃とした。湿度は羽化前後は65%以上に保った。1齢より4齢までは齢中2回給餌とし，5齢は毎日給餌した。1～3齢はヤクルト本社製原蚕稚蚕用飼料で，4齢はヤクルト本社製原々種壮蚕用飼料で飼育した。この間の飼料の名目水分率は75%とした。供試蚕数は1区300頭で4齢後期に整理した。なお，飼育中に蚕箔より落下した幼虫や繭質調査の時に傷つけた蛹は調査対象から除外したので，基本蚕数は300頭に満たない場合が多い。5齢期の飼料は，約1×1×10cmの棒状，あるいは約1×4×10cmの板状に切って与えた。除沙は4齢後期に1回，5齢3日目以降は毎日1回行った。

熟蚕は適宜上蔟させたが，給餌した飼料を完全に食下した時点で，その試験区の幼虫を一斉に上蔟させた。飼料を食べ残した場合にはそれを回収し，乾燥重量を測定して水分量で補正し，食べ残しの量を算出した。これを給餌量から差し引いて摂食量とした。

飼育成績は常法のとおり計算したが，繭は全て切開し正常な蛹を健蛹とした。繭質調査は雌雄各50粒で行った。交尾は同一処理区の個体間で行わせた。産卵は糊付き台紙上で単蛾輪をかぶせ3日間行わせた。

蚕卵は，産卵終了後約一カ月間25℃で保護した。産卵状態は肉眼で判定した。産卵数が350粒以上で，不受精卵の割合が25%未満と思われる産卵状態のものを正常卵蛾とした。化蛹歩合と雌健蛹数から推定した供試雌幼虫数に対する正常卵蛾数の割合（正常卵蛾歩合）を算出して，産卵成績の指標とした。

蚕卵はその後洗い落とし，0.5%の次亜塩素酸カルシウム水溶液に10分間浸漬した。この処理の後蚕卵を良く水洗し，水を切って風乾した。10日間以上乾燥させた後全体の重量を測定した。次に各試料から約0.4gのサンプルを3回採り，正常卵とそれ以外のものを分け，それぞれの粒数と重量を測定し，これらの平均値から各処理区の正常卵重量と卵数を算出した。さらにこれらの値を用いて，供試雌幼虫100頭当たりの正常卵重量と，交尾雌蛾1頭当たりの正常卵数を計算して，蚕卵成績の指標とした。

化蛹歩合，雌雄の発蛾歩合，雌交尾歩合については供試した個体数が明らかなので，処理間の有意差をカイ二乗検定法[5]によって検定した。危険率5%以下の場合有意差ありとした。

結　果

第一回目の試験成績を第2表に示した。調査した名目水分率は70，72.5，75，77.5及び80%であった。飼料の実測水分率は名目水分率より1.4～2.0%高かった。これは飼料粉体が8.2±0.1%の水分を含んでいたためと思われる。名目水分率75%の場合に粉体の水分率を考慮して飼料の水分率を計算すると，77.0%となり，実測値の76.6%に近い値であった。

この試験においては，いずれの処理区においても給餌した飼料は全て摂食された。5齢日数も各区とも同じとなった。化蛹歩合は70%区が最も低く，他のすべての区との間に有意差が認められた。70%区以外の区には相互に有意差は認められなかった。繭重，繭層重，繭層歩合には処理間に大差はなかった。雌発蛾歩合については75%区が最も高く，70，72.5，77.5%区との間に有意差が認められた。雄発蛾歩合については処理間の有意差はなかった。雌交尾蛾歩合は75%区が最も高く，70，72.5，77.5%区との間に有意

第2表　第1回目の試験成績

名目水分率（%）	70.0	72.5	75.0	77.5	80.0
実測水分率（%）	71.4±0.2	74.0±0.1	76.6±0.1	79.0±0.1	82.0±0.1
5齢飼料食下量（g）	13.3	14.5	16.0	17.8	20.0
基本蚕数	300	288	291	296	299
5齢日数（日・時）	6・19	6・19	6・19	6・19	6・19
全齢日数（日・時）	25・23	25・23	25・23	25・23	25・23
雌健蛹数	136	164	153	169	167
雄健蛹数	118	104	111	111	105
化蛹歩合（%）	84.7	93.1	90.7	94.6	91.0
繭重（g）	1.64	1.63	1.69	1.63	1.57
繭層重（g）	0.393	0.398	0.408	0.398	0.381
繭層歩合（%）	24.0	24.4	24.2	24.4	24.2
雌発蛾数	113	140	143	146	149
雌発蛾歩合※（%）	83.1	85.4	93.5	86.4	89.2
雄発蛾数	107	96	98	99	98
雄発蛾歩合※（%）	90.7	92.3	88.3	89.2	93.3
雌交尾蛾数	108	134	139	138	147
雌交尾蛾歩合※（%）	79.4	81.7	90.8	89.2	88.0
正常卵蛾数	51	56	63	60	54
供試雌幼虫当たり正常卵蛾歩合（%）	31.8	31.8	37.3	33.6	29.4
供試雌幼虫100頭当たり精選卵重（g）	11.4	11.8	14.3	12.7	12.1
交尾雌蛾1頭当たり正常卵数（粒）	353	327	361	349	320

※：対健蛹数

差が認められた。また，80%区が次に高く，70%区との間に有意差が認められた。産卵成績については，正常卵蛾歩合，供試雌幼虫当たり正常卵重量，および交尾雌蛾当たり正常卵数のいずれにおいても75%区が最も優れ，それに77.5%区が続くという結果となった。

第二回目の試験成績を第3表に示した。この試験も，使用品種，飼料組成，試験方法等は前回と同じであったが，飼料のロットは前回とは異なるものであった。なお，この試験では名目水分率70，72.5，75，及び77.5%について比較した。

飼料の実測水分率は前回と同様，名目水分率より1.5～2.0%高かった。この試験ではいずれの区も飼料

第３表　第２回目の試験成績

名目水分率（%）	70.0	72.5	75.0	77.5
実測水分率（%）	71.5±0.1	74.3±0.1	77.0±0.1	79.0±0.1
５齢飼料食下量（g）	12.8	14.3	15.8	17.5
基本蚕数	295	298	291	293
５齢日数（日・時）	7・07	7・07	7・07	7・07
全齢日数（日・時）	28・06	28・06	28・06	28・06
雌健蛹数	149	150	148	134
雄健蛹数	97	105	106	112
化蛹歩合（%）	83.4	85.6	87.3	84.0
繭重（g）	1.38	1.47	1.46	1.42
繭層重（g）	0.325	0.347	0.351	0.340
繭層歩合（%）	23.5	23.6	24.0	23.9
雌発蛾数	122	138	139	114
雌発蛾歩合※（%）	81.9	91.4	93.9	85.1
雄発蛾数	91	98	102	106
雄発蛾歩合※（%）	93.8	93.3	96.2	94.6
雌交尾蛾数	116	129	134	108
雌交尾蛾歩合※（%）	77.9	86.0	90.5	80.6
正常卵蛾数	42	54	58	41
供試雌幼虫当たり正常卵蛾歩合（%）	23.5	30.8	34.2	25.7
供試雌幼虫100頭当たり精選卵重（g）	10.6	12.8	14.1	11.1
交尾雌蛾1頭当たり正常卵数（粒）	357	380	389	361

※：対健蛹数

を少し残して上蔟した。化蛹歩合には処理間の有意差は認められなかった。繭重は70%区が他の区に比較してやや軽かった。この試験では前回1991年の試験に比較して飼料摂食量当りの繭重が軽かったが，これには飼料のロットが変わったことが影響していると思われる。雌発蛾歩合は75%区が最も高く，70および77.5%区との間に有意差が認められ，72.5%区がこれに続き，70%区との間に有意差が認められた。雄発蛾歩合には有意差は認められなかった。雌交尾蛾歩合も75%区が最も高く，70および77.5%区との間に有意差が認められた。産卵成績については，正常卵蛾歩合，供試雌幼虫当たり正常卵重量，および交尾雌蛾当たり正常卵数のいずれにおいても75%区が最も優れ，それに72.5%区が続くという結果となり，やはり

75%区が最も良い成績であった。

考　察

試験の結果から，供試したクロレラを含む組成の人工飼料では，制限給餌の条件においても5齢用飼料の名目水分率が75%の場合に産卵成績が最良となることが確認された。人工飼料の水分は少ないほど輸送コストや給餌労力の点から有利であるが，今回の試験では70%区の産卵成績は75%区と比較してかなり劣るものであった。著者は異なる組成や飽食育の条件でも，5齢用飼料の名目水分率が75%の時産卵成績が最良となるという結果を得ているので，蚕種製造を目的とした全齢人工飼料育では5齢用飼料の名目水分は75%を目安にするのが良いと思われる。

摘　要

原々種の全齢人工飼料飼育において，5齢期の飼料水分率と産卵成績との関係についてクロレラ粉末を含む組成の飼料を用いて2回の試験を行った。その結果，粉体に対する水分率が75%の場合に最も産卵成績が良く，72.5%，或いは77.5%がそれに続く成績となった。飼料の粉体は約8%の水分を含んでいたので，調製した人工飼料の実際の水分率は粉体に対する水分率より1.5～2.0%高かった。

引用文献

1）田中幸夫（1992）原蚕の全齢人工飼料育に関する研究（2）5齢用飼料へのセルロース粉末の添加が産卵成績に及ぼす影響について．蚕研彙報，(40) 27-32.
2）田中幸夫・須藤光正（1995）原蚕の全齢人工飼料育に関する研究（3）5齢末期の20-ヒドロキシエクダイソン投与が産卵成績におよぼす影響．蚕研彙報，(43) 35-40.
3）加藤清正・新倉克己・中水流操・滝澤寛三（1984）原蚕の人工飼料育における4～5齢期の給餌量の多少が蚕の成育，繭の計量形質並びに産卵性に及ぼす影響．蚕試彙報，(121) 69-79.
4）田中幸夫（1988）原蚕の全齢人工飼料育に関する研究（1）産卵成績を最良とする給餌量について．蚕研彙報，(36) 1-9.
5）石居進（1975）生物統計学入門，90-93，培風館，東京.

Summary

Silkworms eat most of their diet during the final larval instar. Hence, the quality of the artificial diet for the final instar is very important to ensure good egg laying. Rearing experiments were carried out two times to find out the optimum water content of the artificial diet for egg laying. A Japanese variety "T" was used for the experiments. The water percentages of the diets examined at the fifth larval instar were 70, 72.5, 75, 77.5, and 80%. These percentages were the values calculated from the weights of added water and diet powder.

In both experiments, the water content of 75% gave the best egg laying results. The contents 72.5 and 77.5% showed the second or the third best result. The actual water contents of the source artificial diet powder and cooked diets were measured by the drying method. The powder contained water of about 8% of its weight. The actual amounts of the cooked diets were, therefore, about 2% higher than the calculated values.

カイコ休眠卵の2年間保存
第2報　－5℃，0℃に冷蔵した休眠卵の低温要求性

代田丈志

蚕業技術研究所

TAKESHI SHIROTA: Two-year preservation of diapausing eggs of the silkworm, *Bombyx mori*. (II) Suppression of a diapause development in cold storage at −5℃ and 0℃.

緒　言

休眠卵の2年間保存法を確立する目的で技術開発を行う中で，前報[1]において－30℃から5℃の範囲で休眠卵の孵化能力を長期間維持する至適温度は－5℃と0℃であると結論した。そこで，本試験は－5℃と0℃に冷蔵した休眠卵の低温要求性の変化を調査したので，その概要を報告する。本文に入るに先立ち，本稿をご高閲頂いた蚕業技術研究所長井上元博士にお礼申し上げる。

材料と方法

供試した蚕種：朝・日×東・海のF_2卵をばら種台紙に産下させ，25℃で37日保護した後，産卵台紙から洗い落とした。調査サンプルの粒数は300粒とした。休眠卵の保存環境は作業を行うときを除き暗条件とし保存容器内の湿度を75%に保った[2]。

休眠卵の保持：試験に用いた温度は－5℃，0℃および25℃とし，保持日数を0日間，50日間，100日間，150日間，200日間および250日間の各区として，予定の日数に達したものから順次5℃に移動した。卵の異なる温度への移動は低い温度へ移動する場合には中間温度を設けないで直接移動し，高い温度への移動は5℃以上の温度差がない場合には直接移動し，5℃以上の差がある移動について中間温度を5℃間隔で1日間設けた。

低温要求性の調査：予定の保持日数に達した卵を5℃に0日，20日，40日，60日，80日間の各日数に冷蔵させた後25℃で催青した。なお，試験に用いた冷蔵庫は－5℃冷蔵には日本フリーザー社製のNPA-396s機，0℃と5℃では直流式の冷蔵室を使用した。25℃保護は恒温機IS800（ヤマト科学株式会社製）を用いた。

結　果

各温度に保持した日数別の孵化率からみた低温要求性を図1に示した。

1）産卵後25℃に37日間保護した直後の休眠卵を5℃に冷蔵した孵化率（図1－a）は，5℃冷蔵0日で0%，20日で1.5%，40日で36.8%，60日で92.4%および80日で97.1%であった。

2）－5℃，0℃および25℃に50日間保持した区の孵化率（図1－b）は，－5℃冷蔵では0日で0%，20日で7.7%，40日で27.4%，60日で87.3%および80日で91.2%であった。一方，0℃冷蔵では5℃冷蔵0日で0.8%，20日で44%，40日で94.6%，60日と80日で95.4%であり，また，25℃保護では，5℃冷蔵0日と20日で0%，40日で10.1%，60日で65.5%，80日で90.3%の孵化率であった。このように，各温度に50日間保持した孵化率は全ての温度区で右肩上がりの傾きを示し，最大孵化率は5℃冷蔵の80日で得られた。

3）－5℃，0℃および25℃に100日間保持した区の孵化率（図1－c）は－5℃冷蔵では0日で0.4%，20

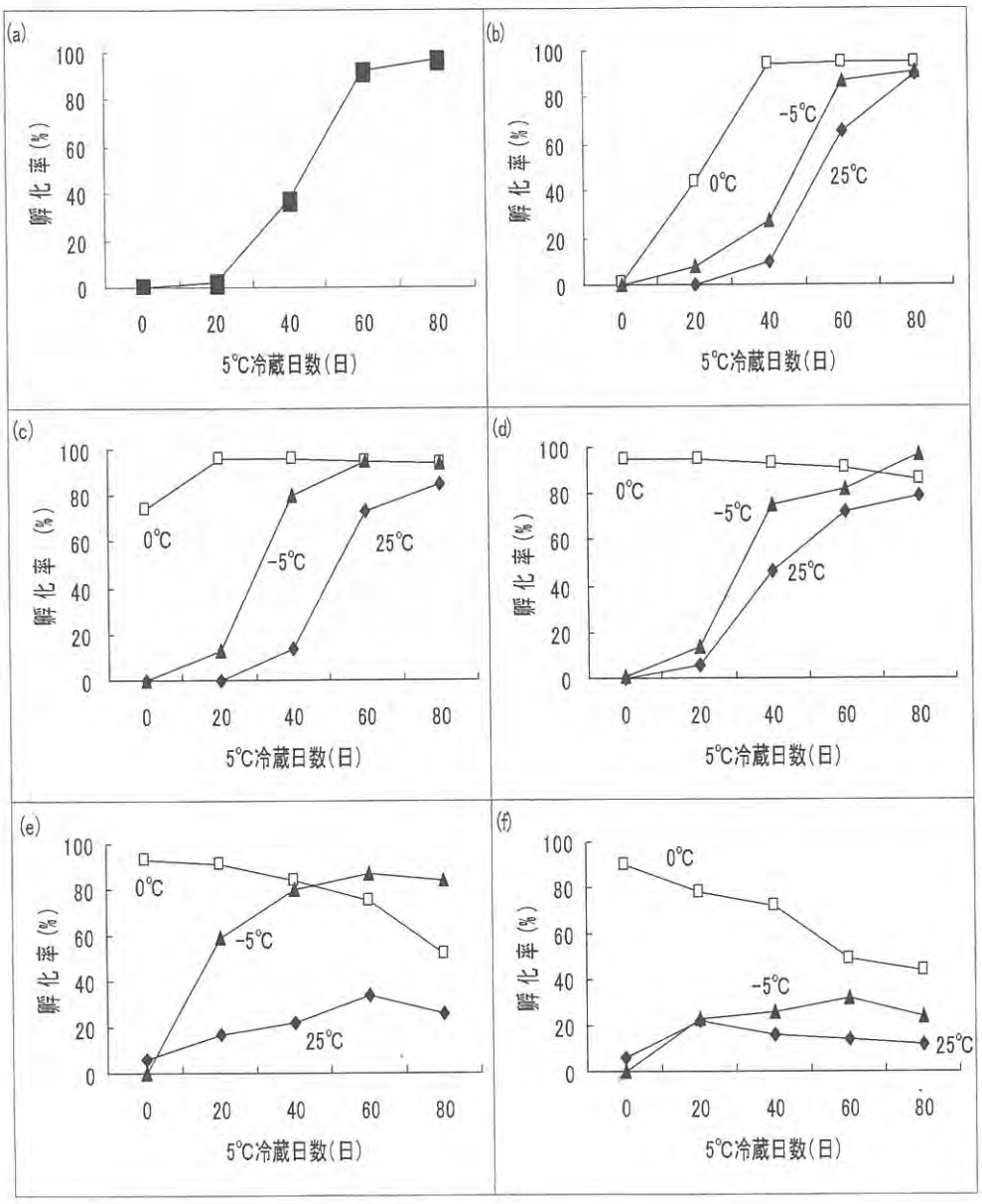

図１、蚕休眠卵を－５℃，０℃および25℃に保持した日数と低温要求性

図１－a：高温保護直後に５℃に冷蔵した日数と孵化率．図１－b：高温保護の後に－５℃，０℃と25℃に50日間保持し，５℃に冷蔵した日数と孵化率．図１－c：高温保護の後各温度に100日間保持し，５℃に冷蔵した日数と孵化率．図１－d：高温保護の後各温度に150日間保持し，５℃に冷蔵した日数と孵化率．図１－e：高温保護の後各温度に200日間保持し，５℃に冷蔵した日数と孵化率．図１－f：高温保護の後各温度に250日間保持し，５℃に冷蔵した日数と孵化率．

日で12.5%，40日で80%，60日で95%，80日で94.2%であった。一方，0℃冷蔵では0日で74.5%，20日で96%，40日で95.8%，60日で95.5%，80日で93.9%の孵化率であり，また，25℃保護で0日と20日で0%，40日で14.3%，60日で73.5%，80日で84.9%の孵化率が得られた。このように，各温度に100日間保持した区の孵化率は－5℃冷蔵と25℃保護で右肩上がりの孵化傾向を示したのに対し，0℃冷蔵卵では5℃冷蔵日数が0日から74.5%と高い孵化率を示した。

4）－5℃，0℃および25℃に150日間保持した区の孵化率（図1－d）は，－5℃冷蔵卵では0日で0.8%，20日で14%，40日で75.6%，60日で82%，80日で97.2%であった。一方，0℃冷蔵卵では0日で94.8%，20日で94.6%，40日で93%，60日で91.1%，80日で86.5%の値を示し，25℃保護では0日で0%，20日で6.1%，40日で46.2%，60日で72.4%，80日で79.4%であった。このように，各温度に150日間保持した孵化率は25℃保護と－5℃冷蔵で右肩上がりの傾向を示したが，25℃保護した孵化率の最高値が5℃冷蔵80日の79.4%であり孵化能力に低下がみられた。0℃冷蔵では各5℃冷蔵日数で高い孵化率を維持していた。

5）－5℃，0℃および25℃に200日間保持した区の孵化率（図1－e）は，－5℃冷蔵では0日0%，20日で58.6%，40日で79.8%，60日で89.6%および80日で84.4%であった。一方，0℃冷蔵卵では0日93.1%，20日で90.6%，40日で84.4%，60日で75.1%および80日で52.5%となり，また，25℃保護の5℃冷蔵0日の孵化率が6.4%，20日で17.3%，40日で21.8%，60日で34.1%，80日で26%となった。このように，200日間区の孵化率は－5℃では右肩上がりを維持しているが孵化率の低下が認められ，0℃では5℃冷蔵日数0日で孵化が高く5℃冷蔵日数が長くなるにつれ低下し，25℃保護では孵化率が最高値で34.1%と低下が著しく保持した各温度でその傾向が異なった。

6）－5℃，0℃および25℃に250日間保持した区の孵化率（図1－f）は，－5℃冷蔵では0日で0%，20日で22.9%，40日で26.3%，60日で32%および80日で24.4%であった。一方，0℃冷蔵では0日で90.5%，20日で78.5%，40日で72%，60日で49.3%および80日で44.5%であり，また，25℃保護では0日で6.2%，20日で21.6%，40日で16.5%，60日で14%および80日で21.4%であった。保持期間が最も長い250日間区は，－5℃冷蔵の孵化率が200間区の25℃保護とほぼ同様の孵化率まで低下し，0℃冷蔵では5℃冷蔵が0日の孵化率が高く冷蔵日数が長くなるに従い低下する右肩下がりが一層強くなり，25℃保護卵の孵化率においては200日間保持区よりさらに低下した。

考　察

－5℃に冷蔵した休眠卵は二酸化炭素排出量が少ない状態で保持され[3]，全ての冷蔵日数で5℃冷蔵が長くなるにつれ孵化率が向上する右肩上がりを維持していることから低温（5℃）に一定期間接触しないと孵化能力を持たない状態であることがわかる。つまり，低温要求性を維持した状態で冷蔵されていると考えられる。0℃に冷蔵した休眠卵は各保持区の5℃冷蔵日数0日の孵化率をみると50日間保持区が0.8%，100日間保持区が74.5%，150日間保持区が94.8%，200日間保持区が93.1%と保持日数が長くなるにしたがい高くなっている。このことは，0℃に長期間冷蔵した休眠卵ではsamui蛋白遺伝子が発現し，ソルビトール脱水素酵素遺伝子の発現が抑制された状態まで休眠生理が進行し[4]胚子の発育においてもわずかに進むだけで核分裂は起こってはいない[5]が孵化能力を獲得しているものと考えられる。25℃で保護し続けた休眠卵は，100日間保持区までは低温要求性を維持した状態であるが150日間保持区で低温接触が短期間であっても孵化能力を持ち始め，200日間保持区では孵化率の低下が顕著であった。渡辺[6]は越年卵を25℃～27℃中に長期間連続して置かれると大部分は死卵となり，産卵を死滅させる日数は材料により一定ではないが約190日間以上であり，90日間以内であると孵化への影響が少ないとしている。また，産卵後の高温（25℃）に30日間～90日間保護した産卵は低温に長期間接触せねば越年性を脱しない傾向があり，産卵後の高温保護に20日間～60日間保護した冷蔵卵は孵化率の良好な期間すなわち冷蔵有効期間が長い[7]ことから2年間保存に用いる高温保護日数においてもこの期間に有益性があると考えられる。また，50日間，100日間，150日間の各区において－5℃，0℃に冷蔵および25℃に保持された卵が5℃冷蔵により最も早く孵化率が高くなる保持温度は0℃で25℃が最も遅かった。これに比べて－5℃冷蔵は，両者の中間であった

が孵化率の変動する傾向では25℃保護に近似していた。しかし，－５℃冷蔵と25℃保護の温度が休眠卵に働きかける影響とそれに対する卵の反応は異なっているのではないかと考えられ今後の研究が待たれる。

以上の結果から，休眠卵は－５℃冷蔵では低温要求性を維持され，０℃冷蔵では冷蔵期間が長くなるにつれ低温を必要としない生理状態にまで発育すること，また，－５℃，０℃，25℃に連続して保持すると200日前後から孵化率が低下することが明らかになった。

摘　要

休眠卵の２年間保存に用いるための冷蔵温度－５℃と０℃に冷蔵した休眠卵の休眠発達の違いを調査する目的で，25℃に37日間保護した休眠卵を－５℃，０℃，25℃に一定期間保持し，各温度の低温要求性を調査した結果，－５℃冷蔵では低温要求性が持続され，０℃冷蔵では冷蔵期間が長くなるにしたがい孵化能力を得るための低温を必要としない状態まで発育することが判明した。

引用文献

1）代田丈志（2005）カイコ休眠卵の２年間保存，第１報　冷蔵温度の検索．蚕糸会研報，52，17-22.

2）代田丈志・阿相敏雄（2000）冷蔵湿度が蚕卵の重量及び孵化歩合におよぼす影響．蚕研彙報，48，49-53.

3）鈴木廣吉（1916）蚕卵の呼吸特に炭酸ガス発生量について．蚕試報，２，(4) 287-312.

4）Moribe, Y., Shirota, T., Kamba, M., Niimi, T., Yamashita, O. And Yagimuma, T. (2002) Differential expression of the two cold-inducible genes, Samui and sorbitol dehydrogenase, in *Bombyx* diapause eggs exposed to low temperatures. Journal Insect Biotechnology and Sericology 71, 167-171.

5）高見丈夫・戸谷和夫・杉山八郎・北沢敏男・神田俊男（1966）後休眠期初期における家蚕の胚発育，特に核分裂との関係．蚕試報，20，57-69.

6）渡辺勘次（1931）蚕卵が其産付後遭遇する温度と越年現象との関係について．蚕試彙，41，16-30.

7）沓掛久雄（1952）家蚕卵の保護に関する研究．鐘淵紡績株式会社蚕業試験所，3-35.

常習違作農家における2種多角体病ウイルスの分布特性と消石灰水の利用によるウイルス病抑制効果

野澤瑞佳・代田丈志

蚕業技術研究所

MITSUYOSHI NOZAWA and TAKESHI SHIROTA: Distributional traits of two-polyhedrosis viruses, BmNPV and BmCPV, and effective control of these viruses by spraying with slaked lime, Ca $(OH)_2$, solution in a sericultural farm with unstable crops.

緒　言

カイコ核多角体病ウイルス（*Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus, BmNPV）は，バキュロウイルス科に属する複鎖DNAウイルスで[1,2]，古くから繭の生産に被害を及ぼしてきた昆虫ウイルスの一種である。このウイルスは以前から内部汚染繭の発生原因として知られており[3-11]，近年でも晩秋蚕期の繭作柄に深刻な被害を与えている[12]。

一方，カイコ細胞質多角体病ウイルス（*Bombyx mori* cypovirus, BmCPV）は，レオウイルス科に属する複鎖RNAウイルスで[1,13]，宿主の範囲が広く，複数種の鱗翅目に感染する[14]。このウイルス病による作柄被害は近年少ないが，養蚕農家での発生事例は過去に報告があり[15-18]，常習違作農家では多発しやすいウイルス病である。細胞質多角体病の特徴はカイコの幼虫期にみられる著しい発育遅延であり，養蚕農家におけるこのウイルス病の発生は，繭の生産性に大きく影響する。

日本国内では，これらのウイルス病を防ぐため，養蚕関連施設や蚕具類の消毒にこれまでホルマリンが使用されてきた。しかし，ホルマリンは近年，その有害性から社会的な利用規制が進められており，養蚕現場での利用継続は困難な状況になりつつある。そのため，ホルマリンの使用量を減らしながら，繭の生産性を向上するためには，代替消毒剤や補助消毒剤（消石灰水[19,20]，二酸化塩素[21]，次亜塩素酸カルシウム[22]，次亜塩素酸ナトリウム[23]，消石灰水と塩化ベンザルコニウムおよびグルタールアルデヒドの混用液[24-26]等）の利用を推進することが必要である。これまで検討されてきた各種消毒剤のうち，水酸化カルシウムを主成分とする消石灰水は多角体（ウイルスが形成するタンパク質の結晶）を溶解する性質をもち，さらに多角体中に包埋されたウイルス粒子も崩壊させる作用がある[27,28]。加えて，消石灰は安価な資材であり，安全性の面からみても養蚕農家へ普及しやすい資材の一つとなっている。

この消石灰水を利用した多角体病ウイルスへの防疫効果を実証し，養蚕農家への利用を推進することが本研究の目的である。著者らは，1999年の晩秋蚕期に2種の多角体病で違作をした養蚕農家の作柄を回復するために，両ウイルスの分布傾向を詳細に調べ，養蚕農家への防疫指導と消石灰水の利用によるウイルス防除を行ってきた。その結果，ホルマリンの使用量と濃度を上げることなく繭の生産量と品質を改善することができたので報告する。

本文に入るに先立ち，本稿のご校閲を賜った（財）大日本蚕糸会 蚕業技術研究所の井上　元博士に感謝の意を表する。また，本研究にご協力いただいた蚕業技術研究所前所長の村上　毅博士，土浦地域農業改良普及センターの高橋和男主査，茨城県農業総合センターの大山寿志主任研究員ならびに小林則夫主任，繰糸検定にご協力いただいた蚕糸科学研究所の清水重人上席研究員，黒川トシミ主任技師，岡島正章研究員，井上アヤならびに天方美帆両技師補の各氏に対し厚くお礼を申し上げる。なお，本研究は大日本蚕糸会 貞明皇后蚕糸記念科学技術研究助成（平成12～15年度）によって実施されたものである。

材料と方法

1．養蚕農家

核多角体病と細胞質多角体病の併発により，1999年の初秋蚕期と晩秋蚕期に深刻な違作を生じた常習違作農家を調査対象とした。この養蚕農家における両ウイルスの存在は，すでに茨城県の調査により確認されていた。1999年の年間掃き立て箱数は32箱であり，当時の労働構成は50代の男女が各1名，70代の女性が1名，上族期に女性の労働者を1～2名雇う構成であった。蚕病に対する防疫手段は，2％ホルマリンにアリバンドを加えた水溶液を動力噴霧器で養蚕施設内（中蚕室，壮蚕室，貯桑室および上族室，Fig. 1）へ散布する方法を採用しており，施設周辺土壌への散布は行われていなかった。飼育中の防疫対策は，主に消石灰の粉末を蚕室内の床に撒く方法がとられていた。1999～2003年に配蚕されたカイコの品種は，春蚕期が“春嶺×鐘月”，夏，初秋，晩秋および晩々秋蚕期は“錦秋×鐘和”であり，いずれも稚蚕共同飼育所で人工飼料育または桑育された2齢眠期または3齢眠期のカイコが配蚕されていた。

2．多角体病ウイルスの分布調査

防疫対策を検討するために，2000年の夏蚕期～晩々秋蚕期にかけて，2種の多角体病ウイルスの分布状況を調査した。夏，初秋および晩々秋蚕期の配蚕前，4～5齢期および上族後に，Fig. 1に示した塵埃採

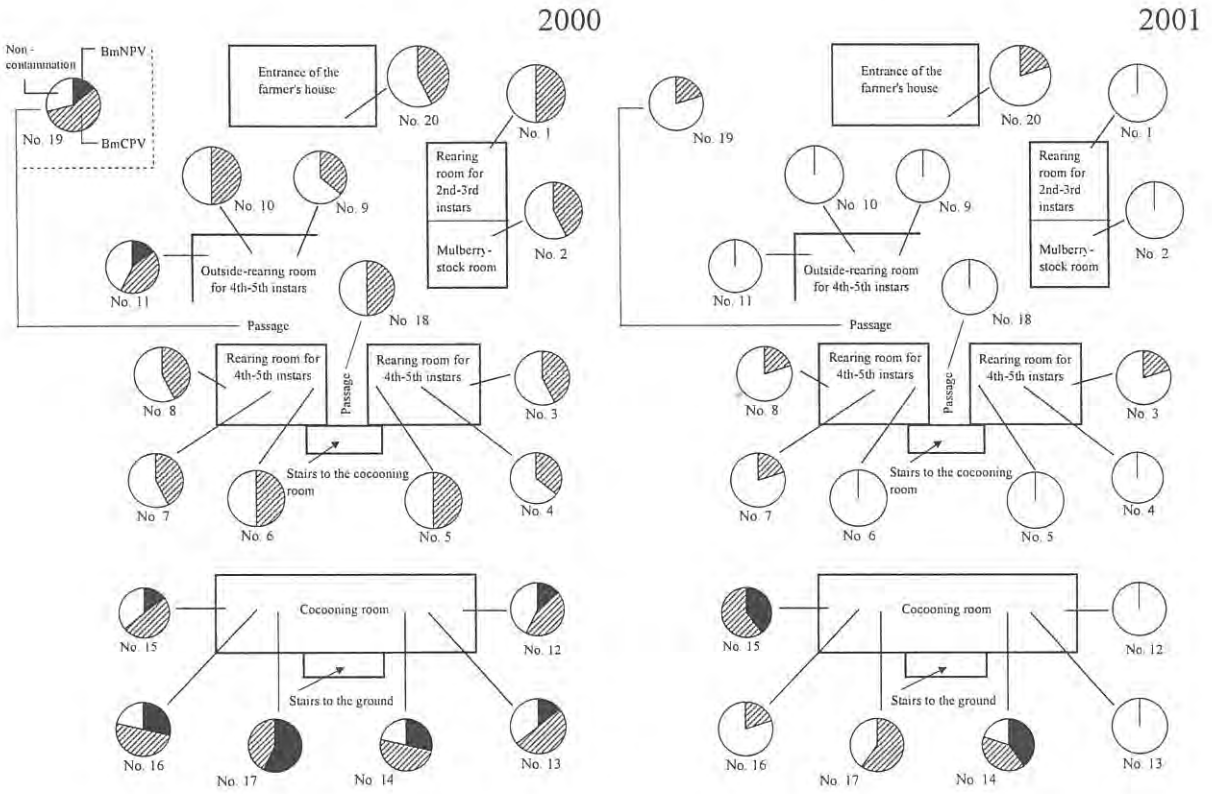

Fig. 1 Distributional traits and relative contamination rate (RCR) of two-polyhedrosis viruses, BmNPV and BmCPV, in a sericultural farm. Circular graphs showing RCR were described based on data in Appendix 1.

集地点から，消毒可能な塵埃採取器具を使用して，養蚕施設とその周辺の20か所から塵埃または土壌を採取し，生物検定法でウイルスを検出した。すなわち，塵埃試料 1 g に25 mM ピロリン酸ナトリウム水溶液を加えて10%浮遊液（w/v）を作り，これを24時間 5 ℃に静置した後に，その上清を人工飼料（2 cm×4 cm×0.5 cm，“くわのはな” 2 齢用，群馬県稚蚕人工飼料センター製）の表面に塗布して，2 齢初日のカイコ（n=20）に24時間摂食させた。その後，清浄な人工飼料に切替えて飼育を継続した。試験開始から 7 日目に蚕病の有無で核多角体病を判定し，9 日目に幼虫の中腸皮膜組織を検鏡して細胞質多角体病を判定した。

年間を通してウイルスに汚染されやすい場所を特定し，その汚染されやすい場所から他の塵埃採集地点が相対的にどの程度ウイルスに汚染されやすいかを簡易な方法で示すため，塵埃添食試験の結果を次のように表した。すなわち，生物検定により核多角体病の幼虫が出現し，塵埃中に BmNPV の存在が確認された場合，または細胞質多角体病で幼虫が 1 頭でも死亡した場合には，“＋” として “2” を与えた。生物検定から 9 日目まで幼虫が生存し，中腸の組織に細胞質多角体が認められた場合には，“±” として “1” を与えた。9 日間の観察において，2 種の多角体病の存在が全く確認されない場合には “－” として “0” を与えた。このような点数化により，年間を通して汚染されやすい場所を特定し，相対的な汚染状況を調べた。同様の調査を2001年度も実施し，消石灰水の散布による防疫対策の効果を調べた（Appendix 1）。

3．消石灰の希釈濃度と pH の関係およびそれらの経時的安定性の測定

消石灰水の pH とその経時的安定性を確認するために，5 段階濃度（0.05%，0.1%，0.5%，1.0%および5.0%（w/v））の消石灰水（アルカリ成分70.0%消石灰，エクセル・パル社製）を調製し，各濃度の pH 値を10分，30分，60分および24時間後に測定（n＝7）した。各時間に得られた各消石灰水の pH 値を比較した（Tukey の多重比較検定，$\alpha=0.05$）。さらに，pH 値の安定性を示すため，溶液の調製から10分後と24時間後の pH 値を比較した（Wilcoxon の符号付き順位検定，$\alpha=0.05$）。

4．消石灰水によるウイルス消毒効果の判定

5 段階濃度（0.05%，0.1%，0.5%，1.0%および5.0%（w/v））に調製した消石灰水を25℃で 1 時間静置した後に，BmNPV ならびに BmCPV の多角体を，それぞれ終濃度が10^7多角体／ml となるように混合し，25℃で15分，30分および60分間の浸漬処理を行った。このウイルス処理溶液を人工飼料（シルクメイト，日本農産工業社製）1 g に 1 ml の割合で混入し，カイコの孵化幼虫に24時間摂食させたのち，清浄な人工飼料に切替えて飼育した。供試蚕品種は “ひたち×にしき” とし，各区10頭の 2 連制で試験を行った。試験中の環境条件は，25℃，16L-8D とした。

消石灰水のウイルス消毒効果は次のように判定した。すなわち，BmNPV の場合では，生物検定開始から 7 日目までの総発病頭数にもとづいて消毒効果を判定した。BmCPV の場合では，生物検定開始から 9 日目に幼虫の中腸皮膜組織を検鏡し，多角体形成の有無にもとづいて消毒効果を判定した。

5．防疫対策の実施

多角体病ウイルスの分布傾向にもとづいて2001年度の防疫対策を実施した。BmNPV は上蔟室に分布する傾向が認められたので，蔟器の組み立ては，カイコが配送されるに前に済ませるようにした。さらに，調査農家では壮蚕室の 2 階に上蔟室が位置しているために，収繭直後の清掃作業は BmNPV を階下の蚕室へ拡散する一因と判断し，簡易に済ませるように指示を与え，徹底した清掃作業は消毒後に行うように指導した。BmCPV は，養蚕施設の広い範囲に分布する傾向が認められたので，2 種の多角体病ウイルスに消毒効果が認められた0.5%消石灰水の散布消毒を毎蚕期の配蚕前に行った。散布箇所は養蚕施設の土壌表面，貯桑室，屋外壮蚕室など，ホルマリンによる散布消毒が不十分な場所とした。また，調査農家では除沙網の消毒が行われていなかったので，消石灰水による浸漬消毒を行った。なお，各蚕期のホルマリン使用量は従来通りであり，濃度は変更していない。

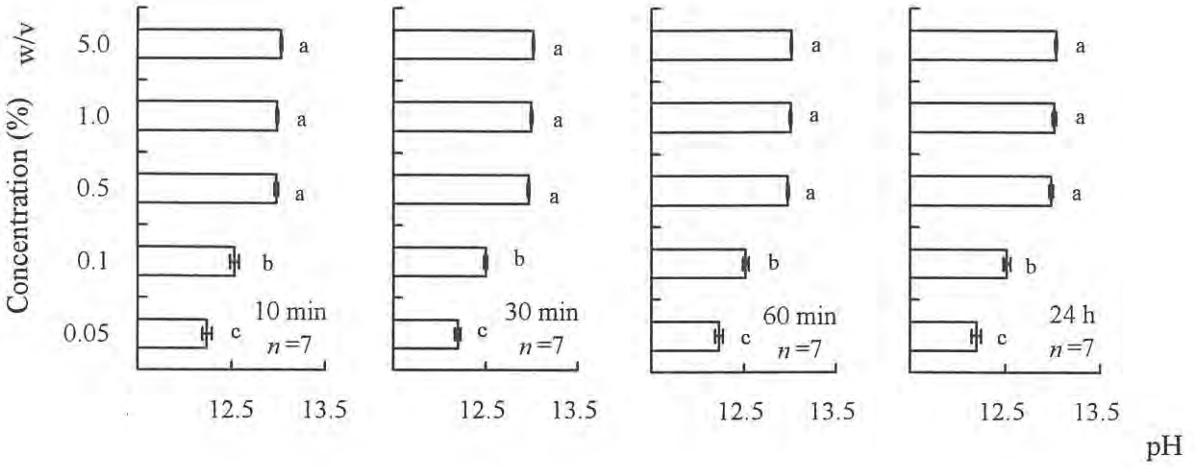

Fig. 2 The pH value of slaked lime, Ca $(OH)_2$, solution at five concentrations in four intervals. Lines on bars indicate standard error of means. Different letters beside bars represent significant difference (Tukey test, $p<0.05$).

6．内部汚染繭の発生調査

核多角体病による内部汚染繭の発生状況を知るために，2002年の春蚕期から2003年の晩秋蚕期にかけて，各蚕期の繭を無作為に500粒採集し，内部汚染繭の発生率と罹病率を調査した。内部汚染繭の罹病判定は，Buffalo Black 12B で染色される多角体の検出[29]で行った[12, 30]。

7．養蚕成績の調査

収繭量の資料は，土浦地域農業改良普及センターから入手した。一箱あたりの配蚕頭数を20,000頭に換算して，各蚕期の収繭量を補正した。各蚕期の単繭重は繭500粒の平均1粒重として表した。さらに繭の品質を確認するために繰糸検定を行い，各蚕期の繭糸長，繭糸量，繭糸繊度，解じょ糸長，解じょ糸量，解じょ率，生糸歩合および歩掛を調査した。

結　果

常習違作農家の養蚕関連施設とその周辺から検出された多角体病ウイルス（BmNPV および BmCPV）の分布傾向を Fig. 1 に示した。2000年の調査結果は防疫対応前のウイルス分布であり，2001年の調査結果は防疫対応後のウイルス分布を示している。2000年の調査から，BmNPV は上蔟室を中心とした局所的な分布傾向を示すのに対し，BmCPV は養蚕施設の広い範囲に分布する，いわば散在的な分布傾向を示していた。

両ウイルスにみられるこのような分布傾向の差異にもとづいて消石灰水の効果的な使用条件を検討するために，市販の消石灰粉末（アルカリ成分70%）の希釈濃度と pH の関係，およびそれらの経時的安定性を評価した。5段階の希釈濃度（0.05%，0.1%，0.5%，1.0%および5.0%（w/v））について，溶液調製から各経過時間の pH 値を測定した結果，0.1%と0.5%消石灰水の間で常に有意な差が認められた（Fig. 2）。また，いずれの消石灰水濃度でも，溶液調製から10分後と24時間後の pH 値に有意な差が無いことから，消石灰水の事前調製は可能と判断された（Table 1）。次に，消石灰水の希釈濃度と2種の多角体病ウイルスの消毒効果の関係を調べた結果，BmNPV は0.5%以上の消石灰水で15分以上の浸漬処理により完全に消毒されるが，BmCPV はいずれの消石灰濃度においても完全に消毒されることはなかった（Table 2）。

Table 1. The pH stability of slaked lime, Ca $(OH)_2$, solution

Time after dissolution	Concentration (%) and pH[a,b]				
	0.05	0.1	0.5	1.0	5.0
10 min	12.24 ± 0.05 a	12.53 ± 0.05 a	12.98 ± 0.02 a	12.99 ± 0.01 a	13.03 ± 0.01 a
24 h	12.20 ± 0.05 a	12.52 ± 0.04 a	12.99 ± 0.02 a	13.02 ± 0.02 a	13.04 ± 0.01 a

[a] Mean ±SE (n=7).
[b] Means followed by same letters in column are not significantly different (Wilcoxon's signed-ranks test, p>0.05).

Table 2. Disinfection of two-polyhedrosis viruses under various concentrations of slaked line, Ca $(OH)_2$, solusion

Virus[a]	Treatment (min)[b]	n[c]	Concentration (%)[d] of slaked lime solution and number of larvae died[e] or infected [f](number of larvae remained)					
			0	0.05	0.1	0.5	1.0	5.0
BmNPV	15	10	10 10	9 6	1 4	0 0	0 0	0 0
	30	10	10 10	3 4	0 2	0 0	0 0	0 0
	60	10	10 10	7 6	0 2	0 0	0 0	0 0
BmCPV	15	10	10 (10) 10 (10)	3 (10) 6 (10)	5 (10) 3 (10)	5 (10) 4 (10)	4 (10) 5 (10)	5 (10) 4 (10)
	30	10	10 (10) 10 (10)	3 (10) 5 (10)	5 (10) 5 (10)	4 (10) 3 (10)	2 (10) 4 (10)	5 (10) 4 (10)
	60	10	10 (10) 10 (10)	2 (10) 4 (10)	6 (10) 3 (10)	5 (10) 6 (10)	4 (10) 4 (10)	2 (10) 5 (10)

[a] Final concentration of viral polyhedra was 10^7 PIBs / ml.
[b] Room temperature treatment.
[c] Number of first-instar larvae tested (two replications).
[d] Weight / volume.
[e] The number of larvae that had died from nucleopolyhedrosis was counted on the seventh day after the oral inoculation of viral polyhedra.
[f] All larvae were dissected, and formation of BmCPV polyhedra in midgut cells was confirmed on the ninth day after the oral inoculation of viral polyhedra.

しかしながら，消石灰無処理の対照区に比べて半数以上の幼虫は BmCPV に未感染であり，消石灰水の消毒効果は認められた（Table 2）。

BmNPV を完全に消毒する0.5%消石灰水を農家へ導入し，すでに材料と方法で述べたいくつかの防疫改善点を農家で採用した結果，2001年のウイルス汚染は大幅に改善された（Fig. 1）。しかし，BmNPV は上蔟室に，BmCPV は養蚕施設の一帯にそれぞれ分布するという傾向は，2000年の調査と同様の傾向であり，消毒法と作業手順の変更を加えても，両ウイルスの分布傾向は変わらなかった。つまり，この養蚕農

家における2種の多角体病ウイルスの分布傾向には普遍性が認められた。

農家の収繭量は，防疫対策の導入以降次第に改善し，安定した（Table 3)。年間総収繭量は，2001年度635.8 kg／20箱，2002年度734.4 kg／24箱，2003年度926.3 kg／28箱（いずれの年度も一箱20,000粒換算とした）まで回復し，農家も作柄の改善に応じて年間掃立て箱数を増やしていた。さらに単繭重をみると，春蚕期の繭は例年2gを越え，夏蚕期の繭が2003年に2gを越えた。初秋蚕期の繭は1.54～1.84gの範囲であり，その他の蚕期に比べて軽い傾向にあった。晩秋蚕期の繭は2002年に2.09g，2003年に1.78gであった（Table 4)。核多角体病による内部汚染繭の発生は，2002年の春蚕期以降みられなくなり，核多角体病による繭への被害もなくなった（Table 5)。

このように改善した養蚕農家の繭品質を詳しく調べるために，2002年と2003年度に繰糸検定を行った（Table 6)。2002年の検定成績は，繭糸長1,292-1,327（m)，繭糸量30.8-42.9（cg)，繭糸繊度2.10-2.95（d)，解じょ糸長702-1,085（m)，解じょ糸量21.2-38.5（cg)，解じょ率68.9-89.8（%)，生糸歩合18.81-20.06（%）および歩掛78.1-81.6（%）の範囲であった。2003年の検定成績は，繭糸長1,108-1,407（m)，繭糸量33.1-41.8（cg)，繭糸繊度2.47-2.76（d)，解じょ糸長988-1,210（m)，解じょ糸量29.5-37.0（cg)，解じょ率78.2-89.2（%)，生糸歩合18.56-20.62（%）および歩掛78.6-83.5（%）の範囲であった。

以上の結果は，常習違作農家で発生した2種類の多角体病ウイルスを適切な方法で防除したことにより，繭の作柄と品質が改善されたことを示している。

Table 3. Recovery process of cocoon yields at investigated farm since the drastical reduction of silkworms by BmNPV and BmCPV in later autumn season of 1999

Year	Cocoon yield (kg) per box unit and (numer of boxes purchased) each season[a, b, c]				
	Spring	Summer	Early autumn	Late autum	Later autumn
1999	32.6 (8.0)	26.4 (6.0)	16.0 (5.0)	4.9 (8.0)	0.6 (5.0)
2000	—[d]	32.6 (5.0)	29.6 (5.0)	—	25.2 (6.0)
2001	40.2 (3.0)	33.7 (6.0)	27.2 (5.0)	—	29.5 (6.0)
2002	35.2 (7.0)	24.9 (6.0)	24.4 (5.0)	36.1 (6.0)	—
2003	34.6 (7.0)	30.2 (6.0)	33.9 (5.0)	32.7 (6.0)	34.3 (4.0)

[a] Box: a small case containg aproximately 20,000 eggs of the silkworm. This amount is a basic-box unit, but largely differs from 20,000-30,000 eggs among prefectures of Japan.

[b] Cocoon yields were recaluculated to express as weight / basic-box unit.

[c] A silkworm variety, "Shunrei × Shogetsu", was reared in spring season, and "Kinshu × Showa", was reared in summer, early-, late-, and later autumn seasons.

[d] Silkworms were not reared.

Table 4. Seasonal comparison of cocoon weight during two years

Year	Mean weight of silkworm cocoons (g)[a]			
	Spring	Summer	Early autumn	Late autumn
2002	2.18	1.83	1.54	2.09
2003	2.02	2.04	1.84	1.78

[a] Estimated from 500 cocoons.

Table 5. Two-year observation of nucleopolyhedrosis damage in silkworm cocoons after introduction of 0.5% slaked lime solution to the investigated farm since 2001

Year	Occurrence (%) of dead cocoons and (% nucleopolyhedrosis) each season [a, b]			
	Spring	Summer	Early autumn	Late autumn
2002	0.6 (0.0)	1.8 (0.0)	5.6 (0.0)	0.4 (0.0)
2003	1.6 (0.0)	0.6 (0.0)	5.0 (0.0)	0.0 (0.0)

[a] 500 randomly sampled cocoons were examined each season.
[b] BmNPV polyhedral inclusion bodies were detected by Buffalo Black 12B-staining.

Table 6. Estimation of cocoon qualities by reeling test in 2002 and 2003

Year and season[a]	Cocoon filament					Reelability (%)	Raw silk (%)	Raw silk of cocoon shell (%)
	Length (m)	Weight (cg)	Size (d)	Unbroken filament length (m)	Unbroken filament weight (cg)			
2002								
Spring	1,312	42.9	2.95	702	38.5	89.8	20.06	80.9
Summer	1,327	35.8	2.43	946	25.5	71.3	19.05	78.1
Early autumn	1,320	30.8	2.10	909	21.2	68.9	19.34	81.6
Late autumn	1,292	39.5	2.75	1,085	33.2	84.0	18.81	80.0
2003								
Spring	1,291	38.8	2.71	1,110	33.4	86.0	19.13	79.7
Summer	1,366	41.8	2.76	1,210	37.0	88.6	20.47	82.2
Early autumn	1,407	38.6	2.47	1,100	30.2	78.2	20.62	83.5
Late autumn	1,108	33.1	2.69	988	29.5	89.2	18.56	78.6

[a] Silkworm varieties in each season were, "Shunrei × Shogetsu" in spring season, and "Kinshu × Showa" in summer, early-, and late autumn seasons.

考　察

2種類の多角体病ウイルスで違作をした養蚕農家の繭作柄を改善するために，まず両ウイルスの分布状況を詳細に調べ，その後，ウイルスの分布傾向に則した防疫対策を実践することで，繭の作柄と品質を改善することができた。改善点のポイントは，ウイルスの分布傾向に則した消石灰水の利用と作業手順の変更にあったと考えられる。

調査を行った常習違作農家では，2種類の多角体病（核多角体病と細胞質多角体病）が併発しており，深刻な状況にあった。茨城県が1999年に調べた結果では，初秋蚕期から作柄が不良となり始め，同年の晩々

秋蚕期には，5箱の飼育で3kgの収繭量という結果であった（Table 3）。この状況は，ウイルス病による壊滅的な違作であり，養蚕の継続が危惧されていた。従来のホルマリン消毒では効果が上がらないという状況下で，新たな防疫手段の投入により作柄の回復が望まれていた。著者らは，多角体病ウイルスに効果のある消石灰水を農家へ導入することにより，ウイルス防除を試みた。そのために必要な視点は，農家で発生した2種類の多角体病ウイルスについて分布傾向を把握することと，農家で使用する消石灰粉末の希釈濃度とウイルス防除に効果を示す最適濃度を明確にすることであった。

調査農家において2種類の多角体多病ウイルスの分布傾向を詳細に調べたところ，BmNPVは上蔟室から検出される傾向にあり，その他の場所として，屋外壮蚕室の1か所（No. 11）や通路の1か所（No. 19）からも検出されていた。屋外壮蚕室は上蔟時期に塾蚕分離装置が置かれる場所であり，通路は熟蚕を上蔟室へ運びこむ際に通過する場所である。上蔟室と屋外壮蚕室は熟蚕が集まる点で共通性があり，この検出傾向は，調査農家の5齢上蔟期に核多角体病が多発しやすいことを示唆しているようである。調査農家では，BmNPVが上蔟室を中心として分布する傾向にあるため，カイコの飼育中は上蔟室への出入りを禁じ，回転蔟の組み立て作業を配蚕前に終了して，部屋を密閉するように農家へ指示を与えた。さらに，収繭直後における上蔟室内の清掃は，BmNPVを階下へ拡散する一因となるので，なるべく簡易に済ませて，徹底的な清掃は消毒終了後に行うように指示を与えた。このような情報提供を行った結果，農家自身も上蔟室に専用の履物を用意するようになり，防疫に対する意識が向上した。これらの防疫措置は，蚕室の2階に上蔟室があるこの養蚕施設において重要な変更であったと考えられ，消石灰水の導入以来，内部汚染繭の核多角体病率は0％となっている（Table 5）。

一方，BmCPVは中蚕室（No. 1）や貯桑場（No. 2），母屋の玄関前（No. 20）などにも広く拡散しており，養蚕施設の広い範囲がウイルスに汚染されていた（Fig. 1）。これは，蚕糞とともにウイルスが排泄されるBmCPVの特徴であり[31, 32]，施設の広い範囲を消毒することがこのウイルス病の防除に必要である。従来から蚕病防除に利用されてきたホルマリン水溶液を土壌に散布することは，環境への負荷低減を目標とする近代農業では好ましくない。さらに，カイコに病原性を示す各種ウイルスのうち，BmCPVはホルマリンに耐性である[22]と報告されている。このような理由から，0.5%消石灰水の散布は，BmCPVの発生をともなう違作農家において，適切な防疫手段であったと考えられる。今回行われた室内試験では，0.5%消石灰水によるBmCPVの消毒効果は完全とはいえないが，一定の効果は認められた（Table 2）。この0.5%消石灰水を養蚕関連施設とその周辺土壌へ散布を続けた結果，農家のウイルス汚染は改善され，その後の蚕期において細胞質多角体病の発生は抑制された。しかしながら，室内試験の結果にみられるように，BmCPVに対する不完全な消毒効果は，ウイルス粒子の崩壊作用がBmNPVに比べて弱いという可能性と，ウイルス粒子の感染力がBmNPVに比べて強いという可能性を示唆しており，細胞質多角体病の発生していたこの養蚕農家では，今後ともBmCPVを標的としたウイルス防除を継続する必要がある。

この常習違作農家の作柄改善経過を報告することで，違作農家の作柄改善には，戸別の養蚕農家におけるウイルス動態の把握と利用する消毒資材の効能評価，そして農家への情報提供によるウイルス防除の意識向上が必要であることを強調する。しかしながら，養蚕農家のウイルス動態を戸別に評価することは，今回の例を除き現実的な取り組みとはいえず，むしろ，養蚕農家に共通したウイルス動態の特長を抽出し，その共通点に対して，消石灰水のように安価で効果的な防除資材を利用するように農家へ助言を与えることが今後の方策と考えられる。今回の調査から養蚕農家の上蔟室にBmNPVが蓄積する傾向も示唆されており，今後，この傾向に普遍性があるならば，養蚕農家のBmNPV対策に役立つ知見と考えられる。

摘　要

1999年の晩々秋蚕期に，2種類の多角体病ウイルス（BmNPVとBmCPV）で違作をした養蚕農家が茨城県の八郷町に発生した。この農家の作柄を回復するために，まず両ウイルスの分布傾向を詳細に調べ，次に消石灰水を利用した消毒法を導入するために，その使用条件を検討した。

この養蚕農家では，上蔟室からBmNPVが検出される傾向にあり，BmCPVは土壌表面を含む養蚕施設一帯に広く拡散する傾向が認められた。室内試験により消石灰水の消毒条件を調べた結果，0.5%濃度が

いずれのウイルスに対しても有効と判断された。以上の知見にもとづいて養蚕農家の防疫対策を検討し，消石灰水によるウイルス防除を実践した結果，２種多角体病の発生は次第に抑制され，農家の収繭量と繭の品質は改善した。この良好な成果はその後も継続し，農家の多角体病被害は消失した。

Summary

In later autumn of 1999, a sericultural farm located in Yasato, Ibaraki, Japan, suffered from a serious damage to cocoon yields caused by two-polyhedrosis viruses, BmNPV and BmCPV. The prefectural survey of Ibaraki at that time showed that the cocoon yield at this farm was 0.6 kg/box. To overcome the unstable crop of the devastated farm, distributional traits of the polyhedrosis viruses were investigated by dust-feeding bioassays during the sericultural season of 2000, and optimal use of slaked lime solution was also studied in the laboratory to promote the use of alternative disinfectants. At this farm, BmNPV was frequently detected in the cocooning room, while BmCPV dispersed widely around the farming area. The results of this investigation strongly suggested that BmNPV should be aggressively controlled in the cocooning room, while BmCPV should be disinfected widely on the farm. Slaked lime solution (0.5%) showed sufficient disinfection to control the two-polyhedrosis viruses in the laboratory studies. Spray practice of 0.5% slaked lime solution was conducted at the farm before the start of each season. In addition, some devices for labor practices in the cocooning room after the cocoon harvest were also established. These attempts resulted in suppression of the polyhedroses, and recovery of cocoon yields and quality. These favorable results were continued, and ultimately, polyhedrosis damage was eradicated from the sericultural farm.

引用文献

1）Tanada, Y. and Kaya, H. K. (1993) "Insect pathology", 666 pp. Academic Press, Inc., San Diego.

2）川瀬茂実（1990）カイコの核多角体病ウイルス，最近の研究を中心に．日蚕雑，**59**，387-401.

3）石井正市・深瀬悦男・池田　登・松田礼治郎・山川隆平（1975）不結繭蚕・繭中へい蚕の防除技術確立に関する試験．山形蚕試要報，**12**，69-93.

4）関　宏夫（1981）核多角体病と繭中へい蚕の発生について（1）内部汚染繭および揚り繭における病原検索．山梨蚕試要報，**20**，82-87.

5）清水孝夫・小森三郎（1981）内部汚染繭からの蚕病病原検索と病原の耐熱性について．日蚕雑，**50**，355-358.

6）山口邦友（1981）製糸過程で除去された内部汚染繭調査．埼玉蚕試研報，**54**，46-48.

7）野口洋子・小林公幸（1982）農家における死ごもり繭発生の実態調査．埼玉蚕試研報，**55**，110-112.

8）須見典昭・遠藤　弘・北島和子（1982）上蔟後に多発する蔟中死蚕及び繭中死蚕の原因究明調査研究（昭和56年）．徳島蚕試要報，**3**，52-61.

9）吉原常男・酒井英卿・宮川正通（1982）新潟県における内部汚染繭の発生実態．新潟蚕試要報，**21**，35-38.

10）倉島秀雄・加藤郁夫・斉藤惣治・中山忠三・宮島成寿（1983）愛知県における内部汚染繭の実態．愛知農総試研報，**15**，327-333.

11）蛯原富男・富田健夫・池上隆文（1984）内部汚染繭の発生要因解明と防除に関する試験．茨城蚕試報，**38**，1-34.

12）野澤瑞佳（2004）核多角体病による内部汚染繭の発生とその季節的変遷．蚕糸会研報，**52**，1-9.

13）Hayashi, Y. and Kawase, S. (1964) Base pairing in ribonucleic acid extracted from the cytoplasmic polyhedra of the silkworm. Virology, **23**, 611-614.

14）Tanaka, S. (1971) Cross transmission of cytoplasmic polyhedrosis viruses. In the cytoplasmic-polyhedrosis virus of the silkworm (Aruga, H. and Tanada, Y. eds.), pp. 201-207, University of Tokyo Press, Tokyo.

15）齊藤忠一・山口孝根（1960）家蚕の軟化病に関する研究，第１報，主として中腸型多角体病に関する研究．群馬蚕試報，**36**，1-79.

16) 大場治男・川船利広（1961）家蚕の軟化病に関する研究（1）農家に発生した軟化病蚕の部類調査およびその防除．長野蚕試報，**63**，1-59.

17) 荒武義信・柏村鶴雄（1974）熊本県下の養蚕農家における蚕病発生の実態と作柄との関係．蚕試彙報，**99**，53-66.

18) 荒川昭弘（1994）家蚕ウイルス病の早期診断法ならびに細胞質多角体病の疫学的研究．福島蚕試研報，**27**，1-84.

19) 山崎　寿・山田たけを・小林あつ子（1966）石灰乳による蚕の伝染性軟化病（F）ウイルスの不活化．日蚕雑，**35**，158-160.

20) 栢村鶴雄・荒武義信（1977）消石灰乳の蚕病病原に対する不活化効果について．蚕糸研究，**102**，45-53.

21) Balavavenkatasubbaiah, M., Ananthalakshmi, K. V. V., Selvakumar, T., Nataraju, B. and Datta, R. K. (1999) Chlorine dioxide, a new disinfectant in sericulture. Indian J. Seric., **38**, 125-130.

22) 清水孝夫（1983）家蚕の各種ウイルス病発生に関する疫学的研究．長野蚕試報，**72**，1-122.

23) Ignoffo. C. M. and Dutky, S. R. (1963) The effect of sodium hypochlorite on the viability and infectivity of *Bacillus* and *Beauveria* spores and cabbage looper nuclear-polyhedrosis virus. J. Insect Pathol., **5**, 422-426.

24) 森田芳昭・国見裕久（1979）無刺戟性殺菌剤の開発に関する研究，第1報，Glutaraldehyde の蚕病病原に対する失活効果ならびに Benzalkonium chloride，石灰水との混用効果．東京蚕試要報，**13**，41-55.

25) 森田芳昭・国見裕久（1983）消石灰乳および GBV 剤混用液の蚕病病原に対する不活化効果．東京蚕試要報，**17**，30-35.

26) 国見裕久・森田芳昭・本林　隆（1985）消石灰水および殺菌剤混用液の蚕病病原に対する消毒効果．東京蚕試要報，**19**，39-50.

27) 岩下嘉光・周　垂欽（1988）消石灰液による核多角体の溶解とウイルス粒子の不活化．日蚕雑，**57**，511-518.

28) 周　垂欽・中垣雅雄・滝澤和也・津田英利・梶浦善太・武井隆三・岩下嘉光（1999）消石灰液によるカイコ核多角体病ウイルス（NPV）の不活化について．日蚕雑，**68**，201-207.

29) Evans, H. and Shapiro, M. (1997) Viruses. In Manual of techniques in insect pathology (Lacey, L. A. ed), pp. 17-53. Academic press, Inc., San Diego.

30) Arakawa, T. and Nozawa, M. (2005) A sensitive bioassay for nucleopolyhedrovirus using silkworms, *Bombyx mori* L., previously treated with a chitin synthesis inhibitor. Appl. Entomol. Zool. **40**, 105-111.

31) 古田要二（1963）細胞質多角体病蚕の排泄した糞によるウイルス感染．蚕糸研究，**48**，30-34.

32) 渡部　仁（1968）細胞質多角体を食下した蚕における糞の起病性．日蚕雑，**37**，385-389.

Appendix 1. Frequency of viral appearance from dust sampling points and caluculations of RCR

Site No.[a]	Sericultural season in 2000												Sum[g]	RCR
	Summer						Early autumn						Late autumn							
	I[b]		II[c]		III[d]		I		II		III		I		II		III			
	N[e]	C[f]	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C		
1	−	−	−	−	−	±	−	+	−	+	−	±	−	−	−	−	−	±	7	50.0
2	−	−	−	±	−	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	6	42.9
3	−	−	−	−	−	±	−	+	−	+	−	−	−	−	−	±	−	−	6	42.9
4	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	5	35.7
5	−	−	−	−	−	−	−	+	−	+	−	−	−	±	−	−	−	±	6	42.9
6	−	−	−	±	−	−	−	+	−	+	−	±	−	−	−	−	−	±	7	50.0
7	−	−	−	±	−	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	6	42.9
8	−	−	−	±	−	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	6	42.9
9	−	−	−	±	−	−	−	+	−	±	−	−	−	−	−	−	−	±	5	35.7
10	−	−	−	−	−	±	−	+	−	+	−	−	−	−	−	±	−	±	7	50.0
11	−	−	−	−	−	±	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	+	±	8	57.1
12	−	−	−	±	+	−	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	8	57.1
13	−	−	−	±	+	+	−	±	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	9	64.3
14	−	−	−	−	+	±	−	+	−	+	+	±	−	−	−	−	−	±	11	78.6
15	−	−	−	−	+	±	−	+	−	+	−	±	−	−	−	−	−	±	9	64.3
16	−	−	−	−	+	±	−	+	−	±	+	±	−	−	−	±	−	±	11	78.6
17	−	−	−	−	+	±	−	+	+	+	+	−	−	−	−	−	+	±	14	100
18	−	−	−	−	−	±	−	+	−	+	−	−	−	±	−	−	−	±	7	50.0
19	−	−	−	±	−	±	−	+	−	+	+	±	−	−	−	−	−	±	10	71.4
20	−	−	−	−	−	±	−	+	−	+	−	−	−	−	−	−	−	±	6	42.9

[a] Dust-sampling point. (See Fig. 1)
[b] Dust sampling before the season.
[c] Dust sampling during the season.
[d] Dust sampling immediately after the cocoon harvest.
[e] *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus, BmNPV.
[f] *Bombyx mori* cypovirus, BmCPV.
[g] Three scores, "0", "1", and "2", were given to the three marks, "−", "±", and "+", respectively, and relative values of each sum from site No. 17 were calculated. These values were shown as relative ratios of the viral contamination, i.e, relative-contamination rate (RCR), in Fig. 1. The three marks indicate: (−) No sympton of the viral diseases. (±) BmCPV polyhedra were formed in midgut cells of silkworm larvae without death. (+) Larval death dy target viruses.

Continued

Site No.[a]	Sericultural season in 2001																		Sum[g]	RCR
	Spring						Summer						Early autumn						Late autumn							
	I[b]		II[c]		III[d]		I		II		III		I		II		III		I		II		III			
	N[e]	C[f]	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C		
1	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
2	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
3	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	20
4	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
5	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	20
6	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
7	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
8	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	20
9	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
10	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
11	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
12	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	20
13	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	0	0
14	−	−	−	−	+	±	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	4	80
15	−	−	−	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	+	−	−	−	−	−	−	−	−	−	5	100
16	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	20
17	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	3	60
18	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	+	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	3	60
19	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	1	20
20	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	±	−	±	−	−	−	−	−	−	−	−	2	40

[a] Dust-sampling point. (See Fig. 1)
[b] Dust sampling before the season.
[c] Dust sampling during the season.
[d] Dust sampling immediately after the cocoon harvest.
[e] *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus, BmNPV.
[f] *Bombyx mori* cypovirus, BmCPV.
[g] Three scores, "0", "1", and "2", were given to the three marks, "−", "±", and "+", respectively, and relative values of each sum from site No. 15 were calculated. These values were shown as relative ratios of the viral contamination, i.e., relative-contamination rate (RCR), in Fig. 1. The three marks indicate: (−) No sympton of the viral diseases. (±) BmCPV polyhedra were formed in midgut cells of silkworm larvae without death. (+) Larval death dy target viruses.

クエン酸を架橋剤とした綿布へのセリシン固定加工とその織物特性

栗岡富士江・栗岡　聡・青木　昭・塩崎英樹

蚕糸科学研究所

FUJIE KURIOKA, AKIRA KURIOKA, AKIRA AOKI and HIDEKI SHIOZAKI : Fixation of sericin on cotton fabric via crosslinking with citric acid and characteristics of the treated fabrics

緒　言

セリシンは，絹織物の製造過程で精練により溶解，除去される。しかし，従来のアルカリ剤や石鹸等を使った絹の精練法では，熱やアルカリによるセリシンの加水分解や精練残液中の薬剤除去等の問題があり，精練残液中のセリシンの回収を困難にしていた。近年，セリシンの有用な機能が明らかにされつつある背景のもとに，セリシンの回収技術[1, 2]と有効利用に関する研究・開発が行われている。

一方，有機酸を用いても絹の精練効果は高いことが知られていることから[3]，著者らは精練効果や安全性，コスト性，さらには精練残液の有効利用等の視点から，生糸の精練剤としてクエン酸を見出すとともに，クエン酸精練で得られるセリシン・クエン酸混合の精練残液は繊維加工剤として活用できることを報告している[4]。さらに，クエン酸のカルボキシル基は，綿セルロースや絹フィブロインのアルコール性水酸基とエステル結合により架橋結合することから[5, 6]，セリン残基が豊富なセリシンは，クエン酸を介して綿布へ固定されると考えられた[4]。また，ノンホルマリン加工として検討されたクエン酸等のポリカルボン酸を用いた綿布の改質加工は，防しわ性が向上する一方で，黄変や引裂強さの低下が指摘されている[5, 7]。そこで，クエン酸を用いた綿布の改質加工で生じる引裂強さの低下や黄変を改善し，防しわ性，吸水性などの綿布の性能向上を図るため，クエン酸を架橋剤として綿布へのセリシン固定加工を行った。さらに，加工綿布のセリシン固定量，引裂強さ，防しわ性，および吸水性について検討するとともに，セリシン加工の実用的効果の視点から，セリシン加工綿布の洗濯試験による固定セリシンの洗濯耐久性について検討した。

本文に入るに先立ち，材料の提供と作製にそれぞれご協力いただいた蚕糸科学研究所山崎昌良博士，大島紬技術指導センター山下宜良氏，赤外スペクトルの測定にご協力いただいた（独）農業生物資源研究所宮澤光博博士，ならびに寺本英敏氏に深く感謝の意を表する。

材料と方法

材料

供試した綿布は，非イオン界面活性剤ノイゲン HC（1.5 g/l，第一工業製薬）を用いて，浴比 1 ：40，90℃で30分間の糊抜き処理後，水洗，風燥した綿白布（JIS L0803，経糸20 tex，緯糸16 tex，糸密度141×135本／5 cm，100 g／m^2）を用いた。

また，供試したセリシンは，高温高圧処理（115℃，30分）で調整した家蚕繭層由来のセリシン溶液をスプレードライ法で粉末化したセリシンを用いた。

加工方法

4種類の濃度のセリシン水溶液（1.5，3，4.5，6％）を調製し，これらにセリシンと同量のクエン酸（和光純薬）と，反応触媒としてクエン酸量の 1/3 量の次亜リン酸ナトリウムを加え，これを加工処理液とした。このセリシン・クエン酸加工処理液（SC と略す）に綿布を浸し，約100％に絞液後，80℃で 5 分

間の予備乾燥，150℃で7分間の熱処理により綿布へのセリシン加工を行った。さらに，処理綿布をノイゲンHCを使用して，浴比1：40，80℃で60分間のソーピングを行い，未反応物を除去した。加工綿布は水洗，風乾し，セリシン水溶液の濃度に基づいたセリシン固定量の異なる4種類の綿布（SC1.5，SC3，SC4.5，SC6）を作製した。また，セリシン加工条件に基づいて，水に浸せき後，絞液，予備乾燥，熱処理を行った綿布を対照区（ブランク）として用いた。

赤外吸収スペクトルの測定

綿布へのセリシンの固定を明らかにするために，赤外吸収スペクトルは，Herschel FT／IR-350フーリエ変換赤外分光光度計（日本分光）を用いてMTR法により測定し，分解能4 cm^{-1}，積算回数64回，波数1200～2000 cm^{-1} のスペクトルを求めた。

アミノ酸分析

セリシン加工綿布10 mgと400 μlの6N塩酸とをアンプル管（14 cm×φ5 mm）に封管後，110℃で24時間加水分解した。加水分解物を遠心乾固し，クエン酸ナトリウム緩衝液（ph 2.2）に溶解後，自動アミノ酸分析計（LC-10A，島津）によるアミノ酸の定量分析を行った。各加工綿布のセリシン固定量は，試験布から任意に採取した3試料の平均値から求めた。

走査型電子顕微鏡（SEM）観察

イオンスパッタリング装置（JFC-1100E，日本電子）を用いて，綿布試料（5 mm×5 mm）に金蒸着を施し，走査型電子顕微鏡（JSM-6100，SEM，日本電子）で綿布のセリシン固定状態を観察した。加速電圧は5 KV，観察倍率は1000倍とした。

白色度と黄色度

JIS Z8751およびASTM（American standard for testing and materials）E313に基づき，分光測色計（CM-508i，ミノルタ）を使用してD_{65}標準光源・10度視野，C標準光源・2度視野の条件でセリシン加工綿布を5カ所測定し，その平均値から白色度指数，黄色度指数を求めた。

引裂強さ

セリシン加工綿布の引裂強さは，JIS L1096シングルタング法により，テンシロン万能試験機（RTM-100，オリエンテック）を用いて測定した。試験片は5 cm×25 cm，引張速度は10 cm／minとした。

防しわ性

セリシン加工綿布の防しわ性は，JIS L1059-1モンサント法で測定した。

吸水性

セリシン加工綿布の吸水性はJIS L1907バイレック法で測定した。

固着セリシンの溶脱試験

生糸の精練法に準じて，セリシン加工綿布は浴比1：80，60分煮沸の条件で，0.5%炭酸ナトリウムによりアルカリ処理し，比較のために同条件で0.5%塩酸による酸処理，水のみによる処理を行った。各処理試料はクーマシーブリリアントブルーR-250（CBB R250と略す，Fluka chemika）で染色し，染色度から固着セリシンの耐久性を調べた。なお，染色と染色布の測色方法は後述のとおりである。

湿式洗濯処理

セリシン加工綿布の洗濯試験はJIS L0217-103法に準じ，洗剤は中性洗剤（ポリオキシエチレンアルキルエーテル19%）を使用して，家庭用二槽式電気洗濯機（VH-360S1，東芝）の標準水流で洗濯－風乾を20回繰り返し行った。

染色と染色布の測色

各加工綿布のセリシンの固定状態を調べるために，加工綿布を0.2%CBB R250で染色した。染色液は40%メタノール／10%酢酸／0.2%CBB R250，染色は浴比1：50，室温で1時間染色後，未吸着のCBB R250を20%メタノール／5%酢酸溶液で洗浄除去し，蒸留水で水洗，風乾した。

染色綿布の測色は，JIS Z8729のL*a*b*表色系に準じ，分光測色計（CM-508i，ミノルタ）を用いて4カ所測定し，その平均値を求めた。

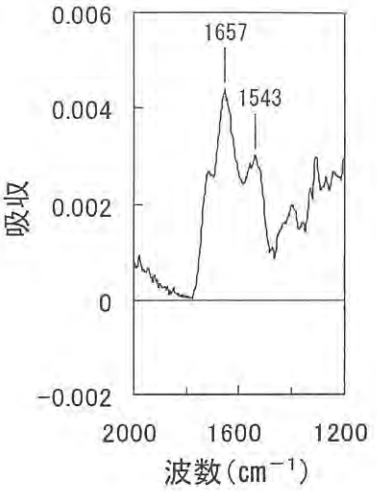

図1．赤外スペクトルによるブランクとSC6との吸収差スペクトル

表1．セリシン加工綿布のアミノ酸組成

アミノ酸	モル濃度（%）			
	SC1.5	SC3	SC4.5	SC6
アスパラギン酸	18.2	18.5	18.7	19.2
スレオニン	7.4	7.8	8.4	8.6
セリン	26.1	27.2	27.9	26.5
グルタミン酸	6.9	6.8	6.3	6.3
グリシン	16.1	16.3	16.8	17.2
アラニン	7.6	7.2	6.2	6.2
バリン	3.7	3.6	3.6	3.6
メチオニン	0.1	0.1	0.1	0.1
イソロイシン	1.3	1.1	0.8	0.8
ロイシン	2.2	1.7	1.3	1.3
チロシン	1.4	1.6	1.8	2.0
フェニルアラニン	0.9	0.7	0.5	0.5
ヒスチジン	2.1	1.5	1.4	1.4
リジン	2.9	3.0	3.1	2.9
アルギニン	3.2	3.2	3.3	3.4
合　計	100.0	100.0	100.0	100.0

結果と考察

赤外吸収スペクトルによる綿布のセリシンの同定

ブランクとSC6の吸収スペクトルを測定し，得られたスペクトルのSC6からブランクの吸収を差し引いた差スペクトルを図1に示す。

タンパク質は，1700〜1500 cm^{-1} の範囲に吸収帯があり，アミドIはおよそ1700〜1600 cm^{-1} に，アミドIIではおよそ1550〜1500 cm^{-1} に吸収帯が現れることが確認されている[8]。SC6には1657 cm^{-1} および1543 cm^{-1} の二つの吸収がみられ，これらはアミドI，IIとほぼ同様の吸収帯を示すことから，セリシンであると考えられ，綿布にセリシンが固定していることが伺える。

加工綿布のセリシン固定量

セリシン加工綿布のアミノ酸分析結果を表1に示す。各加工綿布のアミノ酸組成は，セリン，アスパラギン酸，グリシンの合計が全体の約60%を示し，セリシンの特徴と一致した。これにより，綿布へセリシンが固定されていることが確認された。クエン酸は綿の水酸基をはじめセリシンの塩基性基や水酸基に反応し，セリシンにはセリン残基が最も多いため，クエン酸はセリン残基との反応が主になると考えられる。そして，これらアミノ酸側鎖とクエン酸のエステル結合は，塩酸加水分解時に切断され，元のアミノ酸に戻るものと推察される。

アミノ酸定量値の合計から換算した加工綿布のセリシン固定量を図2に示す。SC濃度によるセリシンの固定量を比較すると，SC1.5に対してそれぞれSC3は約2倍，SC4.5は約4倍，SC6では8倍以上のセリシン固定量を示した。さらに，繊維表面へのセリシンの固定状態を確認するため加工綿布を電子顕微鏡で観察し，その観察写真を図3に示す。SC6の繊維間にはブランク（図3a）には認められない薄膜状の固着物が観察され（図3b，矢印），高濃度処理綿布ほどこの固着物が顕著にみられることから，この固着物は固定したセリシンであると考えられる。

このようなアミノ酸の定性・定量測定，電子顕微鏡観察の結果から，加工により綿布へのセリシンの固

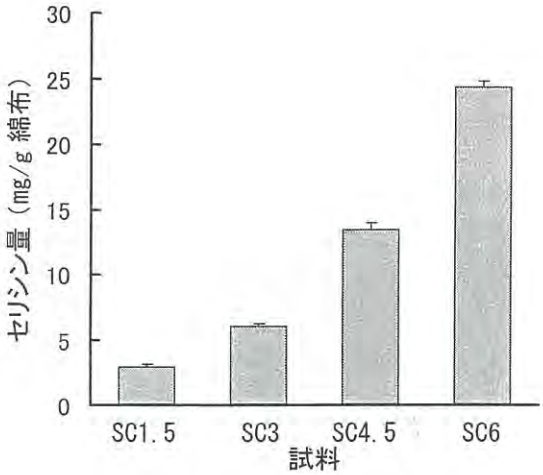

図2．加工綿布のセリシン固定量

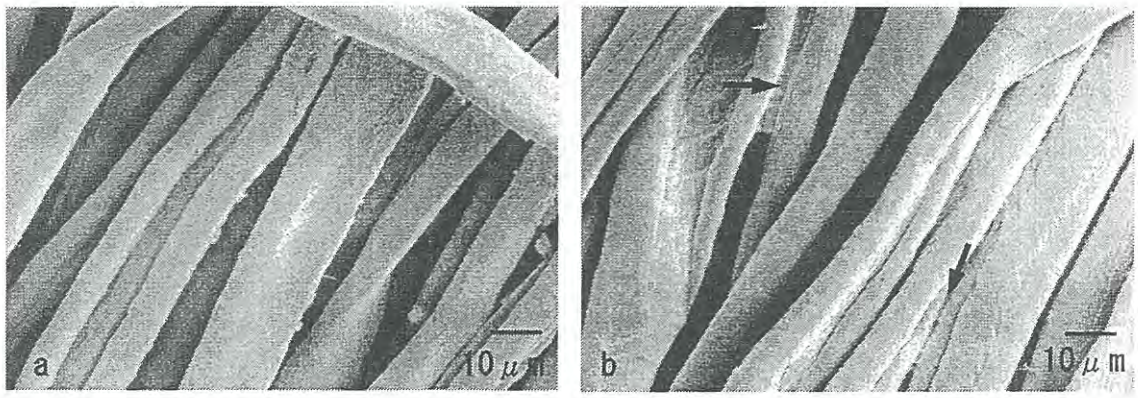

図3．SEM 写真による綿繊維の表面形状
(a) ブランク；(b) SC6；×1000

定が認められ，SC 濃度が高くなるほど綿布へのセリシン固定量の増加傾向を示すのは，高濃度処理に伴って繊維表面や繊維間を被膜するセリシン量が増えたことによるものと推察される。

加工綿布の白色度と黄色度

セリシン加工綿布の測色値から求めた白色度，黄色度を表2に示す。綿布の加工に架橋剤としてクエン酸を用いると綿布の黄変が問題となるが，本加工綿布においてもセリシン・クエン酸処理濃度が高くなるほど白色度の低下とともに黄色度の増加がみられ，特に，SC6 の白色度は未加工綿布に比べて約40%低下した。また，処理濃度の増加に伴う白色度の低下および黄色度の増加は肉眼観察とも一致がみられた。綿は，主に着用と洗濯の繰り返しなど経時変化により白度低下が生じる[9]。一方，クエン酸加工で生じる綿布の黄変の原因は，加工時のキュアリング温度の上昇と共にクエン酸が脱水して cis アコニット酸や trans アコニット酸を形成することにあり[5]，本加工綿布の黄変もこの原因によるものと考えられる。

セリシン加工綿布の引裂強さと防しわ率

クエン酸を用いた綿布の加工では，黄変のほかに引裂強さが低下することが知られているが[7]，本研究

表2．セリシン加工綿布の白色度，黄色度

試料	白色度	黄色度
ブランク	82	2
SC1.5	73	5
SC3	67	6
SC4.5	57	8
SC6	48	11

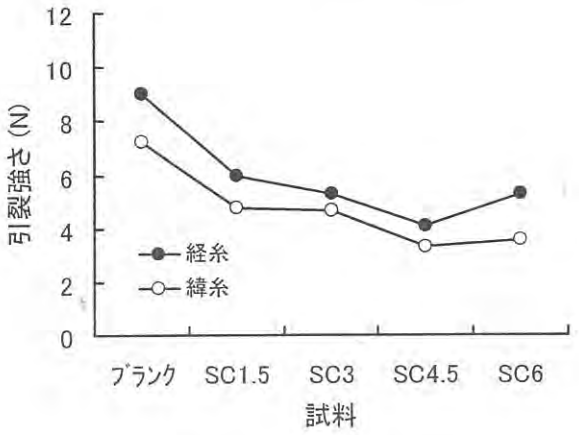

図4．セリシン加工綿布の引裂強さ

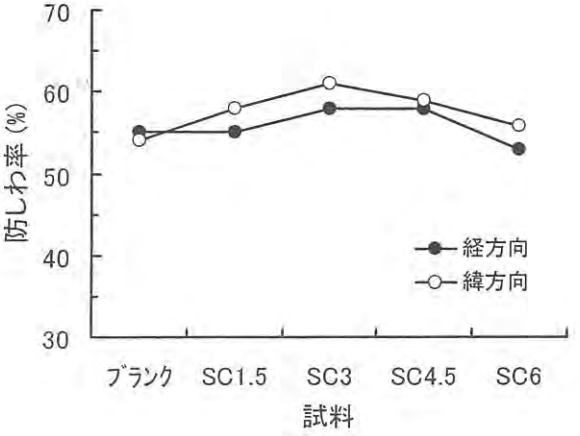

図5．セリシン加工綿布の防しわ率

でのセリシン加工綿布の引裂強さを図4，防しわ率を図5に示す。

SC1.5では経糸，緯糸ともブランクの70%近い強力保持率をもつのに対し，処理濃度の増加に伴い，経糸および緯糸引裂強さが低下する傾向を示した。特に，SC4.5は加工綿布中で最も強力低下が大きく，強力保持率がブランクの50%以下となったが，SC6ではそれ以上低下することなく，強力低下が緩和された。

各加工綿布の引裂強さが低下するのに対し，防しわ率は経方向，緯方向ともブランクよりもわずかに向上し，加工綿布の中ではSC3の防しわ率が最も高かった。SC6はブランクとほぼ同程度の防しわ率となり，加工による防しわ効果は得られなかった。また，経方向と緯方向との比較では，加工処理がどのようなメカニズムで繊維に作用するのか現在では明らかでないが，経方向よりも緯方向に防しわ効果がみられた。

これらの防しわ効果と引裂強さとに関連性が認められたことは，以下の理由によるものと推察した。

クエン酸はセルロース繊維に架橋反応して，繊維の弾力的性能を向上する反面，強力低下を招く。本加工のセリシン共存下においても一部のクエン酸はセルロース分子間に架橋反応し，防しわ性を高める一方，加工綿布の引裂強さを低下させたものと考えられる。しかし，高濃度処理のSC6では，セリシン共存のためクエン酸がセルロース分子間よりも主としてセリン側鎖と結合したことにより，防しわ効果と引裂強さの低下をともに抑制したものと推察される。

高濃度処理布の防しわ効果を高める場合には，セリシンに対するクエン酸の比率をもっと大きくする必要があると考えられる。

セリシン加工綿布の吸水性

セリシン加工綿布のバイレック法による吸水性試験の結果を表3に示す。セリシン加工綿布の吸水性は処理濃度による差はみられなかったが，ブランクに比べて経糸，緯糸方向とも吸い上げ高さが増加した。

表3．セリシン加工綿布の吸水性

試料	吸い上げ高さ（mm）	
	経糸方向	緯糸方向
ブランク	107	95
SC1.5	116	96
SC3	111	99
SC4.5	111	99
SC6	116	91

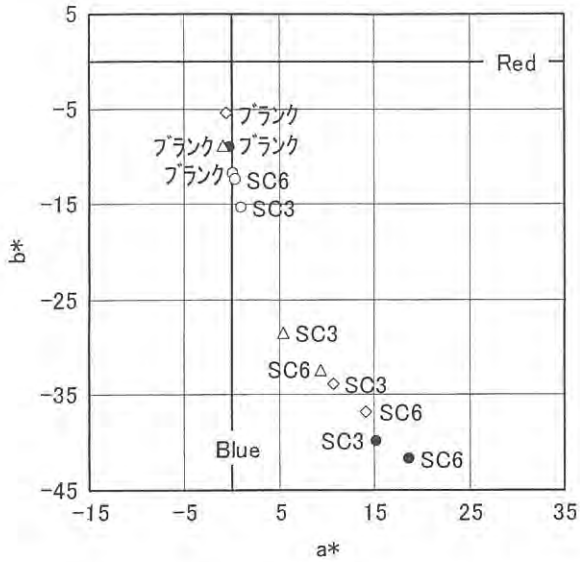

図6．CBB R250染色したセリシン溶脱試験綿布のL*a*b*表色系による色度図
●；未処理，○；0.5%水酸化ナトリウム処理，△；0.5%塩酸処理，◇；水処理

特に，浸漬後3分間の吸水速度が増大し，これは毛細管現象に加え，固定したセリシンによる親水性付与の効果と考えられる。

固着セリシンの溶脱性

クエン酸による綿布や絹布の改質加工では，クエン酸のカルボキシル基は綿セルロースや絹フィブロインのアルコール性水酸基とエステル結合により架橋結合することが報告されている[5, 6]。クエン酸を架橋剤とした本加工では，主としてクエン酸は綿の水酸基やセリシンのセリン残基と反応し，エステル結合によってセリシンが綿布へ固着されると考えられる。このことを確認するためにアルカリと酸，水により各加工綿布を煮沸後，CBB R250の染色度の比較からエステル結合による綿布へのセリシン固定性を検討した。

アルカリ，酸，水処理後にCBB R250染色したブランク，SC3，SC6について測色した結果をL*a*b*表色系の色度図（図6）に示す。綿布の染色に用いたCBB R250は，酸性溶媒中でタンパク質のアミノ基あるいは疎水性部分に結合し，タンパク質は鮮明な青紫色に染色され，染・除去操作を同一条件で行えば，タンパク質の相対的な比較が可能である。このCBB R250染色により，セリシン固定量が多い加工綿布ほど鮮明な青紫色に染色され，−b*値が大きくなる。

アルカリ処理した加工綿布はいずれもブランクの−b*値との差が小さく，加工処理濃度に関係なくセリシンの著しい溶脱が認められた。アルカリ処理によるセリシンの溶脱は主としてセリシン分子鎖の切断，また，セリシンのセリン水酸基とクエン酸との間のエステル結合の切断によるものと考えられる。

一方，酸処理および水処理した各加工綿布にはセリシンの顕著な溶脱はみられなかったことから，水処理ではアルカリ処理時のような切断（裂開）はほとんど生じないことが明らかであり，水処理試料よりも−b*値が小さい塩酸処理では，セリシン分子鎖の切断が生じたものと推察される。これらのことは，本加工におけるセリシンがエステル結合で綿布に固着されていることを示唆するものと考えられる。

表4．CBB R250 染色した未洗濯布と20回洗濯処理布の L*a*b*値

試料	未洗濯布			20 回洗濯処理布			色差
	L*	a *	b*	L*	a *	b*	(ΔE*ab)
ブランク	83.78	−0.25	−7.94	81.97	−0.10	−9.08	2.14
SC1.5	61.34	8.75	−31.65	68.91	4.23	−23.64	11.91
SC3	52.77	13.00	−36.93	62.24	8.16	−29.75	12.83
SC4.5	47.97	16.22	−39.46	56.45	12.02	−34.53	10.67
SC6	44.04	18.86	−41.99	52.77	13.22	−35.34	12.33

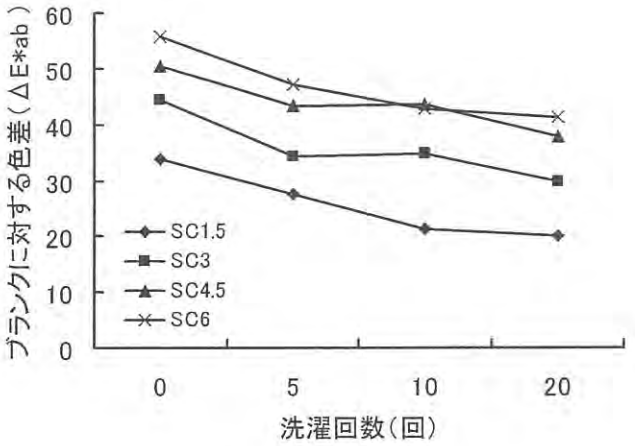

図7．CBB R250 染色した洗濯処理布のブランクに対する L*a*b*表色系の色差

固定セリシンの洗濯耐久性

未洗濯の各加工綿布および20回洗濯処理した各加工綿布の染色時の測色値 L*a*b* 値を表4に，ブランクおよび各加工綿布を洗濯処理後に染色，その測色値の L*a*b* 値から求めたブランクに対する各加工綿布の色差の変化を図7に示す。CBB R250 染色した加工綿布は，鮮明な青紫色に染色され，SC 濃度の増加に伴い−b* 値が大きくなることから，セリシン固定量は高濃度処理ほど増えていることが認められた。また，洗濯によって各加工綿布の−b* 値は減少し，ややくすんだ青紫色になるが，未洗濯の加工綿布と同様に処理濃度が高くなるほどセリシン固定量が多いことを示している。

洗濯による色差の変化（図7）は，各加工綿布とも洗濯回数が増えるほどブランクとの色差が減少し，セリシンの脱落を示すが，20回洗濯処理後もまだ綿布へのセリシン固定が明瞭に確認され，処理濃度が高いほどセリシン残存量が多いことがわかった。前項で述べた固定セリシンの溶脱性の結果と併せて，本加工によるセリシンはクエン酸を介してエステル結合によって綿布に固定されているため，洗濯の繰り返しによりセリシンの一部は脱落するものの固定セリシンが保持されたものと推察される。

以上のことから，セリシンと綿セルロースをクエン酸で架橋化すると，セリシン加工濃度が高くなるほど綿布へのセリシン固定量の増加が認められた。本加工のセリシン共存下でも，加工綿布の白色度の低下と引裂強さ低下の発現は避けられなかったが，防しわ性，吸水性向上の効果を綿布へ付与することができた。また，セリシン加工綿布は，洗濯を20回繰り返しても固定されたセリシンが残留し，セリシン固定の洗濯耐久性の高いことがわかった。

摘　要

綿布の性能向上を目的として，クエン酸を架橋剤としたセリシン固定加工を行った。セリシンとクエン酸の等量混合溶液で処理した加工綿布のセリシン固定量，防しわ性，吸水性，および湿式洗濯処理を20回繰り返し，固定セリシンの洗濯耐久性について調べた。

その結果，赤外吸収スペクトル，アミノ酸分析および染色試験の結果から，綿布にセリシンの固定が確認され，処理液濃度が高くなるほど綿布へのセリシン固定量は増加した。また，セリシン加工綿布は未加工綿布に比べて防しわ性，吸水性が向上し，加工綿布の洗濯回数が増えるほどセリシンは脱落するが，洗濯処理20回後も綿布にセリシンが残留し，高濃度処理液で加工した綿布ほどセリシン残存量が多いことが確認された。

文　献

1）山崎正夫（2004）絹セリシンの回収について．セリシンシンポジウム予稿集，10-14.

2）大津晋三（2004）高分子量「Hi-セリシン」の回収技術．セリシンシンポジウム予稿集，15-17.

3）Gulrajani, M. L., Sethi, S. and Gupta, S. (1992) Some studies in degumming of silk with organic acids. *J. Soc. Dyers Col.*, **108**, 79-86.

4）塩崎英樹・青木　昭・栗岡富士江・勝野盛夫（2001）生糸の酸練りとセリシン廃液の利用．蚕糸会研報，（**49**），41-42.

5）Lu, Y. and Yang, C. Q. (1999) Fabric yellowing caused by citric acid as a crosslinking agent for cotton. *Text. Res. J.*, **69**, 685-390.

6）Yang, Y. and Li. S. (1994) Non-formaldehyde crease-proofing finishing of silk with citric acid. *J. Text. Inst.*, **64**, 638-642.

7）吉川　斌・伏木　徹・吉葉光雄（1999）綿のノンホルマリン加工．繊維加工，**51**，451-467.

8）Miyazawa, T. and Blout, E. R. (1961) The infrared spectra of polypeptides in various conformations: amid I and II bands. *J. Am. Chem. Soc.*, **83**, 712-719.

9）奥山春彦・皆川　基（1990）洗剤・洗浄の事典．p291-297，朝倉書店，東京.

産業用オートクレーブ装置で調製した笹繭セリシン粉末の色相変化

栗岡　聡・栗岡富士江・山崎昌良

蚕糸科学研究所

AKIRA KURIOKA, FUJIE KURIOKA, and MASAYOSHI YAMAZAKI: Color change of Sasamayu sericin powder prepared using an industrial scale autoclave.

緒　言

セリシンは化粧品や健康食品用の素材としても注目されているが、その分子量，溶解性及び色などの物理化学的諸性質は，粉末調製時の温度や圧力の影響を受けて変化し易い。特に，笹繭由来のセリシンには黄緑色のフラボノールが豊富に含まれ，このフラボノール色素が抗酸化作用[1]や抗菌作用[2]などの機能に深く関与しているため，笹繭の用途拡大の観点から笹繭色を損なわない粉末調製法の確立が望まれている。しかし，フラボノール色素の変色を抑制して，有効に機能を発揮する笹繭セリシン粉末を得るための調製法については検討されていない。

本報告では，笹繭の色相に近いセリシン粉末を工業規模で生産することを目的として，まず実験室レベルでセリシン回収率の高い抽出条件の検討を行い，次に産業用の大型オートクレーブ装置を用いて粉末を製造し，得られた粉末の色相変化とスケールアップに伴う問題点を明らかにしたので，その結果について報告する。

材料と方法

繭層試料

笹繭は埼玉県産の「いろどり」繭層（平成16年度春蚕）を使用し，カイコの排泄物により汚染された繭層は選別除去した。生繭の繭層を切開して蛹と脱皮殻を除去した後にプレス処理し，容積を減少させた繭層をセリシン抽出用の試料とした。

セリシン抽出条件の最適化

セリシン抽出効率の高い条件を見出すために，小型オートクレーブ装置（AS-23D，㈱アルプ製，缶体寸法：φ23×深さ43 cm）を用いて，繭層試料から下記に示した温度及び溶媒浴比条件で脱イオン水を用いてセリシンを抽出した。各区を抽出処理した後に，容器内を直ちに常圧に戻し，抽出液温を室温まで冷却した。溶液中の不溶物を濾過し，粉末調製用のセリシン水溶液とした。

セリシン抽出率の高い温度条件を見出すために，溶媒浴比１：50，抽出時間60分間とし，105，115，及び125℃の３試験区でセリシンを抽出した。また，抽出効率の高い溶媒浴比を割り出すため，抽出温度125℃，抽出時間60分間として，浴比１：15，１：20及び１：50の３試験区で抽出処理を行った。セリシン溶解量の多寡は，セリシン抽出後の繭層乾物重量を計り，繭層の練減率から比較した。

乾燥粉末の調製法

セリシン粉末回収率の高い乾燥方法を見出すために，セリシン水溶液を凍結乾燥（FD）法及びスプレードライ（SD）法で処理した。FD法では，セリシン水溶液を－37℃の冷凍庫で予備凍結後，凍結乾燥機（FD-5N，EYELA）を用いて乾燥粉末にした。SD法では，噴霧乾燥機（SD-1000，EYELA）を用いて，

入口温度150℃，出口温度80℃，熱風空気量0.85 m^3/min，噴霧空気量20×10 kPa の噴霧条件で，セリシン水溶液から乾燥粉末を調製した。

大型オートクレーブ装置によるセリシン粉末の製造

セリシン粉末の回収と生産量のスケールアップのため，庫内容積1300 L の産業用大型オートクレーブ装置（㈱三浦工業，S-120）を用いてセリシン抽出を行った。供試繭層は13 kg とし，これに200 L の脱イオン水を投入した。庫内温度及び抽出液温の経時変化は温度センサーを用いて観測した。1時間の抽出処理後，直ちに加温を停止し，庫内に抽出液を放置したまま約10時間かけて庫内と抽出液を自然放冷させた。抽出液（a）を繭層残渣から濾別した後，繭層残渣の抽出残液（b）を，ネル布を用いて手絞りで回収した。a 液と b 液を合併し，濾過した溶液をセリシン水溶液とし，これから FD 法あるいは SD 法のいずれかの方法で乾燥粉末を得た。

セリシン粉末試料の滅菌処理は，食品素材として粉末を利用する場合には不可欠であるため，セリシン水溶液の一部をレトルトパックに分注して充填密封した後，100℃，1時間の滅菌処理を行った。

測色試験

セリシン粉末試料をチャック付ポリ袋（8.5×6 cm）に封入し，分光測色計（CM-508i，ミノルタ）を用いて C 光源／2°視野で分光反射率を測定した。試料の測色は測色位置を換えて3回行った。セリシン粉末の測色結果は，JIS Z8721 に基づく色の3属性，すなわち，色相，明度，彩度によるマンセル表色系で数値化し，系統色名を調べた。対照区として，標準法で調製したセリシン標準粉末を同様の方法で測色した。標準法は，小型オートクレーブ装置を用いた125℃，1時間の抽出法と FD 法の組合せとした。

また，笹繭の生繭繭層表面を分光測色計で測色して，熱処理の影響を受けていない笹繭セリシンの色を数値化した。測色試験は，無作為に抽出した繭層5粒について行った。測色部位は繭層の外層側とし，1粒につき3ヶ所の部位で測色を行った。

ポリフェノールの定量法

セリシン粉末試料のポリフェノール含量はフォリン－デニス法[3]で定量した。標準物質としてケルセチン（Aldrich Chemical Comp.）を用いた。

抗酸化測定法

セリシン粉末試料の抗酸化機能は 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl（DPPH）分光測定法[4]で調べた。DPPH ラジカルの半減に必要な試料濃度（SC50）から試料の抗酸化活性を比較した。

化粧品種別配合成分規格試験

滅菌処理したセリシン粉末試料について，化粧品種別配合成分規格（以下，粧配規と略す）試験を（財）日本食品分析センターに委託して分析した。

粧配規試験では，確認試験，重金属（第2法），ヒ素（第3法，装置 B），乾燥減量及び含量（窒素定量法第2法）の5項目について，医薬部外品原料規格「シルク末」に準じた分析を行った。

微生物試験

食品衛生検査法の微生物試験を（財）日本食品分析センターに委託して分析した。微生物試験では，一般細菌数，大腸菌群，大腸菌群数，大腸菌の4項目について分析した。

表1　抽出温度とセリシン溶解度

温度(℃)	練減率(%)
105	21.2
115	26.1
125	26.4

表2　溶媒浴比とセリシン溶解度

溶媒浴比	練減率(%)
1:15	23.3
1:20	23.5
1:50	25.5

結果と考察

セリシン溶解に及ぼす抽出温度及び溶媒浴比の影響

セリシン練減率に及ぼす抽出温度の影響を調べた結果を表1に示す。115℃及び125℃試験区の練減率はともに約26%であり，両試料間にはセリシン溶解量の差は殆ど認められなかった。一方，抽出温度105℃では練減率が最も低く21.2%であった。

表2に，セリシン溶解に及ぼす溶媒浴比の影響を調べた結果を示す。浴比1：15及び1：20の試験区では練減率は共に約23%とほぼ同等であった。一方，浴比1：50試験区では練減率は25.5%と最も高い値を示した。

以上の結果から，セリシン抽出に適した温度範囲は115℃から125℃，抽出溶媒量は試料重の50倍容が効率的であることを明らかにした。笹繭の練減率は，同条件での白繭（錦秋×鐘和）の練減率よりも高くなる傾向が認められた。例えば，115℃で抽出した場合では，笹繭は白繭に比べて練減率が約1.6%高かった。これは，笹繭に含まれるフラボノール色素の溶出分だけ練減率が増加したためと考えられる。115～125℃で抽出したセリシン水溶液は，いずれも明るい黄緑色であり，目視の限りでは試料間に色相の差は認められなかった。

表3　乾燥粉末の回収率

乾燥法	セリシン粉末回収率(%) 抽出温度(℃)		
	105	115	125
FD法	100	100	100
SD法	40	40	40

FD法：凍結乾燥法；SD法：ｽﾌﾟﾚｰﾄﾞﾗｲ法

表4　抽出温度とポリフェノール含量

温度(℃)	ポリフェノール量(%)
105	0.73
115	0.74
125	0.80

乾燥粉末の回収率

セリシン水溶液の粉末化工程では，セリシン水溶液に含まれる機能成分の失活が少なく，かつセリシン粉末を高収率で回収できることが望ましい。FD 法は，熱に不安定な試料の濃縮乾燥に適しているが，試料の乾燥までに数日間を要する欠点がある。一方，SD 法は試料の乾燥時間が短く，大量のセリシン水溶液から乾燥粉末を調製するのに適している。そこで，105～125℃で抽出したセリシン水溶液を FD 法と SD 法の 2 通りの方法で処理して，セリシン粉末の調製に適した乾燥方法の検討を行った。

その結果，SD 法は FD 法に比べて粉末の回収量が極めて低く，全ての試験区において SD 法の粉末回収率は FD 法のそれの 40%であった（表 3）。噴霧時の送液量，乾燥空気量及び噴霧空気圧を調整しても，セリシン回収率を 40%以上に向上させることはできなかった。SD 法でセリシン粉末の回収率が低くなった原因は，セリシン粉末の比重が軽いために，多量の乾燥粉末が装置内から外部へ吸引排気されたためと推定される。また，噴霧乾燥機のガラス管壁面にセリシン粉末の付着が観察されたので，静電気の発生も回収率を低下させた原因のひとつと考えられる。

以上の結果から，噴霧乾燥処理よりも凍結乾燥処理のほうがセリシン水溶液の乾燥粉末化に適していると判断した。また，凍結乾燥粉末は，いずれの抽出温度でも明るい黄色であった。

抗酸化活性に及ぼす抽出温度の影響

抗酸化活性に及ぼす抽出温度の影響をラジカル消去試験で調べた結果，笹繭セリシン粉末の抗酸化活性は本試験の温度範囲では大きな影響は認められなかった。笹繭の抗酸化活性は，主にフラボノールのケルセチン及びケンフェロールの配糖体や尿酸の働きによることを明らかにしている[5, 6]。そこで，各試料のポリフェノール含量を調べたところ，表 4 に示すように，抽出温度が高いほど，溶出されるポリフェノール量も増える傾向が認められた。

以上の結果から総合的に判断すると，小型オートクレーブ装置を用いた場合では，溶媒浴比 1 ：50，抽出時間 1 時間，抽出液温115～125℃による抽出方法と，FD 法による乾燥処理の組合せが最適であることを見出した。

スケールアップによるセリシン粉末の変色

化粧品・食品素材用途向けのセリシン粉末の製造を目的として，産業用大型オートクレーブ装置を用いてスケールアップを行った。

効率的なセリシンの抽出が行える温度範囲は115～125℃であり，125℃までならば粉末の褐変化は認められないことを，小型オートクレーブ装置を用いた実験で確認した。そこで，大型オートクレーブ装置による抽出試験を115℃と125℃の 2 水準で行うことにした。ここで，115℃及び125℃で抽出したセリシン粉末を，以後それぞれ SP-115，SP-125 と呼ぶことにする。また，SP-115 と SP-125 の滅菌処理粉末をそれぞれ SP-115S 及び SP-125S とした。

表 5　笹繭セリシン粉末の色比較

試料I.D.	試料名	色相	彩度	明度	系統色名
A	笹繭繭層	2.25GY	5.45	8.90	うすい黄緑
	笹繭セリシン粉末				
B	標準粉末	6.07Y	3.00	8.43	明るい灰黄
C	SP-115	3.39Y	3.72	8.00	くすんだ黄
D	SP-125	2.13Y	2.70	7.80	明るい灰黄
E	SP-115S	9.73YR	3.15	7.96	明るい灰黄
F	SP-125S	2.11Y	2.87	7.80	明るい灰黄

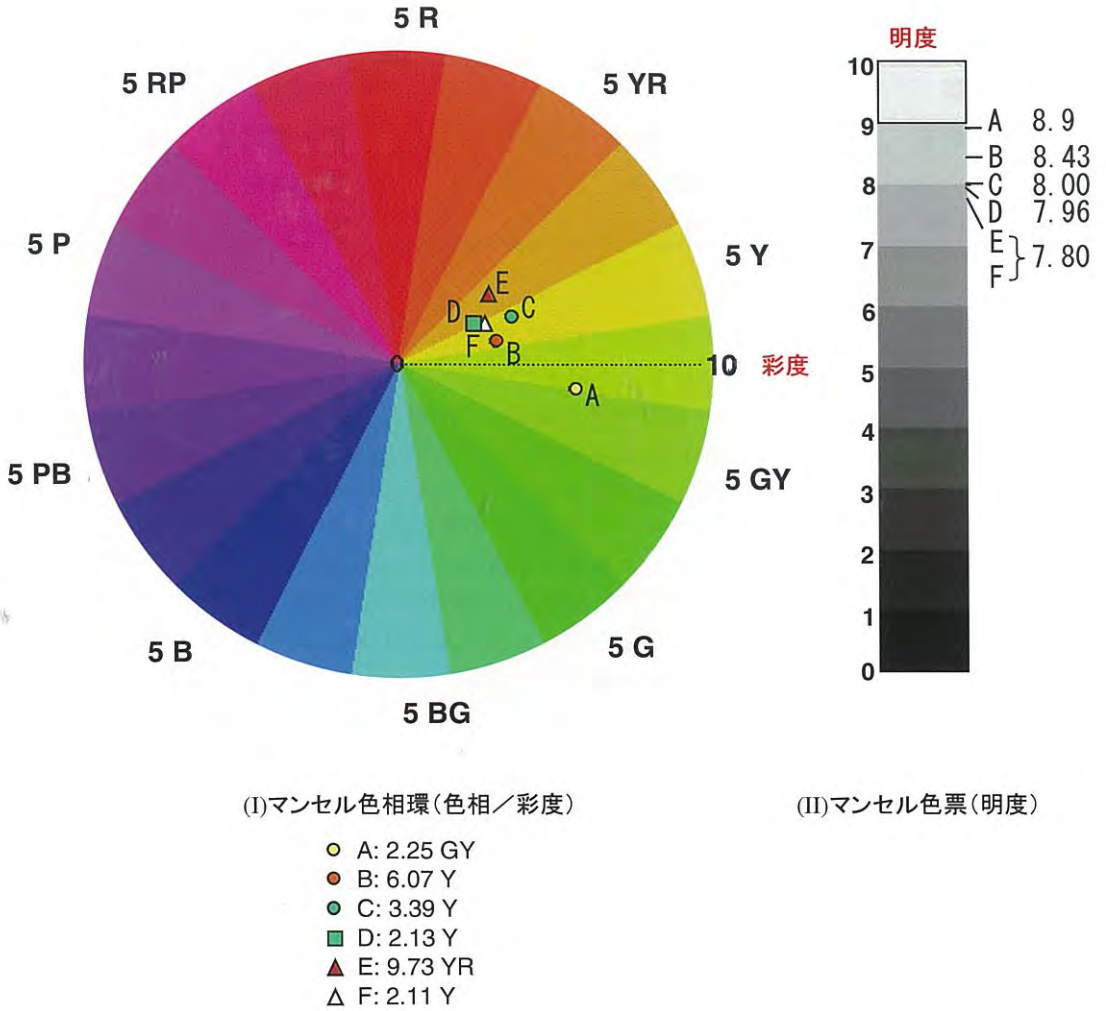

図1　マンセル色相環による笹繭セリシン粉末の色の比較

表6　笹繭セリシン粉末の化粧品種別配合成分規格試験

分析試験項目	結果
確認試験	限度内
重金属	限度内
ヒ素	限度内
乾燥減量	2.2%
含量	窒素15.7%

表7　笹繭セリシン粉末の微生物試験

分析試験項目	結果	方法
大腸菌群	陰性/1g	LB培地接種法
大腸菌群数	陰性(30以下)/100g	MPN算出法
大腸菌	陰性/1g	増菌培養法
一般細菌数(生菌数)	1.3×10^{2}/g	SCDLP寒天平板培養法

粉末の色を目視で比較すると，標準粉末に比べてSP-125は著しく褐変していることが判った。SP-125SはSP-125とほぼ同色であり，滅菌処理によって褐変化は促進されていないようであった。一方，SP-115は明るい黄味を帯びた粉末であったが，標準粉末の黄味とは色相が異なるように見えた。SP-115SとSP-115では明らかに粉末色が異なり，前者のほうが赤味を呈していた。

次に，笹繭セリシン粉末の色差を客観的に評価するため，分光測色計を用いて各試料の分光反射率を測定した。抽出温度の影響による色彩変化をマンセル表色系で数値化し，各試料の系統色名をJIS法に基づいて決定した結果を表5に示す。対照区として繭層及び標準粉末を分光測色計で測色した。表5中のA，B，C，D，E，Fは，それぞれ繭層，標準粉末，SP-115，SP-125，SP-115S，SP-125Sに対応している。その結果，色の三属性のうち，セリシンの明度及び彩度は，繭層が最も高かった。SP-125はSP-115に比べて彩度が約1.0低下しているので，高温抽出の影響で「くすみ」が生じたことが明らかになった。系統色名では，繭層は「うすい黄緑」に対応した。一方，B，C，D，E，Fのセリシン粉末群は，「くすんだ黄」或いは「明るい灰黄」に属していた。

色相と彩度をもとに作成したマンセル色相環及び色票をそれぞれ図1－(I)と1－(II)に示す。セリシン粉末の明度は図1－(II)に示すように，高い温度で抽出した試料ほど低下する傾向が認められた。図1－(I)のマンセル色相環において，セリシン粉末群（B～F）は繭層（A）より左上側に分布しているので，これらのセリシン粉末群は繭層より彩度が低く，くすんでいることが明らかになった。また，繭層（A）の色相はGY（黄緑）領域にあるのに対し，セリシン粉末群のそれはY（黄）領域に分布しており，セリシン粉末群は繭層に比べて緑味が減少している傾向が認められた。粉末試料のなかでは，標準粉末（B）が最も黄色度のレベルが高かった。SP-115の黄色度は標準粉末のそれに比べて約44%減少しており，SP-115は標準粉末よりもくすんだ黄色であることが判った。

セリシン粉末の変色は主に熱処理によってフラボノール色素が変質したためと考えられる。笹繭の色素は種々のフラボノールの混合物であり，これまでに7種類のフラボノールを単離している[5]。それらの成分のなかには，黄色系のほかに緑色系の強いフラボノールも存在していた。この緑色系フラボノールと笹繭セリシン粉末の緑色の退色との関連についての報告はまだない。

大型オートクレーブ装置を用いると，小型オートクレーブ装置を用いたときよりもセリシン粉末の色が変色しやすく，特に125℃抽出処理における褐変化が著しかった。小型オートクレーブ装置では加温停止後に，直ちに試料を大気圧に戻して冷却した。一方，大型オートクレーブ装置では急激な圧力解放と冷却が困難であるため，液温を加温停止後40℃まで下げるのに，約10時間を要した。このような長時間の保温状態は，笹繭セリシン粉末の変色を促進した要因のひとつと考えられる。

以上の結果から，大型オートクレーブ装置を利用して笹繭セリシン粉末を調製する場合には，冷却時間を考慮して抽出温度を125℃よりも低く設定する必要があることが明らかになった。

笹繭セリシン粉末の粧配規試験と微生物試験

SP-125Sを供試して，医薬部外品原料規格「シルク末」に準じた笹繭セリシン粉末の粧配規試験並びに食品衛生検査法に基づく笹繭セリシン粉末の微生物試験を実施した。

「シルク末」の基準値は，重金属20 ppm以下/1 g，ヒ素2 ppm以下/1 g，乾燥減量は10%以下，含量

は窒素定量法第2法で窒素13～20%とされている。笹繭セリシン粉末を分析した結果，表6に示すように重金属とヒ素は共に限度内であった。また，乾燥減量は2.2%，含量は窒素15.7%であり，両項目とも基準値内であった。

食品衛生検査法に依る，笹繭セリシン粉末の微生物検査を行った結果を表7に示す。粉末1g当たりの一般細菌数は限度内の1.3×10^2個であった。大腸菌群，大腸菌群数及び大腸菌はいずれも陰性の結果を得た。

以上，滅菌処理したSP-125Sは医薬部外品原料規格及び食品衛生基準に適合しており，化粧品素材や食品添加物等に利用可能であることが示された。

摘　要

笹繭セリシン粉末のフラボノール色素は抗酸化作用や抗菌作用などの機能に深く関与している。本研究では，このような機能性粉末を，産業用大型オートクレーブ装置を用いて調製した場合の笹繭セリシン粉末の色相変化を測定した。実験室レベルの小型オートクレーブ装置では，少なくとも125℃抽出処理までは黄色のセリシン粉末を調製できることを確認した。しかし，大型オートクレーブ装置を用いて笹繭セリシン粉末の製造量をスケールアップした場合，115℃抽出処理でくすんだ黄色粉末が得られた。一方，125℃抽出処理では著しいセリシン粉末の褐変化が生じた。125℃におけるセリシン粉末の褐変化は主にフラボノールの変色によるものと考えられ，冷却時の温度低下が遅いことがフラボノールの変色に影響することが示唆された。

Summary

Flavonol in Sasamayu sericin powder is highly associated with such functions as antioxidative and antimicrobial activity. The purpose of this study is to measure the color change of such functional powder through preparation using an industrial scale autoclave. Based on an experiment using a lab scale autoclave, sericin powder rich in yellow was prepared up to 125℃. In the case of an experiment using a large scale autoclave, dull yellow sericin powder was prepared at 115℃, however, a marked browning was occurred when prepared at 125℃. The browning of sericin powder at 125℃ was mainly due to the color deterioration of flavonol. It was suggested that prolonged exposure to high temperature during cooling period was responsible for changing flavonol color.

引用文献

1）山崎昌良・中村直子・栗岡　聡・小松計一（1999）笹繭のアルコール抽出物の抗酸化作用，日蚕雑，**68**，167-169.

2）栗岡　聡・石坂弘子・山崎昌良・遠藤美代子（2000）繭の抗菌性試験，糸絹研誌，**8**，57-60.

3）津志田藤二郎（2000）食品機能研究法（篠原和毅・鈴木建夫・上野川修一），318-322，光琳，東京.

4）須田郁夫（2000）食品機能研究法（篠原和毅・鈴木建夫・上野川修一），218-220，光琳，東京.

5）Kurioka, A., and Yamazaki, M (2002) Purification and identification of flavonoids from the yellow green cocoon shell (Sasamayu) of the silkworm, *Bombyx mori*. Biosci. Biotechnol. Biochem., **66**, 1396-1399.

高性能小型自動繰糸機用部品の開発 (II) 鼓車の改良開発

清水重人・岡島正章・黒川トシミ・井上アヤ・天方美帆・勝野盛夫

蚕糸科学研究所

SHIGETO SHIMIZU, MASAAKI OKAJIMA, TOSHIMI KUROKAWA, AYA INOUE, MIHO AMAGATA and MORIO KATSUNO: Development of devices for compact automatic reeling machine with high performance (I) Development and improvement of pulleys

緒　言

近年国内製糸工場においては，加工費に占める人件費等の削減を進めてきたが，製糸機械等の整備要員の不足が生じ，機械の整備，交換，調整等の日常メンテナンスが困難な状況下にあり，生糸品質への影響が懸念されている。さらに，現在使用中の製糸機械が古くなってきているなかで，製糸機械メーカーによる機械部品・消耗品等の供給ができない状況にある。これらのことが，製糸機械のメンテナンスにとって大きな問題になっている。このような状況に対処するためには，製糸機械の保守点検が簡易となるように，耐久性の向上とコスト低減を実現するための装置・部品の改良開発を早急に行い，製糸工場へ導入する必要がある。(財) 大日本蚕糸会では，(独) 農畜産業振興機構の助成を得て，高性能小型自動繰糸機用部品の開発を蚕糸科学研究所が中心となって行い，改良開発した各部品を従来の小型自動繰糸機に組み込んで，高性能小型自動繰糸機として体系化し，改良開発部品並びに高性能小型自動繰糸機としての機能，特性，運転・繰糸状況等について製糸工場において実証試験事業を行った。

高性能小型自動繰糸機用部品の開発では，生糸品質に最も係わりの大きい部品の中から，集緒器，感知器，給繭器，鼓車，コンビネーションの5項目を選定した。

改良開発した部品のうち，集緒器についてはすでに報告（清水他，2004）したので，本稿では，数多く使用され，摩耗や回転不良による張力の増加が発生しやすく，そのため生糸伸度，繊度偏差など生糸品質に大きな影響を与える鼓車の改良開発を行うとともに，繰糸張力および生糸伸度の点から本鼓車の有効性を検討したので，その概要について報告する。

材料と方法

1．従来型鼓車の問題点

図1の日産HR型自動繰糸機の糸道に示すように，1緒につき鼓車は，第1～第4鼓車および断続鼓車の計5個の鼓車が使われている。

現在使用されている一般的な鼓車の種類を図2に示す。図1で示した第1～第3鼓車は，生糸糸条にケンネルよりをかけるための案内役に用いられている。第3鼓車は，繊度感知器の上部に位置し，その位置合わせや挙動等が繊度感知器の感知精度に大きく関係し，生糸偏差に影響するため，その役割は重要である。図3に示す断続鼓車は，生糸糸条を感知器へ間欠的に出入りさせるためのガイドの役割をしている。図4は，第4鼓車として使用される鼓車の外観で，異常張力や集緒器での節詰まりの際に，親糸切断（糸条切断）等大故障への移行を未然に防ぐために強制的に小枠を停止させる役目をもつストップレバーの先端に取り付けられている。また，作業者が故障緒を即座に認識しやすいように水色のサイドカバーを使用している。生糸糸条は，第4鼓車を鋭角に折り返して走行しているため，第4鼓車には生糸糸条張力による大きな力が常に加わっており，摩耗も激しく，回転不良となりやすい。また生糸の繰糸張力に大きく関

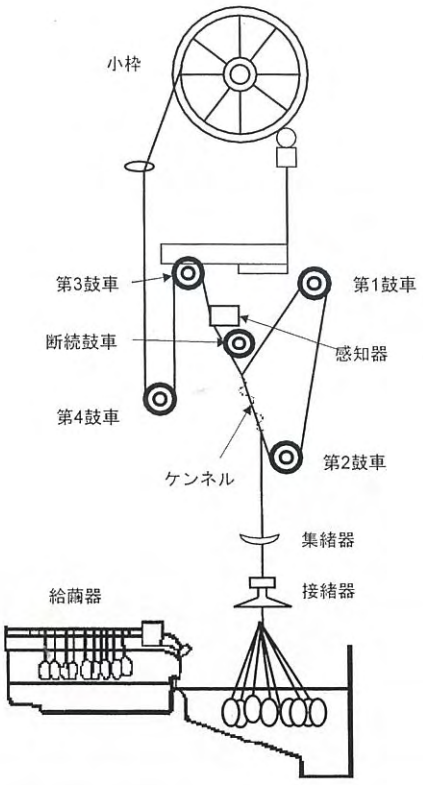

図1　日産 HR 型自動繰糸機の糸道

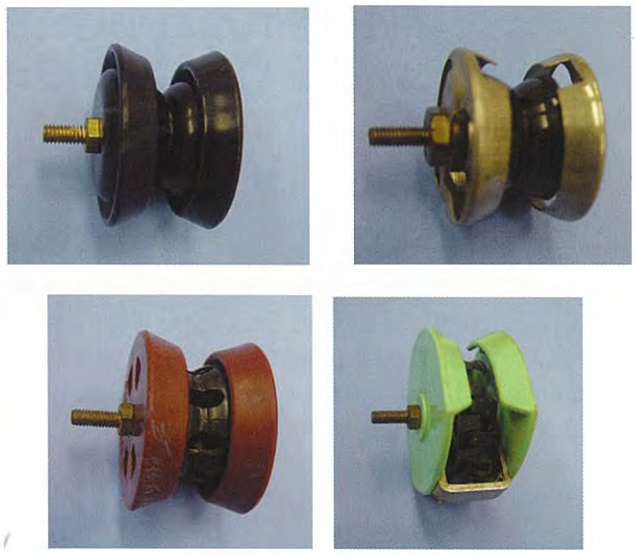

図2　従来型各種の鼓車

図3　断続鼓車

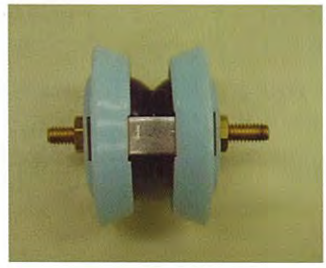

図4　第4鼓車

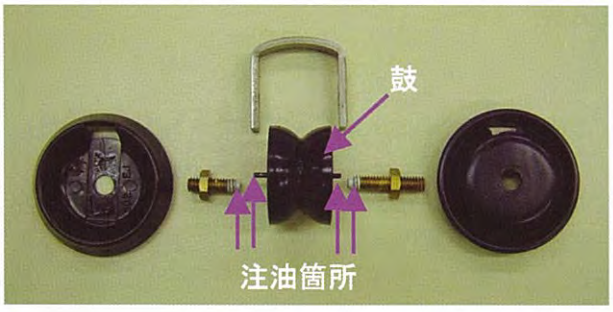

図5　従来型鼓車の分解図

図6　開発した新型鼓車の外観

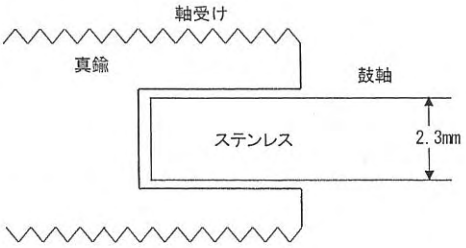

図7　従来型鼓車の鼓軸と軸受けの概要

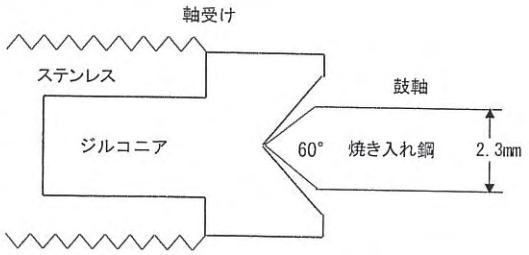

図8　新型鼓車の鼓軸と軸受けの概要

図9　スチロール樹脂製鼓と剣先加工した焼き入れ鋼鼓軸の外観

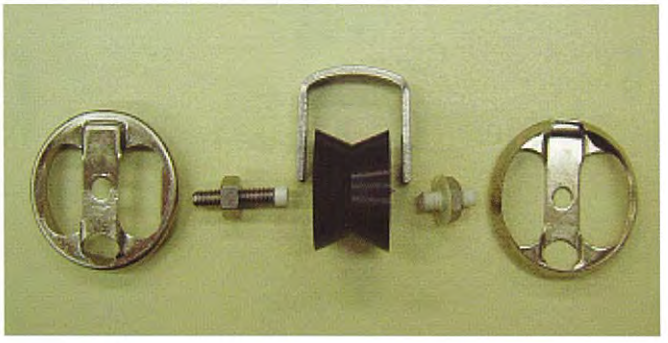

図10　新型鼓車分解の外観

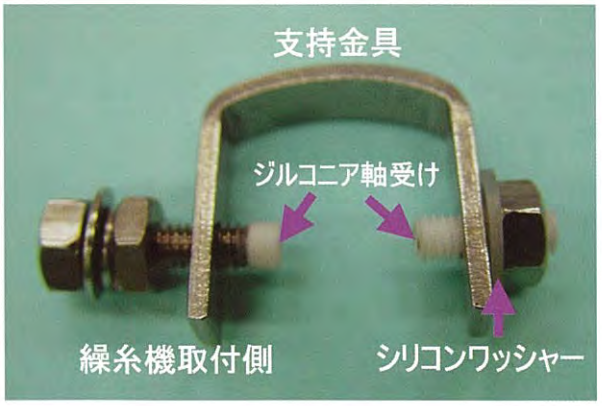

図11　支持金具に取付けた状態の軸受け

図12　繰糸機取付け側軸受けの分解の外観

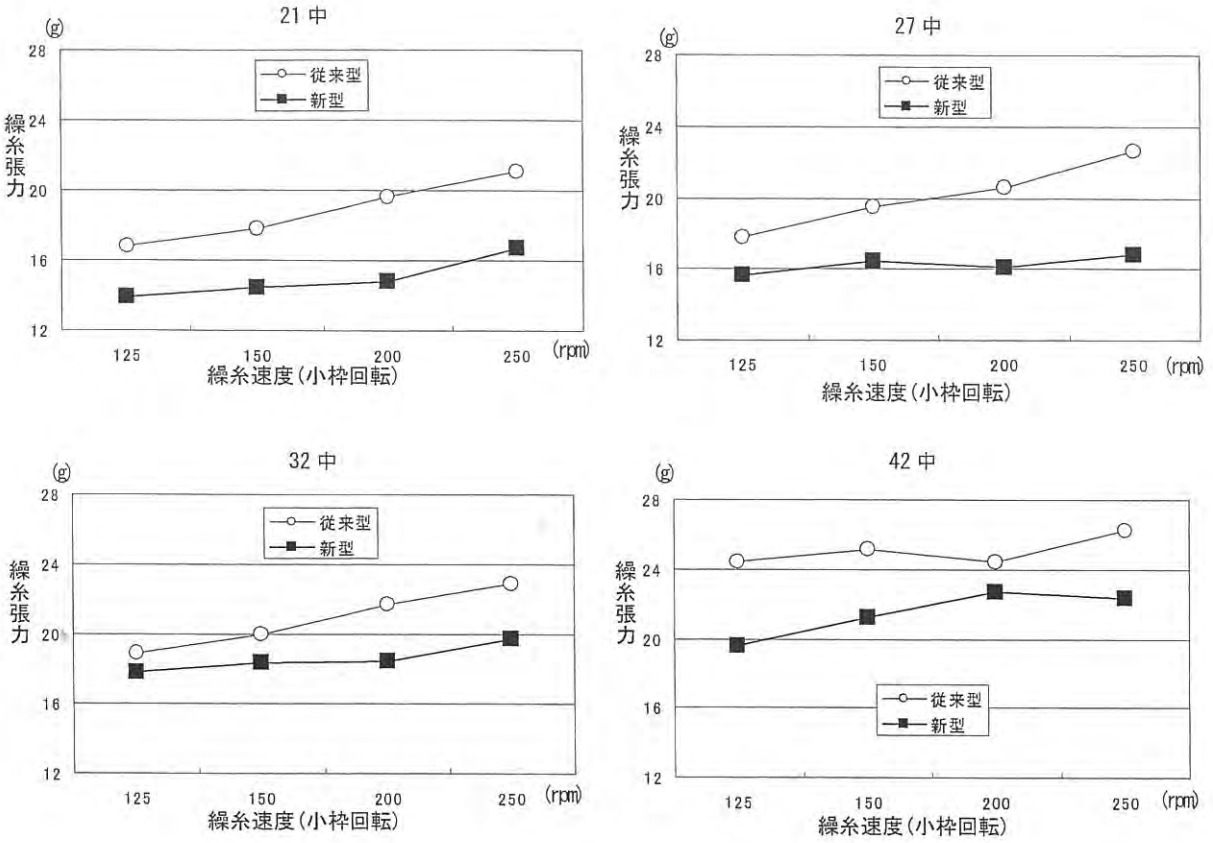

図13　目的繊度別の繰糸速度と繰糸張力の比較

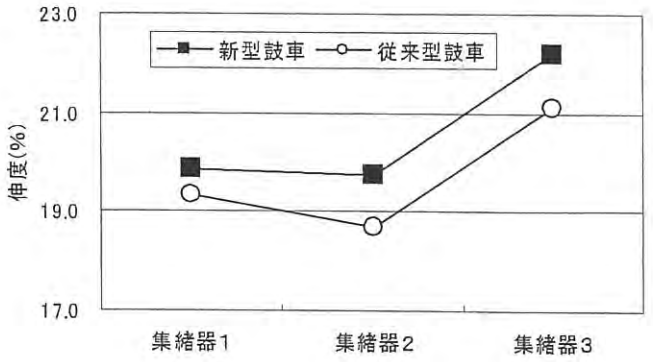

図14　鼓車による生糸伸度への影響比較

与するため，生糸伸度への影響も大きく，そのメンテナンスは重要である。

鼓車は，通常の繰糸速度の範囲では，1分間に2,000～3,000回転している。そのため，鼓軸を受けている真鍮製軸受けが高速回転による摩耗を受けやすく，穴径の増大や破損等が発生しやすい。鼓車は，図5の従来型鼓車の分解外観に示すように，組み立て時に軸受け部分へ粘性の機械油を注油するが，組み立て後は注油ができない構造になっている。また，ケンネルよりによる水分飛散や生糸糸条への散水の際に水かかかり，注油した油が流されやすい。したがって，定期的に取り外し，分解，点検，調整，注油をして組み直すことが必要となるが，人手不足からその対応が遅れる状況にある。対応が遅れた場合，上記に示すように，伸度の低下等生糸品質に影響を及ぼすことから，耐摩耗性と耐久性の向上および注油の必要が無い鼓車の改良，開発が望まれていた。

2．セラミック型鼓車の開発

耐摩耗性があり，水にも強いことから，軸受けにセラミックなど耐久性のある素材を使用することにより，耐久性の向上を図ることとした。

開発した新型鼓車の外観を図6に示す。開発は，総合的に千葉産商（有）が担当し，鼓やサイドカバー等部品の一部は（株）草間商会が担当した。開発のポイントは，軸受け部分にジルコニアというセラミックを使用したことと，軸受けと鼓軸との接触面を小さくしたことである。

従来型鼓車は，図7に示すように鼓軸と軸受けの接触面が大きく摩耗しやすい構造となっているのに対し，新型鼓車では図8に示すように軸受け内面をテーパー状にし，剣先に加工した鼓の軸とは点で接触するようにした。軸の先端の角度は60度とし，強度を出すため焼き入れ鋼とした。鼓の材質の強化を図るため，従来の樹脂製から，スチロール樹脂製に改良した。図9にスチロール樹脂製鼓と剣先加工した焼き入れ鋼鼓軸の外観を示す。

図10に新型鼓車を分解した外観を，図11に支持金具に取り付けた状態の軸受けの外観を示す。一般にセラミック材質は，摩耗には強いが割れやすい性質がある。そのため，図12に示すように，繰糸機への取り付け側の軸受けは，ネジで締め付ける際の強度が必要になるためその部分はステンレス製とし，軸と接触する部分のジルコニアとは接着剤で接合した。支持金具反対側の軸受けは単独ジルコニア製とし，図11に示すように，支持金具とサイドカバーの固定用にはシリコンワッシャーを用い，ジルコニア軸受けの破損防止を図った。組み立てに際し，軸と軸受け部への注油は不要となっている。

3．新型鼓車の特性

開発したジルコニア鼓車の特性について，繰糸張力および生糸伸度の点から検討した。

繰糸張力の調査方法

検定用繰糸機の1緒に第1～第4鼓車を新型鼓車に取り替え，従来型の鼓車の緒と繰糸張力を計測して比較した。繊度別として，21，27，32中の3種類，糸速別として，125，150，200，250（rpm）の4種類の繰製生糸について測定した。繰糸張力の測定部位は，ストップレバー先端の第4鼓車と糸道案内の間とし，張力測定は，シンポ工業デジタルテンションメーターDTM-0.2Kを用い，5回計測しその平均値で比較した。

伸度の調査方法

伸度測定のための繰糸は，集緒器の比較試験と合わせて行った。繰糸速度220 rpmとし，検定用繰糸機の1緒の従来型鼓車装着時において，集緒器1～3の3種類について所定の糸量を繰糸したあと，断続鼓車のみそのまま使用し，第1～第4鼓車を新型鼓車に取り替え，同様に所定の糸量を繰糸し，テンシロンにより生糸伸度を測定した。

結果と考察

繰糸張力の計測結果を図13に示す。各繊度の繰糸においても，またいずれの繰糸速度においても従来型鼓車に比べて新型鼓車の繰糸張力が小さいことが確認出来た。従来型鼓車に対する張力の減少率（※1）の総平均を求めると16.2%となり，全体では16%程度の繰糸張力の減少が得られた結果となった。また，同様に繰糸速度の125 rpm と250 rpm の比較において，各繊度における張力の減少率の平均値を求めると，125 rpm では13.6%であるが250 rpm では18.9%となっており，繰糸速度が高速になるほど繰糸張力の減少効果が大きいといえる。

※1　減少率（%）＝(従来型鼓車操糸張力－新型鼓車操糸張力)／従来型鼓車操糸張力×100

生糸伸度の計測結果を図14に示す。使用した集緒器の種類によって伸度の差があるが，いずれの場合でも新型鼓車使用時のほうが伸度は大きい結果となった。

新型鼓車の従来型鼓車に対する伸度増加率（※2）の各集緒器での平均値を求めると4.5%となり，新型鼓車により伸度で4.5%程度の増加が得られた結果となった。

※2　増加率（%）＝(新型鼓車伸度－従来型鼓車伸度)／従来型鼓車伸度×100

摘　要

鼓車は，繰糸機の部品の中でも数多く使われており，1分間に2,000回以上の高速回転をしている。また，生糸糸条と接触して糸道を案内しているため，糸条切断や伸度など繰糸能率や生糸品質と大きな関係にある。従来型鼓車は，軸受けが真鍮製のため摩耗が激しく，回転不良になりやすい。そのため，定期的な交換による整備が必要であるが，人員不足から困難な現状にある。そこで，セラミックなど耐摩耗性のある材質を部品に応用するなどメンテナンスフリーな鼓車の開発が望まれていた。

今回開発した新型鼓車は，軸受けにセラミックの中から耐摩耗性があり低価格であることからジルコニアを選定し使用した。また，鼓軸の先を剣先にし，接触するジルコニア内面をテーパーにすることにより，点接触で鼓が回転するため，回転抵抗の大幅な減少が得られた。

繰糸張力の試験では，従来型鼓車に比べ約16%の減少となり，高速繰糸ほど減少率が大きいことが確認できた。また，伸度の増加も得られた。

新型鼓車では，軸受けをジルコニアに，軸を焼き入れ鋼にすることにより耐久性を図るとともに，注油不要で，耐水性に問題のない，メンテナンスフリー部品としての成果を得ることができた。

文　献

1）清水重人・岡島正章・黒川トシミ・井上アヤ・天方美帆・勝野盛夫（2004）高性能小型自動繰糸機用部品の開発（I）集緒器の改良開発．大日本蚕糸会研究報告，52，29-43.