

大日本蚕糸会

研究報告

第67号 令和2年3月(2020)

目 次

報 文

1. 「錦秋 × 鐘和」の全齢人工飼料飼育について
蚕業技術研究所 田中幸夫・常山 泉…… 1
2. 負荷条件下における塩素系除菌洗浄剤のカイコ核多角体病ウイルスに対する有効性
蚕業技術研究所 野澤瑞佳…… 13
3. 少量多品種の蚕種製造・配布に対応する技術の開発
蚕業技術研究所 池嶋智美・鶴井裕治・近藤 進・山口 満・田中幸夫…… 17
4. 蚕業技術研究所における微粒子病検査の取り組み
蚕業技術研究所 野澤瑞佳・鶴井裕治・松本正江・浅野栄子・武内恵美子・村山真樹…… 25

一般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.67, March 2020

CONTENTS

Research Reports

1. TANAKA, Y. and TSUNEYAMA, I.:
Rearing of a commercial silkworm variety "Kinshu x Showa"
on an artificial diet throughout the all larval stage 1
2. NOZAWA, M.:
Virucidal efficacy of chlorine-based disinfectant cleaner against *Bombyx mori*
nucleopolyhedrovirus, BmNPV, under load condition 13
3. IKEJIMA, S., TSURUI, Y., KONDO, S., YAMAGUCHI, M. and TANAKA, Y.:
Development of a technique for producing and distributing a
wide variety of silkworm eggs in small amounts 17
4. NOZAWA, M., TSURUI, Y., MATSUMOTO, M., ASANO, E., TAKEUCHI, E. and MURAYAMA, M.:
Recent status of pebrine inspection in Institute of Sericulture 25

Published by

THE DAINIPPON SILK FOUNDATION

「錦秋×鐘和」の全齢人工飼料飼育について

田中幸夫・常山 泉

蚕業技術研究所

YUKIO TANAKA and IZUMI TSUNEYAMA: Rearing of a commercial silkworm variety "Kinshu x Showa" on an artificial diet throughout the all larval stage.

緒 言

「錦秋×鐘和」はその原種を蚕業技術研究所において維持継代している品種であるが、いくつかの企業で全齢人工飼料飼育され、医薬等の生産に使用されている。したがって、この品種の全齢人工飼料飼育に関する知見を収集することは、品種の普及や技術支援など、今後の蚕業技術研究所の業務にとって非常に有益であると思われる。

全齢人工飼料飼育において5齢期の摂食量を管理することは、化蛹歩合等の成績を向上させるために必須であるので¹⁾、まず5齢給餌量と飼育成績の関係について調査することとした。一方、蚕業技術研究所における原蚕の全齢人工飼料飼育では壮蚕期の摂食量を精密に管理する目的と、原蚕の成長が必ずしも齊一でないという理由のため、4齢あるいは5齢の初期に頭数整理を行っているが、頭数整理には多くの労力を要するので、その省略が可能なら飼育コストを削減できる。「錦秋×鐘和」等の交雑種は原種に比較し発育が齊一なので頭数整理の省略が可能ではないかと考え、頭数整理を省略した飼育の成績を調査した。さらに、以上の飼育試験で得られた繭について繰糸試験を行い、繰糸および生糸の性状に関する情報を得た。なお、桑葉育との比較のため、頭数整理を省略した飼育について、全齢桑葉育および1～3齢人工飼料・4～5齢桑葉育を行った。また、頭数整理を省略した1～3齢人工飼料・4～5齢桑葉育蚕は全齢人工飼料育蚕と同じ上蔟室で營繭させ、得られた繭について全齢人工飼料育蚕と同じ条件で繰糸試験を行った。

本研究を行うにあたり、蚕種の提供と飼育への協力をいたいた蚕業技術研究所蚕種製造チーム各位、繰糸試験を行っていただいた蚕糸科学研究所各位、本論文のご高覧をいたいたタイ王国マハサラカム大学角田素行博士、蚕業技術研究所所長新保博博士に深く感謝する。

材料と方法

蚕種は全て蚕業技術研究所で製造されたものを用いた。頭数整理を省略した飼育を含む全齢人工飼料飼育、および頭数整理を省略した1～3齢人工飼料・4～5齢桑葉育は2018年初秋蚕期に行った。以上の飼育には同一の蚕種から得られた蚕を用い、人工飼料飼育は同一の飼料を用い、同一の飼育室で行った。掃き立てた蚕種は2017年春採りの越年用保護の日母で、14蛾の蟻蚕を混合して供試した。通常の方法で催青し、蟻蚕の抑制は行わず、初発から3日目の6月25日15時に掃き立てた。掃き立てた蟻蚕の頭数推定は以下のように行った。秤量には0.1 mgまで表示される電子秤を用いた。0.15 g程度の試料を二つ採り蟻蚕の数を調べ、1 g当たりの頭数を計算し、その平均値を用いて掃き立て重量から頭数を算出した。

5齢給餌量と飼育成績との関係に関する試験には、給餌量を1頭当たり12, 13, 14gとした3区を設定し、4齢で頭数整理を行い各区300頭とした。そのため蟻量で0.5637 g掃き掃き立てた。頭数整理を

省略した飼育法の試験には、全齢人工飼料育区、1～3齢人工飼料・4～5齢桑葉育区、4齢における発育調査区の3区を設定し、掃き立て頭数を各区400頭程度とするため約0.175gを3区とった。なお、4齢における発育調査区は、調査以降の飼育は行わなかった。

人工飼料は日本農産工業株式会社製「シルクメイト2S」を使用し、全ての発育段階をこの飼料で飼育した。人工飼料飼育は蚕業技術研究所キャリア蚕室でおこなった。飼育温度は1～2齢28℃、3齢27℃、4～5齢25℃とした。湿度は1～4齢73%、5齢70%とした。飼育室の衛生管理については既報²⁾のとおりである。給餌量は、1齢は1頭当たり0.1g、2齢は同じく0.2g、3齢は0.7gを目安に与えた。4齢以降は試験区により異なるので結果の項に記述する。全齢人工飼料育蚕は、5齢2日目以降毎日給餌前に除沙を行った。1～3齢人工飼料・4～5齢桑葉育区の桑葉育は蚕業技術研究所の第一蚕室でおこなった。用桑は全葉であり、品種は、4齢初期が「改良鼠返」で、それ以降は「はやてさかり」であった。給桑は朝夕の2回とし給桑量は制限しなかった。除沙は4齢餉食の翌日と5齢2日目以降の毎日に行つた。飼育室の温度は25℃を目標としたが、日中にはその温度を超えることがあった。

上述の試験区のうち、4齢で発育状態を調査したもの除去く5区は第一蚕室の上蔟室で営繭させた。それぞれの区は2枚の万年蔟に分けて上蔟した。それぞれの蔟は上蔟用蚕架の互いに近い位置に配置した。上蔟室の温度は冷房装置と電気ヒーターで調節して25℃を目標としたが、日中にはその温度を超えることがあった。湿度の調節は行わなかった。上蔟時に各区とも上蔟蚕数と成長不良蚕数を記録し、営繭中にも営繭に至らない幼虫の数を記録した。上蔟蚕数と成長不良蚕数の和を上蔟時の生存蚕数とした。

収繭調査および繭調査は上蔟の約8日後に行った。上蔟室で収繭した後、蔟中の駆蚕、不吐糸蚕、半化蛹蚕の数を記録した。毛羽取りおよび収繭調査は飼育室で行った。見かけ上の上繭（以降記述の煩雑さを避けるため「上繭」とする）は振って健蛹を確認した。健蛹と確信できない上繭と、玉繭および下繭は全て切開し中の蚕の状態を調査した。健蛹と確信できる上繭50粒を切開し、雌雄に分け、繭重、繭層重を測定し、雌雄平均の繭重、繭層重、繭層歩合を算出した。健蛹と確信できる上繭から、汚れ、変形、傷の無い200粒を繰糸試験用に採り、その全重量を測定して1粒当たりの重量を算出し、繰糸用繭重量とした。乾繭は室温から30分かけて100℃に上昇、100℃で4時間維持、3時間かけて60℃へ降下、60℃で1時間維持の条件で行った。繰糸試験は蚕糸科学研究所に依頼した。

頭数整理を省略した全齢桑葉育試験は2017年春蚕期におこなった。供試蚕種は2016年春採りの越年用保護の日母であり4蛾を混合して用いた。通常の方法で催青し、蟻蚕の抑制は行わず、初発から3日の2017年4月28日13時に掃き立てた。この試験では、掃き立て蚕数を推定するための蟻蚕重量測定は1試料のみであった。飼育は蚕業技術研究所第一蚕室で行った。食桑中は防乾紙で蚕座を覆つたが、1齢蚕食桑中のみ蚕座紙の下にも防乾紙を入れた。1齢蚕には約1cm幅に切った桑葉を、2齢蚕には全葉を、3齢以降は全芽を与えた。桑品種は、掃き立てから3眠まで「遠州高助」を用い、4齢餉食以降は「しんいちのせ」を用いた。給桑は原則朝夕2回とし、給桑量の制限は行わなかった。3眠および4眠時には蚕座に消石灰を散布した。飼育温度は稚蚕期が27℃程度、壮蚕期以降は24℃程度を目標としたが、戸外の温度に影響され変動した。湿度調節は行えなかつたが、蚕室が乾燥する時には床に散水した。熟蚕は第一蚕室の上蔟室に上蔟した。蔟は万年蔟を用いた。3眠蚕と思われたものは異なる蔟に上蔟し、4眠蚕と思われるものは2枚の蔟にわけて上蔟した。上蔟時に上蔟蚕数を記録し、営繭中にも営繭に至らない幼虫の数を調査した。

収繭調査および繭調査の方法は2018年の試験とほぼ同じであったが、繭は外観で上繭、下繭、玉繭に分類し、全て切開して中の蚕の状態を調査した。繭質調査には雌雄各100粒の4眠蚕の上繭を用いた。

結 果

(1) 2018年初秋蚕期に行った試験の結果

1) 孵化歩合および蟻蚕1g当たり頭数

掃き立てた14蛾から無作為に6蛾を探り、各蛾の半分について定法³⁾に従い孵化歩合を調査した。その結果孵化歩合の平均は95.4%，標準偏差は2.2%であった。また、蟻蚕1g当たり頭数は2282.6頭であった。

2) 5齢給餌量と飼育成績の関係

試験のために推定約1287頭の蟻蚕を掃き立てた。1齢から4齢餉食までは7mm角の棒状に切った飼料を与えた。1齢120g, 2齢240g, 3齢と4齢餉食時に900gの給餌量とした。1~3齢には追給餌の必要は無く、餉食時のみの齢中1回給餌であった。掃き立てから24時間後の毛振るい蚕歩合は100%であった。1~3齢の経過日数を齢ごとに表1に示すが、通算で11日6時間となった。

表1 1~3齢経過日数 (単位: 日・時)

1齢		2齢		3齢	
食	眠	食	眠	食	眠
3・01	1・00	2・03	1・00	2・22	1・04

4齢餉食から1日後に各区300頭に頭数整理を行い、除沙網の上に蚕を置き、10mm角の棒状に切った飼料600gを与えた。さらに4齢後期に切削で約100gの追給餌を行った。各区の4齢給餌量は全て同じであった。5齢は1日1回の給餌とし、給餌量は1頭当たり12, 13, 14gの3区を設定した。毎日の給餌量を表2に示すが、いずれの区でも、給餌時に前日与えた飼料が残っていることは無かった。

表2 各区の各日の給餌量 (g)

給餌 日・時	7月13日 09時	7月14日 09時	7月15日 09時	7月16日 09時	7月17日 09時	7月18日 09時
12g区	288	378	648	768	852	666
13g区	312	410	702	832	923	721
14g区	336	441	756	896	994	777

註: 総給餌量は12g区3600g, 13g区3900g, 14g区4200gである。

熟蚕が7月18日午前から現れはじめたので発見のつど簇に移したが、与えた飼料を食べ終わった時点で一斉に上蔟した。12g区は他の区より12時間早く食べ終わった。各区とも、飼育中に病蚕は発生せず、上蔟時および營繭時の成長不良蚕も無かった。4~5齢の経過日数と全齢日数を表3に示す。

表3 4~5齢経過日数および全齢日数 (単位: 日・時)

齢	4齢		5齢	全齢
試験区名	食	眠	食	
12g区	4・12	2・00	5・12	23・06
13g区	4・12	2・00	6・00	23・18
14g区	4・12	2・00	6・00	23・18

収繭調査および繭調査の結果に基づいて化蛹状況の成績を表4にまとめた。14g区で繭中駆蚕と繭中半化蛹蚕が多くなった。

表4 各区の化蛹状況

試験区名	上蔟時の生存蚕数(頭)	蔟中駆蚕数(頭)	蔟中不吐糸蚕数(頭)	繭中健蛹数(頭)	繭中駆蚕数(頭)	繭中半化蛹蚕数(頭)
12g区	300	1	0	292	4	3
13g区	299	1	0	288	8	2
14g区	302	0	0	286	10	6

化蛹歩合および繭質調査結果を表5に示した。化蛹歩合は上蔟時の生存蚕数に対する値である。繭質調査には上繭と確信した50粒の繭を用いたが、いずれの区でも全て健蛹であった。5齢給餌量が増すにつれ繭重および繭層重は増すが、化蛹歩合が低下する傾向が見られた。

表5 化蛹歩合および繭質に関する調査結果

試験区名	化蛹歩合(%)	10粒数	繭重(g)	繭層重(cg)	繭層歩合(%)
12g区	97.3	87	1.71	33.8	19.8
13g区	96.3	85	1.81	35.5	19.6
14g区	94.7	79	1.85	37.6	20.3

頭数整理時の幼虫100頭当たりの健蛹数と健蛹であった繭、健蛹であった繭の繭層、蛹体の生産量を計算した結果を表6に示した。健蛹数では12g区が多く、繭および繭層の生産量は14g区が多かったが、蛹体の生産量は13g区と14g区でほぼおなじであった。

表6 頭数整理時幼虫100頭当たりの生産物

試験区名	健蛹数(頭)	繭(g)	繭層(g)	蛹体(g)
12g区	97.3	166.1	32.9	133.2
13g区	96.3	173.7	34.1	139.5
14g区	94.7	175.2	35.6	139.5

3) 頭数整理を省略した飼育

試験には推定値で、全齢人工飼料育区398頭、1～3齢人工飼料・4～5齢桑葉育区（以降「4～5齢桑葉育区」とする）398頭、4齢における発育調査区405頭の蟻蚕を掃き立てた。1齢から3齢までは7mm角の棒状に切った飼料を与えた。各区1齢40g、2齢80g、3齢280gの給餌量とした。1～3齢には追給餌の必要は無く、餉食時ののみの齢中1回給餌であった。掃き立てから24時間後の毛振るい蚕歩合はいずれの区も100%であった。4～5齢桑葉育区は3齢就眠直後に第一蚕室（普通蚕室）に移した。1～3齢の発育経過は、全齢人工飼料育区は5齢給餌量試験区と同じであったが、4～5齢桑葉育区は3齢眼期間が19時間長かった。

全齢人工飼料育区には4齢餉食時に除沙網を被せ7mm角の棒状に切った飼料600gを与え、餉食から13時間後に除沙を行った。4齢餉食から2日13時間後に10mm角棒状飼料を400g、さらに停食直前に切削で100g与えた。

4齢における発育調査区には4齢餉食時に7mm角棒状飼料280gを与える、4齢餉食の17時間後に4齢蚕数と3齢以下の頭数を調査した。結果を表7に示す。掃き立てた蚕の約98%が4齢に達しており、遺失蚕は約0.7%であった。

表7 4齢餉食17時間後の発育状況

4齢餉食から調査までの時間	掃き立て蚕数※	4齢蚕頭数	3齢以下頭数	対掃き立て数 生存蚕率(%)	対掃き立て数 4齢蚕率(%)	生存蚕中の4齢蚕率(%)
17時間	405	396	6	99.3	97.8	98.5

※掃き立て蚕数は蟻蚕体重調査結果に基づく推定値である。

全齢人工飼料育区の5齢給餌量を表8に示した。いずれの日も与えた飼料は翌日の給餌時には全て食べられていた。総給餌量は5147g (13g×398頭)とした。

表8 5齢各日の給餌量(g)

給餌日・時	7月13日 09時	7月14日 09時	7月15日 09時	7月16日 09時	7月17日 09時	7月18日 09時
給餌量	413	544	931	1105	1225	956

全齢人工飼料育区では熟蚕が7月18日前から現れはじめたので発見のつど蔟に移したが、与えた飼料を食べ終わった時点(19日09時)に一斉に上蔟した。4~5齢桑葉育区でも熟蚕は発見のつど蔟に移したが、ほとんどの幼虫が熟蚕となったと思われた時(19日13時)に一斉に上蔟した。両区の3~5齢経過日数および全齢経過日数を表9に示した。4~5齢桑葉育区は全齢人工飼料育区にくらべ、3齢眠の時間が長かったが4齢食期間は短かった。また、5齢および全齢日数もやや長かった。全齢人工飼料育区には飼育中に病蚕は見られなかった。

表9 3~5齢経過日数および全齢日数 (単位:日・時)

齢	3齢		4齢		5齢	全齢
試験区名	食	眠	食	眠	食	
全齢人工飼料育区	2・22	1・04	4・12	2・00	6・00	23・18
4~5齢桑葉育区	2・22	1・23	3・17	2・00	6・04	23・22

一斉上蔟の時に全齢人工飼料育区には2頭の成長不良蚕を見つけた。1頭は4齢眠中でもう1頭は通常蚕の5齢3日目程度まで成長したものであった。4~5齢桑葉育区には1頭の成長不良蚕がいたが、これも5齢3日目程度まで成長したものであった。上蔟から3日間経過した時点で蔟中の蚕を調査したところ、全齢人工飼料育区には成長不良蚕はいなかつたが、4~5齢桑葉育区には6頭の熟蚕とならない5齢幼虫がいた。これらを合わせて上蔟時の成長不良蚕とし、上蔟蚕とはしなかつた。上蔟から約8日後に収繭を行ったが、全齢人工飼料育区には1頭の不吐糸蚕(ゴロ蚕)が、4~5齢桑葉育区には5頭の鱗蚕がいたので、これらを蔟中減蚕とした。上蔟および營繭にかかる成績を表10に示した。全齢人工飼料育であっても掃き立て蚕数に対する上蔟蚕の割合が97.7%となり、成育が不揃いとは感じられなかつた。成長不良蚕をそれぞれの飼料で引き続き飼育したところ全齢人工飼料育蚕は何れも結繭まで成長したが、4~5齢桑葉育蚕は成長が緩慢でやがて死亡した。したがつて、4~5齢桑葉育蚕の成長不良の原因は病気の可能性がある。

表 10 上蔟および結繭にかかる成績

試験区名	掃き立 蚕数※ (頭)	上蔟時の 生存蚕数 (頭)	対掃き立て 蚕数上蔟時 生存率 (%)	上蔟時の 成育遅延 蚕数 (頭)	対掃き立て 蚕数上蔟 蚕率 (%)	簇中減蚕数 (頭)	対掃き立て 蚕数結繭 蚕率 (%)
全齢人工飼料育	398	391	98.2	2	97.7	1	97.5
4～5齢桑葉育	398	380	95.5	7	93.7	5	92.5

※掃き立て蚕数は蟻蚕体重調査結果に基づく推定値である。

収繭調査および繭調査を行い、化蛹歩合および単繭重等の繭質成績を算出し表 11 に示した。化蛹歩合は掃き立て蚕数推定値に対する値である。4～5齢桑葉育区には繭中駆蚕および繭中半化蛹蚕が多かつた。繭層歩合は4～5齢桑葉育区が高かった。なお、繭質調査には上繭と確信した50粒の繭を用いたが、いずれの区でも全て健蛹であった。

表 11 化蛹歩合および繭質に関する調査結果

試験区名	繭中駆 蚕数 (頭)	繭中半化 蛹蚕数 (頭)	化蛹歩合 (%)	10粒数	繭重 (g)	繭層重 (cg)	繭層歩合 (%)
全齢人工飼料育	13	1	94.0	78	1.92	39.8	20.7
4～5齢桑葉育	16	8	86.4	71	2.07	48.5	23.4

4) 繰糸試験成績

2018年初秋蚕期の飼育試験において営繭させた5区の繭の繰糸成績概要を表 12 に示した。給餌量試験の3区で繰糸用繭重量が繭質調査における繭重より3.3～6.2%重くなっていた。この原因には、繭質調査用繭抽出時の偏りと繰糸用繭の雌雄比の偏りが推察されるが、いずれであるかは確定できない。なお、頭数整理を省略した全齢人工飼料育区と4～5齢桑葉育区では、その差は1%未満であった。

全齢人工飼料育した4区と4～5齢桑葉育区とでは繭糸長に大きい差があった。4～5齢桑葉育区の繭重が大きいため糸長が長いという可能性があるので、表 13 に示す通り、各試験区の繰糸用繭重量当たりの繭糸長を算出して比較したところ、全齢人工飼料育区と4～5齢桑葉育区で大きな差があった。一方繭糸纖度は全齢人工飼料育した区で大きい傾向であったので、やはり表 13 に示す通り繰糸用繭重量当たりの纖度値を計算して比較したところ、4～5齢桑葉育区の1.26に対し全齢人工飼料育区は1.49以上となり、やはり大きな差が見られた。このように、4～5齢期の飼料の違いで糸長および纖度に大きい差が生じる結果であった。解舒率については試験区間の差は小さく、飼料間の差は認められなかった。

表 12 繰糸成績の概要

試験区名	繰糸用繭重量 (g)	繭糸長 (m)	繭糸量 (cg)	繭糸纖度 (d)	解舒率 (%)	生糸量歩合 (%)
12 g	1.795	911	26.6	2.68	75.3	14.8
13 g	1.870	874	29.2	3.06	79.1	15.6
14 g	1.965	943	31.5	3.05	83.8	16.0
(頭数整理省略) 全齢人工飼料育	1.910	936	30.7	3.00	81.6	16.1
4～5齢桑葉育	2.085	1356	39.0	2.62	78.2	18.6

表 13 繩糸用繩重量当たりの繩糸長値および繩糸纖度値

試験区名	繩重当たりの 繩糸長値 (m/g)	繩重当たりの 繩糸纖度値 (d/g)
12 g	507	1.49
13 g	467	1.64
14 g	480	1.55
(頭数整理省略) 全齡人工飼料育	490	1.57
4 ~ 5 歳桑葉育	650	1.26

(2) 2017 年春蚕期に行った頭数整理を省略した全齡桑葉育試験

試験に使用した蚕種の孵化歩合は平均で 98.4%，標準偏差は 0.7% であった。また、蟻蚕 1 g 当たりの頭数は 2310.0 頭であり、蟻量で 0.1657 g を採って掃き立てた。頭数は約 383 頭と推定された。掃き立て翌日に毛振るいを観察したが、毛振るいしていない個体は見つからなかった。蚕の成育は順調であった。全齡の経過を表 14 に示した。1 ~ 3 歳日数は 11 日 8 時間となった。

表 14 経過日数 (単位: 日・時)

1 歳		2 歳		3 歳		4 歳		5 歳	全齡
食	眠	食	眠	食	眠	食	眠	食	
3・04	1・00	2・04	1・00	2・12	1・12	3・20	1・16	7・04	24・01

飼育中に 3 眠蚕と思われる個体が現れていた。5 月 20 日 16 時から 5 月 21 日 15 時の間に熟蚕が 7 頭現れたが、これらは 3 眠蚕と思われる。これらの熟蚕は、4 眠蚕と思われる個体とは異なる簇に移した。残りの幼虫は、大部分が熟蚕となった 5 月 22 日 14 時に一斉に上簇した。飼育中には病蚕を発見しなかった。

上簇時に成長不良蚕は発見されなかった。上簇から約 3 日経過するとほとんどの蚕が結繩し、この時点でも成長不良蚕と思われる個体は見られなかった。上簇から約 8 日後に収繩を行ったが、5 頭の不吐糸蚕(ゴロ蚕)、6 頭の斃蚕、3 頭の薄皮繩斃蚕がいたので、これらを簇中減蚕とした。上簇および結繩にかかる成績を表 15 に示した。掃き立て蚕数に対する上簇時生存率および上簇蚕率が 99.0% となり、幼虫の成育は良好で発育も良くそろっていた。簇中減蚕はやや多かった。

表 15 上簇および結繩にかかる成績

飼育形式	掃き立て 蚕数※ (頭)	上簇時の 生存蚕数 (頭)	対掃き立て 蚕数上簇時 生存率 (%)	上簇時の 成育遅延 蚕数 (頭)	対掃き立て 蚕数上簇 蚕率 (%)	簇中減 蚕数 (頭)	対掃き立て 蚕数結 繩蚕率 (%)
全齡桑葉育	383	379	99.0	0	99.0	14	95.3

※掃き立て蚕数は蟻蚕体重調査結果に基づく推定値である。

収繩調査および繩調査を行い、化蛹歩合および繩重等の繩質成績を算出し表 16 に示した。化蛹歩合は掃き立て蚕数推定値に対する値である。春蚕期で給桑量を制限しなかったので繩重は重かった。

表 16 化蛹歩合および繭質に関する調査結果

飼育形式	繭中鱗蚕数 (頭)	繭中半化蛹蚕数 (頭)	対掃き立て蚕数化蛹歩合 (%)	10粒数	繭重 (g)	繭層重 (cg)	繭層歩合 (%)
全齢桑葉育	4	4	93.2	56	2.60	63.9	24.6

(3) 掃き立て蚕数推定値の精度の検討

飼育試験において、掃き立て時に数百頭の蟻蚕の数を直接、蟻蚕を傷つけることなく数えることは非常に困難である。そのため、材料と方法の項に記したように、一定量の試料をとってその重量と頭数から単位重量当たりの頭数を算出し、掃き立て蚕数を掃き立てた蟻蚕の重量から推定している。本報では頭数整理を省略した飼育試験において生存率、化蛹歩合などを掃き立て蚕数推定値に基づいて算出しているので、その精度は成績を検討・比較するうえで重要な要素となる。そこで最近の秤量の成績を参照することとした。

5回の秤量について、2試料の蟻蚕 1g 当たりの頭数、その平均値、2試料間の 1g 当たり頭数の差の平均値に対する比率を計算し、表 17 に示した。2試料間の差が測定間の誤差の目安となるが、その平均値に対する比率は 0.071% から 0.531% の間にあり、それらの平均値は 0.353%，標準偏差は 0.211% であった。この結果から、真の頭数と推定値との誤差は、多くの場合 1% 未満と考えて良いと思われる。

表 17 2 試料間の蟻蚕 1g 当たり頭数測定値の差に関する調査結果

品種名	測定番号	試料重量 (g)	蟻蚕頭数 (頭)	蟻蚕 1g 当たり頭数 (頭)	蟻蚕 1g 当たり 頭数の平均値 (頭)	1g 頭数間の差の 平均値に対する比率 (%)
A	1	0.1671	393	2351.9		
	2	0.1427	335	2347.6		
				2349.7	0.183	
B	1	0.1461	324	2217.7		
	2	0.1539	343	2228.7		
				2223.2	0.498	
C	1	0.1455	333	2288.7		
	2	0.1432	326	2276.5		
				2282.6	0.531	
D	1	0.1570	333	2121.0		
	2	0.1625	343	2110.8		
				2115.9	0.484	
E	1	0.1604	400	2493.8		
	2	0.1683	420	2495.5		
				2494.7	0.071	

考 察

「錦秋×鐘和」は、日本農産工業株式会社製「シルクメイト 2S」飼料を用いた人工飼料飼育で発育が順調で揃いも良かった。4齢頭数整理時の成績では掃き立て蚕の 97.8% が 4齢に達しており、生存蚕の 98.5% が 4齢蚕であった。

5齢給餌量と飼育成績の関係について吟味するうえで重要な点は、蚕の摂食量の把握である。生理状態は摂食量により規定されるためである。今回の試験範囲では、蚕は与えた飼料を残さず食べたので給餌量を摂食量とみなすことができる。化蛹歩合は摂食量が多くなるにつれ低下する傾向が見られた。12g区は化蛹歩合が最も高かったが、逆に繭重、繭層重、繭層歩合については14g区が最も大きくなった。頭数整理時の幼虫数（基本蚕数）当たりの生産物を比較すると、繭および繭層の生産量は14g区が最多となったが、蛹体の生産量は13g区と14g区がほぼ同じとなった。化蛹歩合を重視すると12gが良いが、14g区の化蛹歩合94.7%も決して悪い値ではないので、今回の成績を参考にして、飼育の目的に合った給餌量を選ぶのが良いと思われる。なお、給餌量試験の結果から、頭数整理を行うと上蔟時の成育遅延蚕は発生しないことも明らかとなった。

頭数整理を省略した全齢人工飼料育の4～5齢の経過日数は、頭数整理によって成育の良い個体を選んだ給餌量試験区（13g区、14g区）と同じとなった。また、上蔟時の成育遅延蚕は生存蚕391頭中の2頭であり、掃き立て蚕の97.8%が上蔟した。これらの結果から、頭数整理を省略した飼育は可能と思われる。全齢人工飼料育区に比べ、4～5齢桑葉育区の上蔟率が低かったが、これは夏の飼育のため桑葉育中に病蚕が発生したためと思われる。2017年春蚕期の頭数整理を省略した全齢桑葉育では、掃き立て蚕の99%が上蔟し成育遅延蚕は発生しないという結果であり、2018年の全齢人工飼料育より成育の揃いが良かった。しかし、蔟中および繭中の減蚕が多く、掃き立て蚕数に対する結繭蚕歩合および化蛹歩合は2018年の全齢人工飼料育蚕よりやや低かった。これは繭重が重くなったことも一因と考えられる。

繰糸試験の結果を見ると、解舒率は全齢人工飼料育蚕の繭と4～5齢桑葉育蚕の繭の間に差は見られないという結果であったが、上條^{4), 5)}、角田ら⁶⁾、志村ら⁷⁾は、全齢人工飼料育蚕より桑葉を与えた蚕の繭の解舒率が高かったと報告している。また、今回の試験では、全齢人工飼料育蚕の方が4～5齢桑葉育蚕に比べ糸長が短く繭糸纖度が大きいという結果であったが、角田ら⁶⁾は2品種について調査し、一つの品種では全齢人工飼料育蚕の纖度が大きく、もう一方の品種はやや小さかったという結果を報告している。さらに、志村ら⁷⁾は2品種を、片岡ら⁸⁾は1品種を調査し、いずれの品種でも全齢人工飼料育したものは、桑葉を与えたものより繭糸纖度が小さかったと報告している。このように、今回の試験の結果と先行研究の結果には異なる点があるが、いずれの研究も供試品種および飼料が異なるので、結果の差異が何に起因するのか究明が必要である。また、全齢人工飼料育蚕の繭糸纖度が桑葉育蚕より大きく、あるいは小さくなる現象の機構についても解明が待たれる。

摘要

「錦秋×鐘和」の全齢人工飼料飼育に関する試験をおこなった。全齢の飼育に日本農産工業株式会社製「シルクメイト2S」飼料を用いた。

4齢に頭数整理を行い各区の飼育頭数を300頭とし、5齢給餌量を1頭当たり12, 13, 14gとして成績を比較した。各区とも5齢に与えた飼料は全て食下した。化蛹歩合は給餌量が多くなるにつれ低下し、12g区が97.3%, 13g区が96.3%, 14g区が94.7%であった。繭重および繭層重は給餌量が増すにつれ増加し、12g区が繭重1.71g, 繭層重33.8cg, 13g区は1.81g, 35.5cg, 14g区は1.85g, 37.6cgであった。繭層歩合は19.6～20.3%で、給餌量間の差は小さかった。頭数整理後の飼育蚕100頭当たりの生産物量は、繭および繭層で14g区が最も多く、それぞれ175.2g, 35.6gであったが、蛹体では13g区と14g区が同量で139.5gであった。

重量換算で398頭を掃き立て、頭数整理を省略した全齢人工飼料育を行なったところ、掃き立て蚕の97.8%, 389頭が熟蚕となり上蔟し、上蔟時の成育遅延蚕は2頭のみであった。この結果から、頭数整理を省略した飼育が可能と思われる。

以上の全齢人工飼料飼育で得られた繭の繰糸試験をおこなった。桑葉育の比較対照は、全齢人工飼料育蚕と同じ蚕種から同時に掃き立て、同一飼育室、同一飼料で3齢まで飼育し、4～5齢を普通蚕室で桑葉育し、再び全齢人工飼料育蚕と同一の上蔟室で営繭させた蚕の繭である。全齢人工飼料育蚕の繭は4～5齢桑葉育蚕の繭に比べ繊度が太く、糸長が短く、生糸量歩合が低かった。解舒率に差は見られなかつた。

引用文献

- 1) 田中幸夫 (1988) 原蚕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. 蚕研彙報, 36, 1-8.
- 2) 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育による採種について. 蚕糸会研報, 66, 11-16.
- 3) 農林水産省農産園芸局蚕糸課 (1996) 蚕品種指定制度事務提要, 54-59, 農林水産省農産園芸局蚕糸課, 東京.
- 4) 上條伊喜男 (1981) 人工飼料育による繭の解じよ率について. 蚕糸研究, 117, 73-77.
- 5) 上條伊喜男 (1983) 原種における人工飼料育から桑葉育への切換え時期と繭解じよとの関係 (予報). 蚕糸研究, 125, 53-57.
- 6) 角田久夫・河田 貢・岩波 寿 (1986) 人工飼料育期間及び人工飼料組成の相違が繭糸質に及ぼす影響. 蚕糸彙, 128, 5-12.
- 7) 志村幸子・中島健一・中原雄一・鮎沢弘子・立石 剣・小池文江・岡島輝雄 (2003) 全齢人工飼料育における繭糸質低下の一因. 日蚕雑, 72, (2), 71-77.
- 8) 片岡紘三・今井恒夫 (1986) 桑葉育蚕と人工飼料育蚕の繭質および繭糸物性. 日蚕雑, 55, (2), 112-117.

Summary

The most popular commercial silkworm variety in Japan is "Kinshu x Showa". This variety is now utilized for production of pharmaceutical supplies including medicine by rearing larvae on artificial diets. Hence the parameters such as consumption of diet and growth rate of larvae, and consumption of diet and cocoon characters such as cocoon weight, cocoon shell weight, cocoon shell ratio, and pupal weight in the rearing on an artificial diet should be very useful to improve the productivity of the products. This study was carried out to clarify the parameters for this variety. The silkworm larvae were reared on the artificial diet "Silkmate 2S", produced by Nosan Corporation, Yokohama, Japan.

It is known that the amount of diet eaten by the silkworms during the fifth larval instar affects the health of them. The relation between the amounts (12, 13, 14g / individual) and the rearing performance of the variety was investigated. On the second day of fourth instar the larvae were counted and retained 300 larvae in each treatment. Silkworms developed healthy and did not die until mounting stage. The pupation rate decreased according to the increase of the amount, i.e. 97.3%:12g, 96.3%:13g, 94.7%:14g. Cocoon weights and cocoon shell weights increased according to the amount, i.e. 1.71g 33.8cg:12g, 1.81g 35.5cg:13g, 1.85g 37.6cg:14g. The shell ratio was almost same and the value was 19.6～20.3%. The quantity of products based on the number of larvae at the start of the treatment were compared. The 14g was maximum on cocoon and cocoon shell. The values were 175.2g / 100 individuals and 35.6g / 100 individuals respectively. On the production of pupal body, the 13g and the 14g were the same and the value was 139.5g / 100 individuals.

Three hundred and ninety-eight silkworms were brushed and reared without the adjusting of number at the fourth instar, 389 silkworms (97.8 % of the brushed silkworms) matured for spinning at the mounting stage and only 2 silkworms stayed immature. From the above results the adjusting of silkworm number at the fourth instar is not required for the artificial diet rearing of this variety.

The reeling performance of the cocoons obtained through the experiments was investigated. As the comparative control, some silkworms with the same origin as the silkworms reared on the artificial diet were reared on the same artificial diet during first to third instar and on mulberry leaves during fourth and fifth instar, and let them spin in the same spinning room. The filaments of the cocoons made by the silkworms reared on the artificial diet were thicker and shorter than that of the silkworms reared on mulberry leaves during fourth and fifth instars. On the reelability, difference was not found between them.

負荷条件下における塩素系除菌洗浄剤の カイコ核多角体病ウイルスに対する有効性

野澤瑞佳

蚕業技術研究所

MITSUYOSHI NOZAWA: Virucidal efficacy of chlorine-based disinfectant cleaner against *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus, BmNPV, under load condition

緒 言

養蚕農家の飼育環境下において、高品質の繭を生産するためには、扱う蚕品種の環境適合性が既存の飼育環境に適していること、そしてその品種の歩留まりを妨げる主要な病原体に対して適切な防疫管理を行い、飼育環境の衛生状態を常に良好に保つことが必要である。これまで、養蚕現場の蚕病防除には、ホルムアルデヒドが使われてきたが、近年の使用規制に伴い、養蚕用途としての入手が大変厳しい状況となっている。このような状況に直面することを想定し、筆者と共同研究者らは、一連の研究成果^{1,2)}に基づいて食品添加物から構成される“養蚕用除菌洗浄剤”を開発し³⁾、実用化に必要な各種試験を行ってきた。本報では、本除菌洗浄剤の実用性を検討するために、核多角体病ウイルス (*Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus, BmNPV) に汚染されやすい上蔟室⁴⁾での利用を想定し、上蔟室から採取した“塵埃”を負荷物質に用いて、BmNPVに対する有効性を検証した。その結果、養蚕用除菌洗浄剤は、3%ホルムアルデヒドとほぼ同等の不活化作用を示したので報告する。

材料と方法

試薬の調製

本研究では、塩素系除菌洗浄剤として養蚕用除菌洗浄剤、比較試験薬として3%ホルムアルデヒド(37%, 試薬特級, 富士フィルム和光純薬)を使用した。養蚕用除菌洗浄剤の調製には、食品添加物に指定されている次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl, アサヒラック, 有効塩素濃度12%以上, 高杉製薬), 無水炭酸ナトリウム(Na₂CO₃, 高杉製薬)およびテトラポリリン酸ナトリウム(Na₆P₄O₁₃, 燐化学工業)を用いて、実用濃度の水溶液(NaOCl(有効塩素濃度251 ppm), 0.5% (w/v) Na₂CO₃, 0.2% (w/v) Na₆P₄O₁₃含有)に調製した。各試薬の調製には、蚕業技術研究所の地下水を高压滅菌処理(121 °C, 20分)したもの用いた。

負荷物質の準備

試薬に加える負荷物質として、常習違作農家の上蔟室から採取した塵埃を使用した。塵埃を蓋付きのガラスシャーレに入れて高压滅菌処理したのち、100 °Cに設定した乾熱滅菌器で8時間乾燥した。その後、滅菌した塵埃をフィルター(口径2 mm)で濾したものを塵埃試料とした。

BmNPV 多角体懸濁液の調製

茨城県内の常習違作農家から分離したBmNPV (IS-Y株)を使用した。BmNPVの多角体(OBs)を常法

により精製し、滅菌蒸留水で多角体懸濁液 (1.15×10^9 OBs/ml) を調製した。

生物検定によるウイルス不活化作用の判定

人工飼料育で用意したカイコの 2 齢起蚕（蚕品種：“ひたち×にしき”）を用いて、供試薬液のウイルス不活化作用を検証した。滅菌済みの遠心チューブ(15 ml)に、塵埃試料 1 g, BmNPV 多角体懸濁液(1.15×10^9 OBs/ml) 1 ml および供試薬液 9 ml を加えて混合し、25°C の条件下で静置した。10 分後、混合液から 1 ml を採取して滅菌蒸留水で 10 倍に希釈した液 0.4 ml を、滅菌ガラスシャーレ（φ 9 cm, 高さ 2 cm）に入れた人工飼料の切片（4 cm × 4 cm, 厚さ 0.1 cm, 1 ~ 3 齢原種用、日本農産工業）表面上に均一に滴下した。この処理から 10 分後に、カイコの 2 齢幼虫 30 頭を飼料の表面上に導入し、シャーレの蓋をして 25 °C, 16L-8D の条件下で飼育した。試験開始から 2 日目と 3 日目に、清浄な人工飼料を追加して飼育を継続し、7 日目にカイコの発病・致死頭数を調査した。負荷物質を加えない対照区については、BmNPV 多角体懸濁液と供試薬液のみを使用し、同様の手順により試験を行った。

結果と考察

次亜塩素酸ナトリウムを含有する養蚕用除菌洗浄剤³⁾は、塵埃を用いた負荷条件下においても 3% ホルムアルデヒドとほぼ同等の BmNPV 不活化作用を示した（表 1）。この結果から、養蚕用除菌洗浄剤は、塵埃が存在する条件下でも BmNPV の不活化が可能であると考えられる。これまでの調査から、養蚕農家の上蔟室は、BmNPV で汚染されやすく、消毒も不徹底となりやすい場所であることが知られている⁴⁾。このため、上蔟室における養蚕用除菌洗浄剤の使用は、BmNPV の防除において実用的な効果を發揮するものと期待される。

本研究で行われた負荷条件下における消毒効果の判定試験は、実用性を重視する、医療系や産業分野でも実施されている試験項目の一つである。特に、殺菌・消毒薬を開発し、その効果の実用性を評価する場合には、海外の試験規格を採用している場合が多い。海外の主要な規格としては、European Norm (EN) 欧州標準法、米国の American Society for Testing and Materials (ASTM) 試験法、Association of Official Analytical Chemical (AOAC) 試験法があり⁵⁾、例えば、EN 欧州標準法では、試験に用いる対象菌種の系統の他、試験に用いる水の硬度や、各対象領域（医療、食品・産業・家庭・公共施設および畜産）の試験に用いる負荷物質（ウシ血清アルブミン）の濃度なども細かく規定されている⁵⁾。この EN 欧州標準法により、負荷条件下における塩素系除菌洗浄剤の有効性を評価した事例としては、ペルオキソーサー硫酸水素カリウムを主成分とする環境除菌洗浄剤（RST）に関する試験報告があり、そのなかで、1% RST は、供試

表 1. 負荷条件下における塩素系除菌洗浄剤およびホルムアルデヒドの BmNPV に対する不活化作用

ウイルス	処理時間	負荷物質 ¹⁾	試験液	死亡頭数／供試頭数 ²⁾	
				1回目	2回目
BmNPV (1.15×10^9 OBs/ml)	10 分	有り	養蚕用除菌洗浄剤	2/30	3/30
			3% ホルムアルデヒド	0/30	1/30
		無し	滅菌水	23/30	29/30
			養蚕用除菌洗浄剤	0/30	0/30
			3% ホルムアルデヒド	0/30	0/30
			滅菌水	30/30	30/30

1) 嘉島試料

2) 蚕品種 “ひたち×にしき”，2 齢起蚕 (n=30/ 区)

細菌（メチシリン耐性黄色ブドウ球菌 methicillin resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA および多剤耐性緑膿菌 multidrug resistant *Pseudomonas aeruginosa*, MDRP）に対して比較試験薬（0.1% 次亜塩素酸ナトリウム, 0.1% 塩化ベンザルコニウムおよび 61.5 ~ 65.1% エタノール）と同様に、1分間の処理で強い殺菌作用を示したが、0.5% 過酸化水素は、3分間の処理でもこれらの細菌に対して有意な殺菌作用を示さなかつたと述べられている^③。負荷条件下では、過酸化水素のように殺菌作用が期待される消毒薬でも、その有効性を失う場合があるため、新規の除菌洗浄剤を実用化する場合には、負荷条件を伴う試験を必ず行い、その有効性を確認する必要がある。

養蚕分野では、これまで、繭の生産現場である農家の飼育施設や、稚蚕人工飼料育の施設を対象として蚕病防除が行われてきたが、今後は遺伝子組換えカイコなどを対象とした昆虫工場における衛生管理も視野に入る必要がある。本研究で試験を行った養蚕用除菌洗浄剤については、室内試験において、すでに各種蚕病々原（カイコ核多角体病ウイルス、カイコ細胞質多角体病ウイルス、コウジカビ、白きよう病菌、黄きよう病菌、緑きよう病菌、黒きよう病菌、カイコ微粒子病原虫およびグラム陰性桿菌 *Serratia marcescens*）に対する有効性が報告されているが^③、人工飼料育で問題となる腸球菌 (*Enterococcus* 属種など) に対しては、有効性の確認が未調査である。今後は、昆虫工場などで発生が懸念される各種細菌や糸状菌類に対して、EN 欧州標準法等を参考に、養蚕用除菌洗浄剤の有効性を検証する必要がある。

摘要

負荷条件下における塩素系除菌洗浄剤の有効性について、カイコ核多角体病ウイルス (BmNPV) を対象に検証した。負荷物質として常習違作農家の上蔟室から採取した塵埃を用いて、25°Cの条件下において、塵埃試料 1g, BmNPV 多角体原液 (1.15×10^9 OBs/ml) 1 ml, 供試薬液 9 ml の割合で 10 分間作用させたのち、カイコ 2 齢起蚕を用いた生物検定法によりウイルスの不活化状況を調査した。その結果、次亜塩素酸ナトリウム等を含有する“養蚕用除菌洗浄剤”は、負荷条件下においても 3% ホルムアルdehyd とほぼ同等の BmNPV 不活化作用を示したことから、上蔟室における本ウイルス防除に有効であると考えられた。

引用文献

- 1) 野澤瑞佳・伊藤 寛・代田丈志 (2011) 次亜塩素酸ナトリウムと炭酸ナトリウムの相乗効果によるカイコ核多角体病ウイルスの不活化促進法. 蚕糸・昆虫バイオテック, 80, 123-128.
- 2) 野澤瑞佳・代田丈志 (2012) 炭酸ナトリウムとテトラポリリン酸ナトリウムの添加は次亜塩素酸ナトリウム水溶液中で鉄の腐食を抑制する. 蚕糸・昆虫バイオテック, 81, 163-166.
- 3) 野澤瑞佳・代田丈志 (2012) 食品添加物から構成される養蚕用除菌洗浄剤の開発. 蚕糸・昆虫バイオテック, 81, 213-220.
- 4) 野澤瑞佳・代田丈志 (2014) 養蚕現場におけるカイコ核多角体病ウイルスの分布特性. 蚕糸・昆虫バイオテック, 83, 277-281.
- 5) 植田知文・梶浦 工・小林寛伊 (2015) 海外における殺菌・消毒薬の効力評価試験法—欧州、米国の試験規格の比較. 医療関連感染, 8, 10-16.
- 6) 小倉憂也・小澤智子・野島康弘・菊野理津子 (2015) 複合型塩素系除菌・洗浄剤の各種病原微生物に対する有効性. 環境感染誌, 30, 391-398.

Summary

Virucidal efficacy of chlorine-based disinfectant cleaner against *Bombyx mori* nucleopolyhedrovirus, BmNPV, under load condition was verified by suspension test followed by a silkworm-use bioassay. In this research, each of test suspensions was reacted at 25 °C for 10 min in a sterilized tube (15 ml) at the mixing ratio of 1 g of sterilized dust from a mounting room, 1 ml of BmNPV occlusion bodies (1.15×10^9 OBs/ml) and 9 ml of each disinfectant. After the treatment, the bioassay using newly molted 2nd-instar larvae of silkworm was performed by an oral inoculation method. In this assay, thirty larvae were placed on a square slice of semi-artificial diet (4 cm×4 cm, 0.1 cm thickness) on which 0.4 ml of reacted solution was dropped equally, and allowed to feed the diets for 24h at 25 °C under 16L:8D. After the feeding, the larvae were reared with fresh diets for six days under the same condition. Comparison of virucidal efficacy between chlorine-based "Disinfectant Cleaner for Sericulture (DCS)" and 3% (v/v) formaldehyde, based on the number of larvae died of nucleopolyhedrosis checked on the final day of the bioassay, revealed that the DCS solution which was composed of sodium hypochlorite (NaOCl) containing 251 ppm of free available chlorine, 0.5% (w/v) sodium carbonate (Na₂CO₃) and 0.2% (w/v) sodium tetrapolyphosphate (Na₅P₄O₁₃) had almost the same efficacy as 3% formaldehyde against BmNPV, and this result indicated that the DCS solution would be available for disinfection and cleaning process in mounting room of sericultural farms.

少量多品種の蚕種製造・配布に対応する技術の開発

池嶋智美・鶴井裕治・近藤 進・山口 満・田中幸夫
蚕業技術研究所

SATOMI IKEJIMA, YUJI TSURUI, SUSUMU KONDO, MITSURU YAMAGUCHI and YUKIO TANAKA: Development of a technique for producing and distributing a wide variety of silkworm eggs in small amounts.

緒 言

商業用目的の蚕種には、主として散種（ばらたね）が用いられる。散種とは1粒1粒がばらばらになった状態の蚕種のことをいう。通常散種を得るために、交尾後の雌蛾を産卵台紙上で産卵させた後、膠着物質により台紙に固着した卵を水で洗い落す必要がある。このとき、予め水溶性の糊を塗布した耐水性のある台紙上に産卵させることで、容易に卵を洗い落として回収することができる。散種は、その一部の重量と粒数から製造した蚕種の全数を容易に把握することができる。また、蚕種の配布において、重量換算で蚕種を調製できるため、数量の変更に柔軟に対応できるという利点がある。

近年、国内で製造される普通蚕種の約7割を、錦秋×鍾和、春嶺×鍾月が占めている¹⁾。これら大量の蚕種は、蚕種製造業者4社によって製造・配布されている。蚕種製造業者が普通蚕種の製造に用いる産卵台紙のサイズは縦78.5cm～170cm×横54cm～93cmであり、洗い落としを行うための台はその台紙サイズに合わせて縦80cm～170cm×横73cm～95cmとなっている。また、台紙1枚当たりの産卵蛾数は、180～500蛾となっている。

一方、蚕業技術研究所で開発された特徴ある蚕品種を始めとする品種においては、継続的な需要があるものの、その配布数量は年間、数十蛾（1蛾500粒程度）～数十箱（1箱20000粒換算）程度である。これら少量の散種を蚕種製造業者と同じ用具を用いて調製した場合、品種によっては1枚の産卵台紙で必要とする量の蚕種を製造することができる反面、その台紙から回収された母蛾が1蛾でも微粒子病検査に不合格になると、得られた蚕種は全て廃棄することになる。このような問題を解決するために、既存の方法に替わる、少量の散種を調製するための蚕種製造方法を開発する必要があると考えられた。そこで本研究では、少量多品種の散種を調製するため、蚕業技術研究所の既存の施設で使用できる用具とそれらを用いた蚕種製造技術を開発したので報告する。

また、散種を配布する際には、蚕種を粘着面に張り付けて催青を行うことができる糊付け催青台紙を用いる。2012年、唯一の供給先であった東陽化成品株式会社より、糊付け催青台紙の製造中止の通知を受け、著者らは蚕種製造業者と協力し、2015年に蚕種の張付面に剥離紙を利用した新しい散種用の催青台紙を完成させた。当所では本催青台紙を使用し、2015年の春蚕期より普通蚕種の配布を開始しており、現在では蚕種製造業者においても新しい散種催青台紙として使用されている。本研究では、本催青台紙の作製方法および使用方法と、少量の散種配布に応用した手法についても報告する。

本文に先立ち、資料の提供と助言をいただいた上田蚕種株式会社宮本奉三氏、石井正宏氏、愛媛蚕種株式会社兵頭眞通氏、株式会社高原社草間幸男氏、飯沼彰氏、多田光一郎氏、草間葉子氏、富田蚕種製造所富田克衛氏、散種催青台紙を試験いただいた群馬県蚕糸技術センター鹿沼敦子氏、協力をいただいた蚕業技術研究所の諸氏、ならびに助言と校閲をいただいた同研究所所長新保博博士に深く感謝の意を表する。

材料と方法

洗い落とし台の作製

蚕業技術研究所既存の施設である屋外の人工孵化施設には、5つのシンクが設置されている。その内の3つは水洗い専用のシンクになっており、卵面消毒や浸酸処理後の蚕種の水洗いなどに使用されている。各シンクの大きさは縦57cm×横58cm×深さ41cmであることから、少量の散種生産用として、これに収まる大きさの洗い落とし台を作製することにした。材料には、耐水性ベニヤ板、ネジ、耐水性の白色ペンキを用いた。

産卵台紙および産卵枠の作製

洗い落とし台の作製後、産卵台紙のサイズおよび産卵蛾数について検討し、その後産卵枠を作製した。

散種催青台紙の作製と小型化

製造中止となつた糊付け催青台紙に代わる製品の開発を行つた。蚕種の張付面用の資材として、7種類の剥離紙を供試した。選定した剥離紙を用いて、旧来品同様のサイズである、15,000から30,000粒程度の蚕種を催青するのに適した散種用催青台紙を完成させた。材料にはすべて既製品を用いた。次に、新しい台紙は数千粒程度の蚕種を催青するには大きすぎて適さないことから、小ロット用の台紙を作製することが望まれた。そこで、散種用催青台紙の作製に使用した資材を加工し、小ロット蚕種の配布に適した台紙の作製を行つた。

結果と考察

洗い落とし台の作製

蚕種製造業者で使用する蚕種洗い落とし専用の台の形状を参考に、人工孵化施設内のシンクに収まる、縦55cm×横40cm×高さ45cmの洗い落とし台を設計した（図1）。耐水性ベニヤ板から各パーツを切り出し、それらを接着しネジで固定した。その後、耐水性の白色ペンキを用いて全体を塗装した（図2）。塗装によって耐水性と耐久性が強化され、さらに作業時には、台の白色と卵色とのコントラストにより、蚕種の取りこぼしを防ぐ効果が認められた。

洗い落とし台は、複数品種の洗い落としを同時に行えるよう2台作製した。

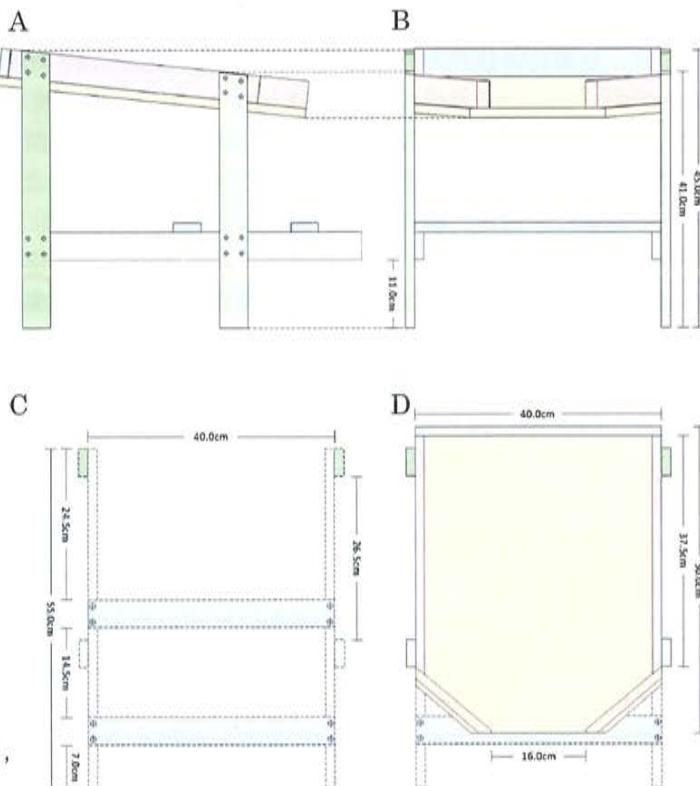


図1 洗い落とし台設計図

- A：左側面図，B：正面図，
- C：平面図（上部の台を取り外したもの），
- D：平面図

産卵台紙の作製

作製した洗い落とし台に合わせて散種用産卵台紙のサイズを変更した。縦35.5cm×横23cmの枠製産卵台紙が洗い落とし台に収まることから、市販の散種用産卵台紙をこの大きさに切り揃えた(図3,4)。散種用産卵台紙1枚からは7枚の台紙が切り出され、これらは枠製産卵台紙と同じサイズであることから、蚕種を保護する際に使用する種枠、冷蔵缶など既存の蚕具を利用することができます(図5)。

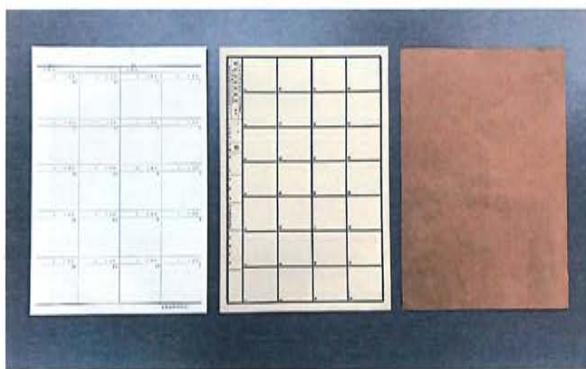


図3 産卵台紙

左から枠製台紙20蛾用、枠製台紙28蛾用、散種用台紙



図5 冷蔵缶に入れて保護中の蚕種
左の2缶は枠製台紙、右の2缶は散種台紙

採種蛾数の検討と産卵枠の作製

作製した産卵台紙はその大きさから、28蛾の連続産卵蛾輪を使用できる。緒言でも述べたように、小ロット蚕種の製造においては、1枚の台紙に産卵させる雌蛾の数を多く設定すると、微粒子病検査に不合格になった場合の損失が大きくなってしまう。そこで、このリスクを分散させる必要から、台紙1枚当たりの採種蛾数について検討した。



図2 作製した蚕種洗い落とし台

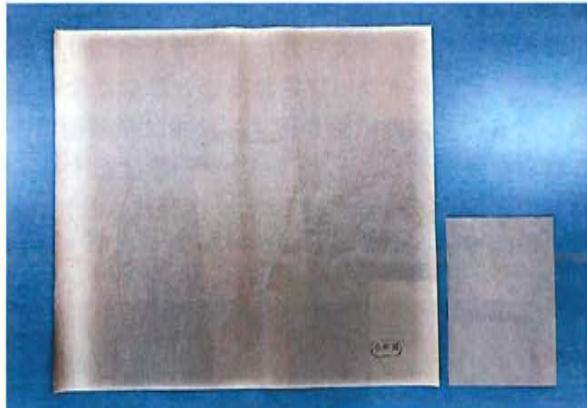


図4 散種用産卵台紙
上：洗い落とし台に置いた台紙
下：左の台紙から右の台紙が7枚取れる

原原蚕種や原蚕種など枠製台紙を用いた蚕種製造では、母蛾 10 ~ 14 蛾毎に微粒子病検査を行っている。この値を参考にし、台紙 1 枚当たりの産卵蛾数を 15 蛾程度とした。

また、産卵には既存の産卵蛾輪を使用できたが、採種作業の効率化を図るために、簡便に産卵させる方法を検討した。厚さ約 0.7 mm の両面白ボール紙を加工し、上面 13 cm × 25 cm、底面 18 cm × 30 cm、高さ 4.5 cm の四角錐台の枠を作製した。ボール紙の接着には液体のりを使用し、溶解した蠅に浸漬することで、防汚効果と耐久性を付加した。この枠を産卵台紙上にセットし、15 蛾の雌蛾を枠内に収め、その上に金属製の蓋をすることで、1 蛾 1 蛾を蛾輪に収めた場合に比べて作業が容易になり、作業性の向上が認められた（図 6）。



図 6 産卵枠を用いた散種の採種

散種催青台紙の作製と小型化

蚕種の張付面用の資材として、剥離紙を使用することとした。最初に検討した 4 種類の剥離紙では、卵が張り付く一方で、孵化した幼虫も粘着面にトラップされてしまうという問題が生じた。これらは使用できないものと考えられたが、卵を張り付けた後、ベビーパウダーを粘着面に塗布し粘着力を弱めることで、幼虫がトラップされることなくなった。次に、先の剥離紙より粘着力の弱いものについて試験したところ、卵は張り付き、幼虫は粘着面にトラップされず台紙内を自由に動き回ることができた。これらを使用することで、パウダーを塗布する工程が不要となった。供試した 3 種の剥離紙の内、最も粘着力が弱い RE505S（リンテック株式会社）においても蚕種が張り付いたことから、これをを利用して散種用催青台紙を完成させた（図 7）。作製方法および使用方法については図 8 に示した。

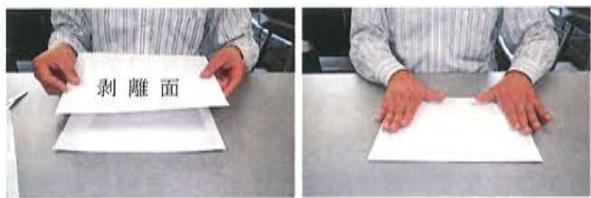


図 7 作製した散種催青台紙

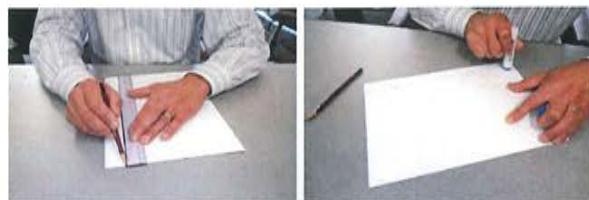
覆い紙（白色）を剥がすと、発泡スチロールのビーズが付いた蚕種張付け面が現われる



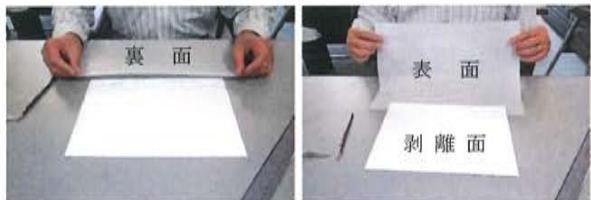
1. 厚紙台紙の周辺に両面テープを貼り、テープの剥離紙を剥がす。



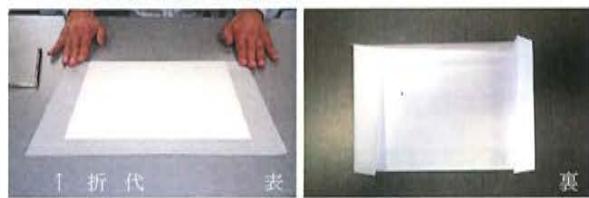
2. 粘着シート（剥離紙付 A4 版、リンテック）と厚紙台紙を貼り合わせる。



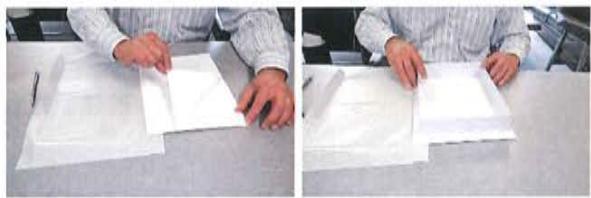
3. 厚紙台紙の一辺（長辺）に 2cm 幅の線を引き、のりを塗り 2cm 幅の糊代を作る。



4. 覆い紙を貼り付け（覆い紙の裏面が上になるように、また貼付部以外の 3 辺に折代ができるようにする）、台紙を裏返す。



5. 剥離面側にかかるよう覆い紙を折り返し、貼付部以外の 3 辺を折り返して折皺をつける。



6. 覆い紙を開き、粘着シートの剥離紙を剥がす。シートの上に散布用枠をセットする。



7. 枠内に発泡スチロール製の小玉を粘着面に適当な間隔で撒き散らす。



8. 枠内に蚕種を均一になるように撒き散らし、枠を取り外す。



9. 覆い紙をかぶせて種の付いていない糊代部分に接着させ、折皺に従って元の状態に戻す。



10. 台紙を左右上下に傾け、蚕種が粘着面に均一に付くようにする。



11. 覆い紙は簡単に剥がせて、粘着面に再接着させることができる。

材料・粘着シート（剥離紙付 A4 版）・両面テープ
 ・厚紙（A4 版）・鉛筆・スティックのり・覆い紙
 ・発泡スチロール製の小玉・はさみ、カッター
 ・ピンセット・定規・散布用枠

図 8 散種催青台紙の作製方法および使用方法

作製した散種用催青台紙は、製造中止となった糊付け催青台紙の代替品として普及している（図9）。この台紙は15,000から30,000粒程度の蚕種を催青するのに適しており、旧来の糊付け台紙と同等の性能があると認められている。またその形状から以前と比べて、蚕種の散布には時間がかかるようになったものの、封入口に差し込こんだ漏斗から蚕種を注ぎ入れた旧来品のように、蚕種が偏って張り付くことがなくなり、張付面全体に均一に蚕種を散布することができるようになった。



図9 散種催青台紙による蚕種の催青

しかしながら、20,000粒前後の蚕種を配布するのに適したこの台紙を用いて数千粒程度の蚕種を催青すると、蚕種の張付面以外に大きな空きスペースができてしまう。催青に支障はないが、蠶が台紙内を移動し拡散すると、適切な蚕座面積での掃き立てが難しくなってしまう。広くなった蚕座は、座直しすれば適切なサイズにすることもできるが、催青台紙のサイズを変更することで、この問題は解消されるものと考えられた。そこで、新しい散種催青台紙に使用している剥離紙を通常サイズの2分の1、4分の1にカットし、覆い紙など他のパートもこれに合わせ縮小版の催青台紙を作製した（図10）。従来品にはなかった小サイズのものを自在に作製できることが今回作製した催青台紙の大きな利点であり、台紙サイズ選択の幅が広がった。

現在、少量の蚕種の配布にはこれらを利用している。

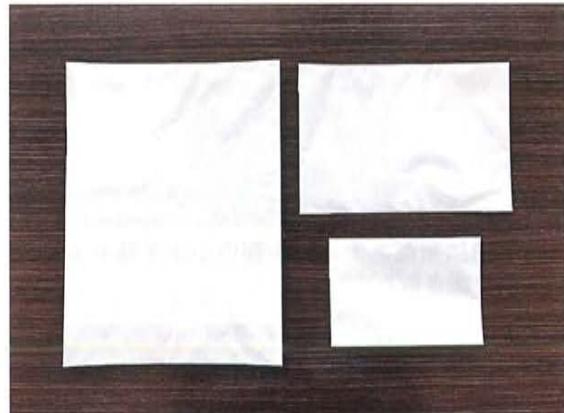


図10 大きさの異なる散種催青台紙

左が標準サイズ、右上が2分の1サイズ、右下が4分の1サイズ

少量多品種の蚕種製造・配布に対応する技術の開発

蚕種の製造と配布には、①原蚕の飼育、②採種、③母蛾の微粒子病検査、④蚕種の保護、⑤散種の調製（洗い落とし、塩水選、消毒、浸酸、粒数調査等）、⑥秤量と催青、⑦発送などの多くの作業工程がある。同じ時期に複数品種の蚕種を製造する現場では、異品種の混入を防ぐため、作業時には品種間の距離を取る、チェック体制を強化するといった対策を講じている²⁾（図11）。本研究ではこれらに関する蚕具の改良を試み、産卵台紙、蚕種洗い落とし台および散種催青台紙を小型化して製造数量の小ロット化に対応した。加えて、多くの品種を取り扱うことから採種作業を簡便にするために産卵用枠を作製

した。2台の洗い落とし台は異なる品種を同時に洗い落としできるようにするためでもあり、それらに合わせて蚕種を風乾するための乾燥機も2台作製した。乾燥機については、小型化していないので、量の少ない品種は短時間で乾燥することができる。そのため、1日に数品種の散種を調製できるようになっている。また他にも、催青台紙に蚕種を散布する際に蚕種の飛散を防止し、効率よく均一に蚕種を散布するための逆四角錐台形の枠を作製し（図12）、蚕種送付用の箱については、1～2箱単位での蚕種の配布の増加に伴い、従来品に比べて奥行きが短いものを用意している（図13）。これらを使用することにより、少量多品種の蚕種製造と蚕種配布のための基盤技術を構築することができた。



図11 散種の洗い落とし

異なる品種を同時に洗い落とす際には、シンク1つの間を開けて作業する



図12 蚕種散布用の枠

左：プラスチック段ボール製の本体 右：散種催青台紙の蚕種張付面に設置して使用する

蚕業技術研究所では、春蚕期、初秋蚕期、晚秋蚕期、初冬蚕期および早春蚕期の5蚕期に蚕を飼育し、蚕種を製造している。製造した蚕種の内、春蚕期掃き立て用は12月と1月に、初秋蚕期用は2月に、晚秋蚕期用は8月、3月および4月に蚕種を洗い落とし散種に調製している。2019年2月から2020年1月までの1年間に洗い落として散種とした蚕品種の数は延べ32品種であり、蚕種の総量は約1千万粒であった。蚕種1箱を20,000粒とすると約500箱分になる。これら散種は主に春蚕期、初秋蚕期および晚秋蚕期の3蚕期に配布されるが、年間を通じて蚕種を一定数量・定期的に配布する機会も増えている。複数の品種について、散種による通年配布を行えるよう蚕種製造体制を整備することが今後の課題である。

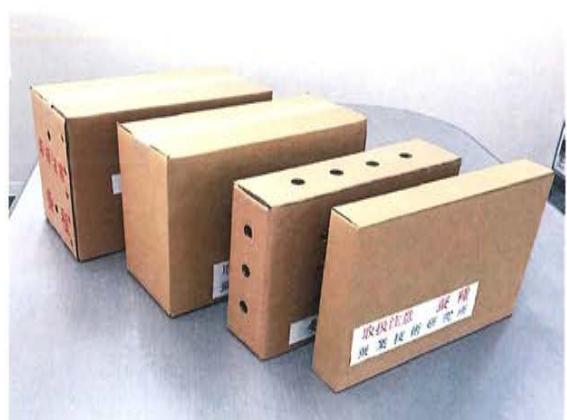


図13 蚕種送付用の箱

左奥から3つは従来品、右手前の1つが少量蚕種用に新たに用意したもの

また、蚕種の安全性を確保しながら、多様化するニーズに応えるため、今後も継続して蚕具の改良を行っていく必要があると考える。最近は、教材用あるいは作品用として、学校や個人に複数の品種の蚕種を配布するケースも増えている。これらは1品種につき500粒、1,000粒と少ない場合が多い。これらに対応するため、新たに8分の1サイズの散種催青台紙を作製し、利用する予定である。

摘要

少量多品種の蚕種を製造するために、散種の調製に使用する洗い落とし台の小型化を図った。作製した洗い落とし台に合わせて産卵台紙の大きさを変更し、効率的に採種を行うための散種専用の産卵枠を作製した。また、製造中止になった糊付け催青台紙に代わる散種催青台紙を開発し、これについても少量の蚕種の配布に適した大きさの台紙を作製した。これらを用いて、少量多品種の蚕種を製造・配布するための技術を開発した。

引用文献

- 1) 一般財団法人大日本蚕糸会 (2019) シルクレポート 2019年4月号, 61, 53.
- 2) 池嶋智美 (2018) 蚕業技術研究所におけるカイコ系統保存. 蚕糸・昆虫バイオテック, 87, 43-46.

Summary

In order to produce a wide variety of silkworm eggs in small amounts, attempts were made to miniaturize a washing and sifting table that is used to prepare loose eggs. At the same time, the size of egg-cards was changed to match the size of the washing and sifting table and create an oviposition frame specially designed for loose eggs that can increase the efficiency of the egg-raising process. In addition, a new type of incubation mat for loose eggs was developed to replace the sticky incubation mat that had caused production stoppages, and this new mat was also of a size that was suitable for the distribution of small amounts of silkworm eggs. Through the use of these innovations, a technique was developed to produce and distribute a wide variety of silkworm eggs in small amounts.

蚕業技術研究所における微粒子病検査の取り組み

野澤瑞佳・鶴井裕治・松本正江・浅野栄子・武内恵美子・村山真樹
蚕業技術研究所

MITSUYOSHI NOZAWA, YUJI TSURUI, MASAE MATSUMOTO, EIKO ASANO, EMIKO TAKEUCHI and MAKI MURAYAMA: Recent status of pebrine inspection in Institute of Sericulture

1. はじめに

19世紀の半ば、ヨーロッパでは、南フランスを中心に原因不明の蚕病が蔓延し、養蚕業が危機的状況にみまわれた。ルイ・パスツールは、かつての師から原因不明の蚕病研究に取り組むことを懇願され、苦難の末に、その病気の原因と解決策を見出した¹⁾。微粒子病を防ぐための蚕種の“袋採り法”の考案である²⁾。その方法は、明治の初期に日本へ伝わり、後に、蚕種の検査法として改良・法制化され、1蛾検査による微粒子病検査の方式が確立された。1967年、長らく続いている1蛾検査から、最大30蛾の母蛾を一度に磨碎する集団検査方式が、蚕糸試験場病理部の上田金時・藤原公・早坂昭二らによって考案され、1968年発令の蚕糸業法施行規則の改正（農林省令第23号）により実用化された^{3,4)}。その“集団母蛾検査”による無毒蚕種の選別は、今日の蚕種製造においても必須の作業であり、我が国の微粒子病研究が到達した貴重な実用技術の一つである。

本報では、最近の微粒子病検査の取り組みとして、集団母蛾検査の近況をとりあげた。当研究所における微粒子病検査の現状を紹介することで、検査に対する理解が更に深まるこことを期待する。

2. 検査員の構成と年間検査数の推移

2020年4月現在、当研究所では、職員2名、年間雇用者2名、定年退職後の再雇用による元検査員2名の合計6名で微粒子病検査を行っている。検査員数の年代別内訳は、40代3名、50代後半1名、60代後半2名であり、現在、このメンバーで年間8,000検体前後の微粒子病検査を行っている。検査の所要日数は60日前後、休日を含めた月に換算すると、3か月ほど検査に従事していることになる。

当研究所では、現在、各蚕期（早春、春、初秋、晩秋および初冬）の終了直後から微粒子病検査を行っており、各蚕期の検査数の内訳は、2019年を例にあげると、早春蚕期826点、春蚕期2,927点、初秋蚕期1,598点、晩秋蚕期2,058点および初冬蚕期910点となっている。過去15年間の微粒子病検査数（集団検査数+1蛾検査数）の推移をみると（図1）、桑育で採種を行う春、初秋および晩秋蚕期の検体数が検査の大部分を占めており、全齡人工飼料育で採種を行う初冬および早春蚕期の検体数は少ない傾向にある。また、1年間に提出された1蛾検査の数は、2012～2015年にかけて一時的に急増したが、2016年以降は目立った増え方をしていない（図1）。最近の年間あたりの微粒子病検査数（集団検査数+1蛾検査数）は、2012年以降、8,000検体前後で推移しており、2005年の検査数に比べると約2倍に増加している（図1）。

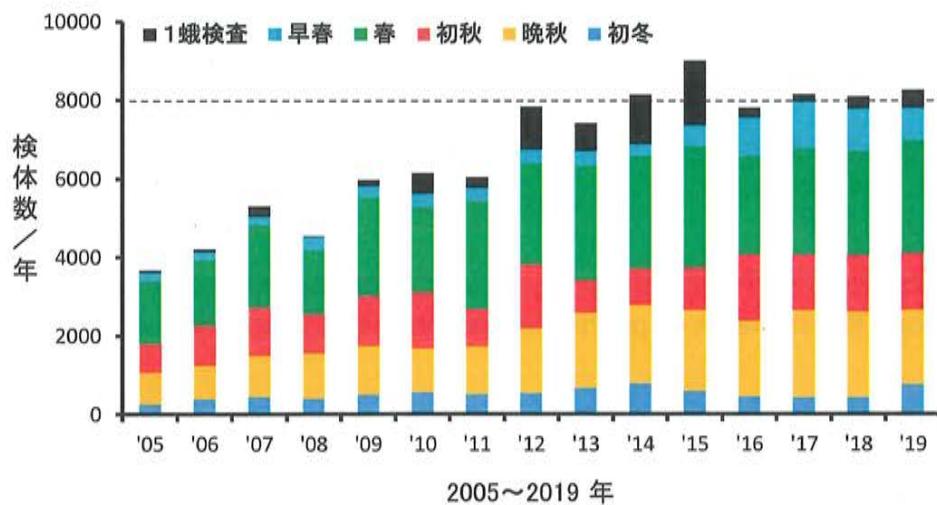


図 1. 過去 15 年間における微粒子病検査数の推移

3. 検査合格率の推移

2019 年における微粒子病検査の合格率（疑似胞子類を含む）は、早春蚕期 100%，春蚕期 99.2%，初秋蚕期 94.6%，晩秋蚕期 94.1% および初冬蚕期 100% となっている。早春および初冬蚕期は、全齢人工飼料育による採種が行われているため検査合格率は 100% に達しているが、桑育で採種を行う春～晩秋蚕期の検査合格率についても 94.1～99.2% と高い合格率であった。過去 15 年間の検査合格率の推移をみると（図 2），一部例外の年はあるが、春蚕期の合格率は概して高く、初秋および晩秋蚕期の合格率は春蚕期よりも低下する傾向がある。過去 15 年間に、検査合格率が 95% を超えた年は、春蚕期 13 回、初秋蚕期 11 回、晩秋蚕期 8 回となっており、当研究所における春蚕期は、蚕種製造に適した時期であることがわかる（図 2）。

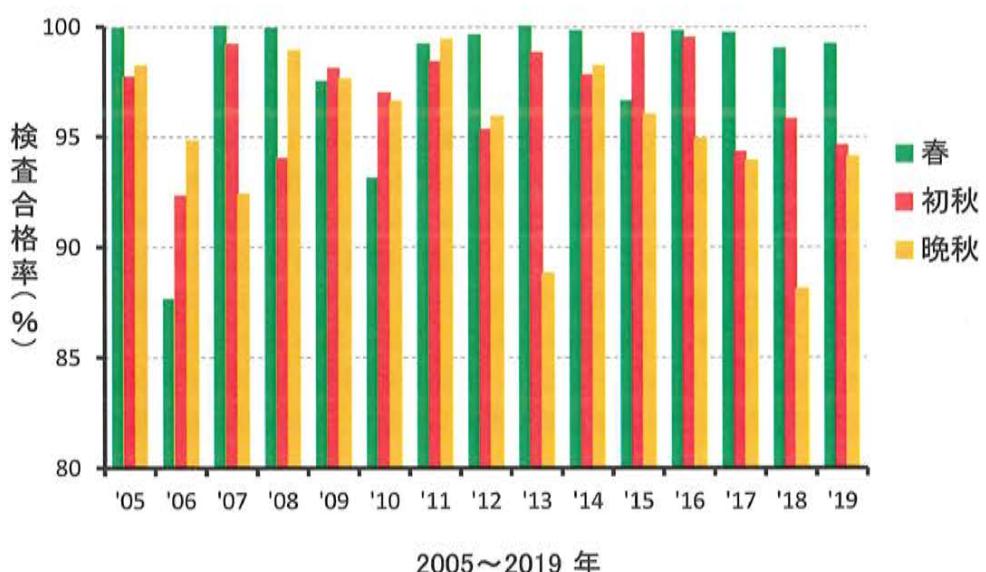


図 2. 過去 15 年間における微粒子病検査の合格率（春，初秋及び晩秋蚕期）

4. 集団母蛾磨碎装置の更新

当研究所では、1966 年に、蚕糸科学研究所の小平支所へ初めて集団母蛾磨碎装置（SPM）が導入されて以来、約半世紀にわたり集団母蛾検査が行われている。SPM 初号機の導入から 16 年後の 1982 年には、2 号機の SPM 2（図 3）に機種が更新され、以後、磨碎モーターや周辺部品の交換に努めながら同機種の使用を継続してきたが、導入から 30 年が経過したあたりから、検査の最中に、電子系統の不具合が頻発するようになり、本機種の継続使用が限界を迎えていた。この問題を解決するために、平野製作所株式会社の若林修一氏と筆者は、当研究所の 3 号機となる SPM 2-4 を考案し、2013 年 1 月に当研究所へ本機種を導入した（図 3）。前機種の SPM 2 は、「磨碎液の注入」・「蛾の磨碎」・「磨碎液の濾過と磨碎カップの洗浄」に関わる三工程が 1 台の装置に固定されていたため、装置が大変重く、移動性に劣るという欠点があった。この欠点を克服するために、3 号機の SPM 2-4 は、上記の三工程を各装置として独立させることで三体分離型の仕様とし、更に、各装置にキャスターを採用することで、配置の変更や移動が容易に行えるように改良されている。この他にも SPM 2-4 には新しい機能が追加されているので、以下に紹介する。



図 3. 集団母蛾磨碎装置 SPM 2（旧機種：上）および SPM 2-4（新機種：下）

1) 磨碎液注入装置

本装置は、四連式の磨碎カップへ炭酸カリウム水溶液を自動注入するための専用装置である（図4）。前機種では、装置の内部に液量調整用の四つのツマミが設置されており、液量を増減するために一つのツマミを回すと、他のカップに注入する液量が増減するため、液量のバランス調整が大変難しい作りであった。新機種の SPM 2-4 では、この問題を解決し、装置の外部から四つの注口の液量調整を単独で行える仕様に改善したことで、蛾数に応じた液量の変更が容易になっている（図5）。更に、液を自動注入する専用のスイッチ（図6）は、作業者の利き手を生かせるように装置の左右側面に設置されており、どちらを押しても液の注入が可能となっている。集団母蛾磨碎装置を扱う作業は、繰り返しの動作による連続作業であるため、この手の小さな工夫によってストレスの軽減化が図られている点は、本装置の隠れた特長である。



図4. 磨碎液注入装置の外観



図5. 注入タイマーと手動注入スイッチ



図6. 磨碎液自動注入スイッチ

2) 四連式磨碎装置

本装置は、母蛾を入れた四連式の磨碎カップを本装置に装着し（図 8），分速 10,000 rpm の回転数で 2 分間の磨碎処理を行うことで，一度に 4 検体の磨碎液を作ることができる。本装置の制御には，タッチパネルが採用されており，磨碎モーターの回転数と処理時間をパネル上の操作で設定可能である（図 9）。更に本装置には，稼働スイッチの他に，専用の非常停止ボタンが設置されており，蛾の磨碎中に動作不良などの非常事態が発生した場合には，瞬時に装置を止めることができる（図 10）。

本装置による蛾の磨碎では，前機種と同様に，磨碎モーターとシャフトの動力を，2 組のカップリング（A および B, 図 11）を介して磨碎刃へ伝えているが，前機種で更新した磨碎モーターの代用品では，モーターの動力を刃へ伝えるカップリング B を交換するために，モーターの隙間から金属製の細い芯を挿入し，シャフトの回転を止める場所を探りながらカップリング B を交換する必要があった。本装置では，この技術的な問題を改善するために，モーターの外部へ延長したシャフトの穴へ固定器具を挿入することにより，カップリング B の交換が容易に行えるように改良されている（図 12）。



図 7. 四連式磨碎装置の外観



図 8. フォルダーに装着された磨碎カップ（左）と磨碎装置上の設置部位（右）



図 9. タッチパネルに表示された磨碎工程の様子



図 10. 起動スイッチと非常停止ボタン

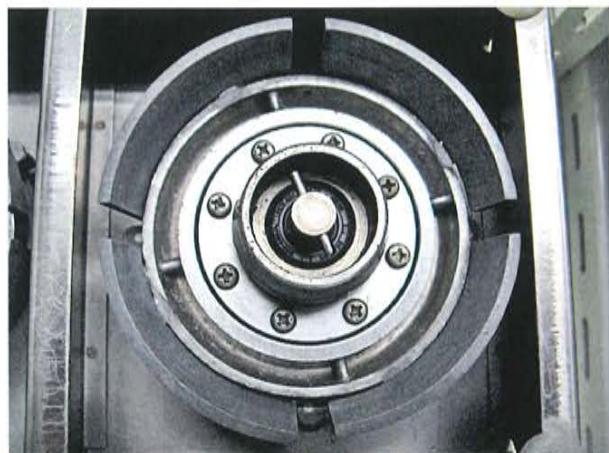


図 11. カップリング A (左) および B (右)



図 12. シャフトの固定 (左) によるカップリング B の着脱 (右) の様子

3) 洗浄装置

本装置は、濾過工程とカップの洗浄工程を担う専用装置である（図 13）。磨碎処理を終えた四連式の磨碎カップをフォルダーとともに本装置のステージ上へスライドさせ、所定の箇所を金具で留めた後、起動スイッチを1回押すと、ロート台が置かれた側にステージが傾き、専用ロートに磨碎後の液が注がれる（図 14）。1分後、ステージが元の位置に戻ったところで、磨碎カップのフタを外し、2回目の起動スイッチを押すと、ステージが反転し、1分間の高圧洗浄が行われる（図 15）。本装置にも磨碎装置と同様に、非常停止ボタンが設置されており（図 16）、作業ミスによる不足の事態に対処可能である。本装置を作動するための各種設定は、磨碎装置のタッチパネルから行うことができる（図 17）。



図 13. 洗浄装置の外観



図 14. 濾過工程の様子



図 15. 高圧ノズル（左）による磨碎カップの洗浄（右）



図 16. 起動スイッチと非常停止ボタン

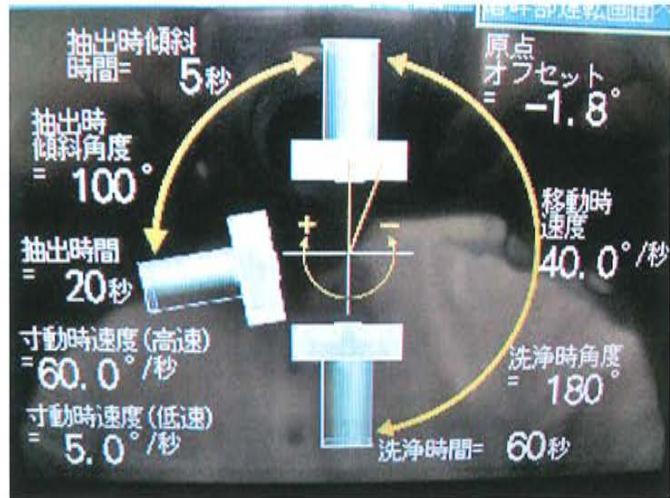


図 17. タッチパネルによる洗浄工程の設定

5. 集団母蛾検査の実施手順

当研究所では、以下に記す手順に従って集団母蛾検査を行っている。

1) 母蛾の乾燥

当研究所では、乾燥蛾を用いて集団母蛾検査を行っている。母蛾の乾燥条件は、使用する乾燥器の性能や規模により異なるため、一概に特定の乾燥条件を指定することはできないが、当研究所で使用している熱風循環式のタイプ（DRLF23WA、ステンレスフィンヒーター、AC 三相 200V, 47.5A、内寸法: W 1,500 × D 900 × H 1,000 mm、アドバンテック）では、80 °C、3 時間の乾燥処理を行った後、機内の温度が自然温度に下がるまで蛾を置くことで、検査に適した乾燥蛾が得られている（図 18）。この方法で乾燥した母蛾から検出される胞子は形状の変化や変色が無く、位相差顕微鏡による観察においても、通常の胞子と変わらない見やすさで検鏡可能である。また、検査に間に合わず、次の蚕期に検査を行う場合には、-20 °C の冷凍庫へ乾燥蛾を保存することで、カビの発生を防いでいる。



図 18. 热風循環式の乾燥器（左）と乾燥後の母蛾の状態（右）

2) 母蛾箱の確認と検査伝票への記入

採種後の母蛾は、集団母蛾検査法で規定された収蛾数（原種 14 蛾、交雑原種 28 蛾、普通品種 30 蛾）に従って提出用の収蛾箱へ納められ、母蛾の乾燥後、検査室へ提出される。収蛾箱の提出時に、各蛾箱に記載されている“通し番号”と“品種名（または記号）の一覧表を申請者に作成してもらい、検査室側で再度、収蛾箱と一覧表のチェックを済ませた後、四つの収蛾箱を一組として、蛾箱に記載された“通し番号”と“品種名（または記号）”を検査伝票に書き写し、これを母蛾の磨碎工程に回す（図 19）。



図 19. 検査直前の母蛾箱

3) 磨碎液の注入・母蛾の磨碎・濾液の回収

検査伝票の記入内容と収蛾箱が一致していることを確認後、磨碎カップへ蛾を移し（図 20）、磨碎液として 0.5% (w/v) 炭酸カリウム水溶液を注入する。磨碎液の量は、集団母蛾検査の規定に従い、14 蛾以下の場合には 80 ml、28～30 蛾の場合には 100 ml としている。磨碎液の注入後、磨碎カップを専用装置にセットして、分速 10,000 rpm の回転数で 2 分間の磨碎処理を行う（図 21）。磨碎後、装置のステージ上で 2 分間の静置を行い、次の工程を担う専用装置で濾液の回収とカップの洗浄処理（1 分間）を行う（図 22）。現在、当研究所では、集団母蛾検査で使用されてきたプラスチック製遠沈管の代わりに、ナルゲン梨型遠沈管（容量 81 ml、ポリカーボネート製、Thermo Scientific）を使用して濾液の回収・遠沈処理を行っている（図 23）。この遠沈管を使用するためには、濾液を回収するための専用ロート台上に、底上げ用のアダプター（赤ゴム栓 No.8 型、アズワン）を装着し、既存の遠沈管立ての口径をハンド・グラインダーで少し広げる加工を行う必要がある。



図 20. 磨碎カップに母蛾を入れている様子（左）とカップに入れられた母蛾（右）



図 21. 磨碎液の注入（左）と磨碎処理の様子（右）



図 22. 濾液の回収後（左），カップのフタを外して洗浄工程に入る様子（右）

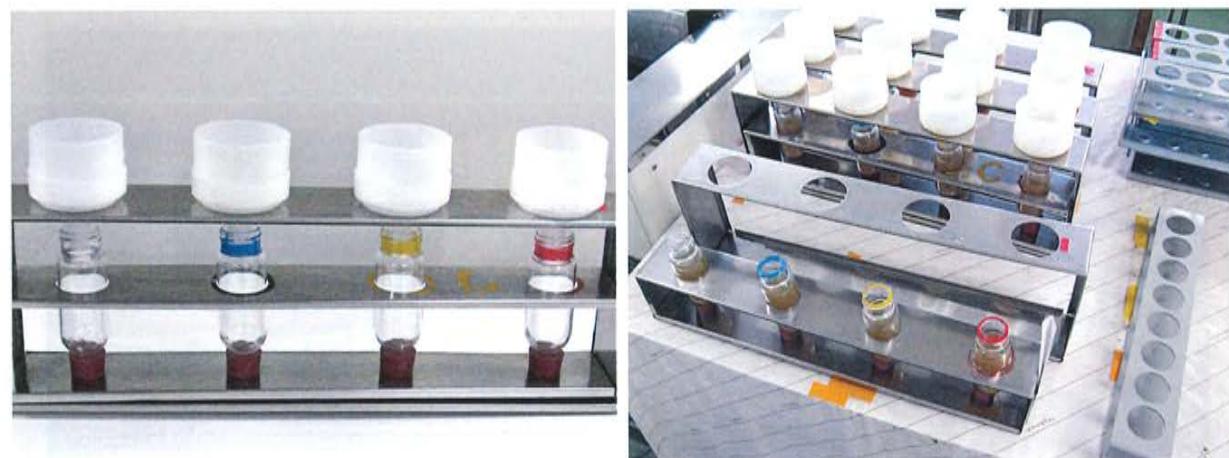


図 23. アダプターとナルゲン梨型遠沈管をセットしたロート台（左）および濾過後の状況（右）

4) 遠沈処理と検体の調製

回収した濾液のバランスをとり、所定の遠心処理（ $1,500 \times g$, 3分間）を行う（図24）。遠心後、試験管ミキサーで沈殿物を攪拌し（図25）、2%（w/v）水酸化カリウム水溶液を加えて、沈殿物を溶解する。加える液量は、14蛾以下の場合、0.2～1mlの範囲とし、沈殿状況に応じて液量を調整する。28～30蛾の場合には、2mlを加えて溶解するが、当研究所の場合には、沈殿物を10分ほど溶解してから、水を遠沈管の80mlのラインまで加えて再遠心を行っている。

当検査室では、これまでコクサン社製の遠心機を使用してきたが、同社は、現在、従来のプラスチック遠沈管（100ml）に対応した金属バスケットを製造していない。このため、同社の最新機種を使用して遠沈処理を行う場合には、100ml仕様の金属バスケットにアダプターを装着し、現在使用している遠沈管に対応する必要がある。当検査室では、従来のプラスチック遠沈管（100ml）とナルゲン梨型遠沈管（81ml）の双方に対応したアダプターを作製し、遠沈処理を行っている（図26）。



図24. 濾液のバランス調整（左）と遠沈処理の様子（右）



図25. 回収された沈殿物（左）と試験管ミキサーによる攪拌処理（右）



図 26. アダプターを装着した金属バスケットによる遠沈処理

5) 検鏡作業

当検査室では、位相差顕微鏡に、15倍の接眼レンズと40倍の対物レンズを取り付けて、検鏡作業を行っている。胞子の確認作業は、2名の検査員が一組となり、同一検体を10視野ずつ確認しながら進めていく（図27）。検体の合否判定は、通常、扱う蚕種の種類により基準が定められている。すなわち、糸繭生産を目的とした普通蚕種の場合では、*Nosema bombycis* の胞子のみを不合格の対象としており、検体からそれ以外の胞子が検出された場合には合格扱いとなる。一方、蚕種が原種や原々種の場合には、検体から *N. bombycis* 以外の胞子が検出された場合も不合格扱いとなる。当研究所では、糸繭以外の目的で普通蚕種を提供する場合があるため、検体から原虫の胞子が検出された場合には、全て不合格として扱っている。

当検査室では、検査員1名につき日当たりの検査数を約80検体と定めており、検査員6名で就業時間（8:30～17:00）中に最大で240検体の検査を可能としているが、連日の検査を無理なく継続するためには、4名で160検体の検査を行う方が年配者への負担も少なく、ちょうど良い。



図 27. 机一面に並べられた検体（左）と二人一組による検鏡作業の様子（右）

6) 胞子が検出された場合の取り扱い

胞子が検出された場合には、検出された胞子の形状から推定される胞子のタイプと検出強度を検査伝票に記入する。検出強度は、微粒子病検査の手引書によれば、6段階に分類（1視野あたりの胞子数が3粒以下±，4～10粒+，11～30粒++，31～100粒+++，101～300粒++++，300粒以上∞）されているが、当研究所では、原種・原々種を扱う関係で、10視野中に1粒でも胞子が検出された場合には検体を不合格として扱うことになる。このため、手引書に記載された分類基準は、検査の最中に行うものとしては煩雑であるため、当研究所では、検出強度を3段階（10視野以内に1粒以上の胞子が存在する場合+，1視野に必ず1粒以上の胞子が存在する場合++，1視野に目視で数えることが困難なほど胞子が存在する場合+++）に分類し、簡易な方法で検出強度を記載する方法に改めている。

胞子が検出された遠沈管は、使用したガラス棒とともに次亜塩素ナトリウム500倍希釀液に一晩浸漬し、翌日、洗浄して再利用している。また、胞子が検出されたプレパラートについては、0.5%炭酸ナトリウム水溶液で煮沸消毒後、スライドグラスのみを再利用している。

検査で検出された胞子のうち、保存に値する良好なサンプルについては、再度遠心処理を行って水酸化カリウムを除いたのち、1.5mlチューブなどに回収して一定期間保存（5℃）している。

7) 器具の洗浄作業

集団母蛾検査では、使用した器具（磨碎カップのフタ、ロートの上下、遠沈管、ガラス棒、スライドグラスおよびカバーガラス）を当日中に全て洗浄し、翌日の検査で再度使用する。検査期間中、連日、この作業を繰り返すため、器具の洗浄作業も重要な作業である。後述するように、当検査室では、すべての検査員が検鏡作業を担うことで日当たりの検査数を増やしているため、検査員の人数に比例して洗い物の数が増加する。例えば、当検査室の最大検査員数である6名で検査を行った場合、検査数は240検体となり、洗浄が必要な器具の内訳は、磨碎カップのフタ240枚、ロートの上下各240枚、遠沈管240本、ガラス棒240本、スライドグラス120枚となる。当検査室では、全検査員が「磨碎」「遠心」「検鏡」「洗浄」の4つの作業に取り組むことで特定の作業へ偏ることを未然に防ぎ、更に検鏡作業の合間に洗浄作業を行うことで、気分転換を図りながらうまく洗い物と検鏡作業をこなしている（図28）。



図28. 洗浄作業の様子

6. 検査の継承と自立を促す取り組み

当検査室では、OJT (On-the-Job Training) 方式を採用して新人教育と検査の継承を行っている。新人の検査員には、検査室で用意した「微粒子病検査の手引き書」を与え、検査の基本事項がいつでもわかるように配慮している。そのうえで、熟練の検査員とともに作業を行なながら、時間をかけて微粒子病検査の作業全般を習得させている。センスの良い新人であれば、一蚕期の検査で洗い物～検鏡作業による胞子の発見まで習得可能であるが、10 視野中に存在する胞子を確実に発見し、胞子の形状と分類ができるようになるまでには 2～3 年程度の実務経験が必要である。現在、当検査室に在籍している 6 名の検査員は、微粒子病検査の運営に必要なすべての作業を習得しているため、筆者は検査員の出勤予定表に、検査員の作業ローテーションを組み込んだ独自のシフト表を考案して検査の運営に活用している(図 29)。このシフトには午前中に検査員が取り組む作業があらかじめ記載されており、検査員は朝から自発的に自分の担当作業に取り組むことができる。一例をあげれば、ある日の微粒子病検査で検査員が 4 名出勤する場合、この 4 名を事前に、磨碎処理担当者 A、遠沈処理担当者 B、洗浄作業担当者 C、補助担当者 D と決めておき、就業開始の 8 時 30 分～10 時 15 分までこの作業に従事する。15 分間の小休憩後、担当する作業者を交代して 12 時まで作業を行うが、この間に検鏡作業の準備がある程度済んでいる場合には、洗浄担当者と補助担当者が持ち場の作業を中断して検鏡作業を行い、一定数の検鏡作業を終えたのち、再び持ち場の作業に戻るという取り組み方である。検鏡作業に入り、再び持ち場に戻る判断は、各検査員の状況判断に委ねているため、筆者が各検査員に個別の指示を与えるなくても、円滑に検鏡作業が行われている。当研究所における微粒子病検査の実務に関しては、OJT 方式で検査員を養成し、出勤表と検査員間の公平性を図った作業シフト表を導入することで、自立した検査員の養成が可能である。

7. おわりに

当研究所における微粒子病検査の取り組みとして、集団母蛾検査の内容を中心に紹介した。この集団検査法は、1968 年に実用化されてから、すでに半世紀が経過しているが、今日でも蚕種製造を支える重要な技術に位置付けられている。当検査室で行う微粒子病検査の大部分は、この集団検査に依存しているため、今後も検査の継続に必要なあらゆる対処を行いながら、技術の継承を着実に行う必要がある。

本報では、1 蛾検査に関する紹介を残念ながら割愛した。現在、当研究室で行われている 1 蛾検査は、かなり劣化の進んだ専用器具を用いて行う方式であるため、早急に新たな手法へ改善する必要があると考えているからである。今後、新たな手法に変更したうえで、研究報告等で紹介したい。

本報では、カイコの微粒子病研究に関する歴史的背景や、微粒子病原虫の性状に関する事柄は、ほとんどふれていなかった。カイコの微粒子病研究に関する歴史的な背景については、福原 (1997), Hukuhara (2011) および嶋田 (2014) の文献が参考となる^{1, 2, 5)}。また、微粒子病原虫の性状に関する最新の情報については、Kawarabata (2003) の総説に豊富な文献とともに紹介されているので⁶⁾、興味のある読者はこれらの文献を参照してほしい。

2019年初秋蚕期 微粒子病検査員シフト表(確定)

8月	曜日	午前中の作業分担(敬称略)						ゴミ 当番	目標 検体数 (遠沈管 立本数)	備考
		野澤	鶴井	松本	村山	浅野	武内			
19日	月	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)	伝票記入 (8:30~10:15)	休み	伝票記入 (8:30~10:15) 洗浄・補助 (10:30~12:00)	洗浄・補助等 (8:30~10:15) 洗浄・補助 (10:30~12:00)	野澤	200 (50)	
		洗浄・補助等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	伝票記入 (8:30~10:15) 洗浄・補助等 (10:30~12:00)		伝票記入 (8:30~10:15) 洗浄・補助等 (10:30~12:00)	洗浄・補助等 (8:30~10:15) 洗浄・補助等 (10:30~12:00)			
20日	火	洗浄・補助等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	伝票記入 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)	休み	伝票記入 (8:30~10:15) 洗浄・補助等 (10:30~12:00)	洗浄・補助等 (8:30~10:15) 洗浄・補助等 (10:30~12:00)	鶴井	200 (50)	
		補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)		集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)			
21日	水	補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	休み	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	松本	200 (50)	
		補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)		集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)			
22日	木	休み	休み	休み	休み	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	村山	160 (40)	
		洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)		集団磨碎 (8:30~10:15) 各自で判断	遠心処理 (8:30~10:15) 各自で判断			
23日	金	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	休み	集団磨碎 (8:30~10:15) 各自で判断	遠心処理 (8:30~10:15) 各自で判断	浅野	120 (30)	研修会 14:00~
		集団磨碎 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	休み	遠心処理 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)		洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	休み			
24日	土	集団磨碎 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	休み	遠心処理 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	休み	休み	野澤	120 (30)	
25日	日	休日						—	—	—
26日	月	補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	休み	遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	武内	200 (50)	
		集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	休み	遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)		洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	補助等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)			
27日	火	出張	出張	休み	休み	遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	鶴井	160 (40)	
		洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)		遠心処理 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)			
28日	水	出張	出張	休み	休み	補助等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	村山	160 (40)	
		洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)		遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)			
29日	木	出張	出張	休み	休み	補助等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	集団磨碎 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	松本	200 (50)	
		洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 機鏡作業等 (10:30~12:00)		遠心処理 (8:30~10:15) 集団磨碎 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)			
30日	金	出張	出張	休み	休み	遠心処理 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	浅野	120 (30)	予備日
		洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	休み	远心処理 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)		集団磨碎 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	休み			
31日	土	遠心処理 (8:30~10:15) 洗浄等 (10:30~12:00)	休み	休み	洗浄等 (8:30~10:15) 遠心処理 (10:30~12:00)	休み	集団磨碎 (8:30~10:15) 補助等 (10:30~12:00)	武内	120 (30)	予備日

図 29. 出勤予定表に午前中の作業分担を組み込んだ検査員シフト表の一例

参考文献

- 福原俊彦 (1997) 昆虫伝染病の科学史, 37-71, サイエンスハウス, 東京.
- Hukuhara, T. (2011) Pasteur and the silkworm disease., 150 pp, Parade inc., Osaka, Japan.
- 藤原 公 (1984) 蚕微粒子病の集団蛾検査法に関する研究. 蚕試験彙報, 120, 113-160.
- 全国蚕種協会 (1979) 農林水産省農蚕園芸局監修 微粒子病検査実施の手引き, 1-22.
- 嶋田 透 (2014) カイコの微粒子病研究と農学 140 年. 日本農学アカデミー会報, 22, 79-88.
- Kawarabata, T. (2003) Biology of microsporidians infecting the silkworm, *Bombyx mori*, in Japan. *J. Insect Biotechnol. Sericol.*, 72, 1-32.