

大日本蚕糸会

研究報告

第65号 平成30年1月(2018)

目 次

報 文

1. 蚕業技術研究所保有蚕品種等の化性調査

蚕業技術研究所 田中幸夫…… 1

2. 実用的な緑繭蚕品種の育成(2) ~緑繭2号の開発~

蚕業技術研究所 飯田のり子・鶴井裕治・常山 泉…… 9

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.65, January 2018

CONTENTS

Research Reports

1. TANAKA, Y.:

A study on the voltinism of some silkworm races which had been
reared at Institute of Sericulture. 1

2. IIDA, N., TSURUI, Y. and TSUNEYAMA, I.:

Breeding of a new silkworm race named as 'Ryokken 2 gou'
for obtaining flavonoid-rich cocoons. 9

Published by

THE DAINIPPON SILK FOUNDATION

蚕業技術研究所保有蚕品種等の化性調査

田中幸夫

蚕業技術研究所

YUKIO TANAKA: A study on the voltinism of some silkworm races which had been reared at Institute of Sericulture.

緒 言

化性とは昆虫が 1 年間に繰り返す世代の数の性質で、年 1 世代であれば 1 化性、2 世代であれば 2 化性とされる。家蚕の場合 1 化性、2 化性、4 化性および多化性の品種があるとされている^{1,4)}。化性は遺伝的に決定される形質であるが、その発現は生育環境の影響を受ける^{5,6)}。蚕業技術研究所における蚕品種の改良および維持の業務の中では、催青は常に高温 (25°C)、明 (16 時間照明 8 時間暗) の条件で行われているので、1 化性品種も 2 化性品種も休眠卵を産み、その化性を区別できなかった。

著者は、品種の化性に関する性質を把握しておくことは品種の利用及び維持にとって有益であると考え、当時増殖チームで飼育していた品種のうち重要なものを中心に調査を行ったので、その結果を報告する。

本文に入るに先立ち、本論文をご校閲いただいた蚕業技術研究所所長新保博博士ならびに同主任研究員池嶋智美博士に深く感謝の意を表する。

材料と方法

調査は 2003 年から 2005 年までの春蚕期におこなった。化性の発現には催青中のみならず、孵化から羽化産卵までに遭遇した環境条件が影響することが知られていることを考慮し^{5,6)}、蚕が成育中の気温および日長の変化を感受できるよう、無暖房、無冷房、無点灯の条件に催青前から蚕卵を置き、飼育し、産卵させ、産下された非休眠卵が孵化するまで過ごさせた。

調査には蚕業技術研究所製糸試験棟の一室を使用した。なお、製糸試験棟はほぼ正確に南を向いている。使用した部屋の北側にはセリプレーン検査の設備が置かれていたので、試験に用いたスペースは南北 650 cm、東西 440 cm の大きさであった。部屋の南側に透明ガラスのはまつ窓が二つあり、それぞれ、高さは床より 90 cm の所から 260 cm、幅は 110 cm であったが、一つの窓は家具および荷物で半分以上ふさがっていた。卵の催青および蚕の飼育は、遮るもの無い窓の側の、直射日光の当たらぬ場所に蚕架を置き、サンピー蚕箔をさしてその上で行った。なお、この部屋の東と西の隣室との間には戸があり、床より 90 cm の所から高さ 180 cm、幅 160 cm がガラスとなっていた。繰糸試験棟の南側には日よけのために銀杏が植えられていた。調査の期間、繰糸試験棟では暖房および冷房は行われず、照明を点灯した夜間の作業も行われなかった。なお、この調査室と飼育に使用する資材は 3 月下旬に消毒しておいた。

調査する品種の蚕種は、2003 年および 2004 年には、3 月 31 日から 4 月 1 日にかけ冷蔵庫から蚕業技術研究所の第一蚕室の飼育室に出し、4 月半ばに調査室に移した。2003 年に調査した品種は 2002 年春蚕期に飼育し採種したものであった。2004 年に調査した品種は、2003 年初秋蚕期に飼育し採種したもので、出庫まで春採り越年種と同様の取り扱いをした。2005 年に調査した品種の蚕種は、2004 年晚秋蚕期に飼育して採種したものであったので、高温保護後蚕種庫に移し、2005 年 1 月初旬に消毒・洗浄

して第一蚕室の飼育室に出した。その後4月半ばに蚕種を調査室に移した。第一蚕室の飼育室は東西に約880cm、南北に約1470cmの長方形の部屋で、南側と北側にそれぞれ、床からの高さ94cmの所から高さ170cm、幅110cmの窓2枚、床からの高さ110cmの所から高さ190cm、幅165cmの窓1枚があり外光が入った。この部屋も蚕種を保護した期間は無暖房、無点灯とした。

各品種とも6蛾以上の蚕種を用いた。孵化の時期は気温が低いので孵化の進行は遅かった。先に孵化した幼虫を冷蔵することができないので、全体の約80%が孵化した時点で掃き立てることとした。供試蚕種全体から孵化した蟻蚕を集め、混合して約500頭を掃き立てた。

飼育形式は防乾紙被覆育とした。給桑は朝夕の2回とし、飽食させるように努めた。4齢初期に200頭に整理した。熟蚕は発見した都度蔟に移した。蔟は塩化ビニール製の山形蔟を用いた。すべての個体を上蔟させた時点で飼育完了とし、飼育日数等を算出した。繭は化蛹完了後順次毛羽取りを行い、化蛹歩合、繭重、繭層重等を調査した。羽化が始まると、各日ごとの雌雄の羽化数と雌蛾の交尾数を記録した。雌蛾には可能な限り同品種の雄蛾を交配したが、化性は母性遺伝する形質で、異なる品種の雄蛾と交配しても化性に影響しないとされているので⁷⁾、健康な雄蛾が不足した場合には異品種の雄蛾も交配した。交尾の完了した雌蛾は紙の上に移し、産卵蛾輪（単蛾輪）を被せ3日間産卵させた。羽化した雌雄の蛾の総数を、収繭調査時の雌雄の健蛹の総数で除した値を算出して蛹生存率とした。産下された卵も調査室で保護し、非休眠卵の幼虫が完全に孵化した後休眠卵と非休眠卵の発生状況を調査した。各卵蛾（1頭の雌が蛾輪の中に産んだ卵の全体を卵蛾と呼ぶ）について、100%休眠卵、100%未満50%以上休眠卵、50%超100%未満非休眠卵、100%非休眠卵に分類して集計した。

結 果

（1）2003年の調査

2003年には14品種を調査した。飼育の概要および繭の性状について表1に示した。また、2003年春蚕期に化性を調査した品種は、高温・明条件で催青し温度調節を行う通常の飼育（以下、通常育とする）もおこなったので、その飼育の概要および繭の性状について表2に示した。

化性調査のため無暖房で催青した蚕種の掃き立ては5月4日から7日の間となった。蚕業技術研究所桑園の桑の葉は、孵化の始まった日には稚蚕に与えるのに十分な状態に発育していた。稚蚕期は特に気温が低いので経過が遅かった。5齢に入る頃には気温がかなり高くなるので5齢経過は稚蚕期ほど遅延しなかったが、中には10日に達する品種もあった。全齢日数は40日を超えたものが1品種あった。化蛹歩合は全体に低く、50%に達しないものが1品種あり、90%を超えたものは3品種にすぎなかった。減蚕は大部分が蔟中および繭中に発生していたが、「C5」では5齢期に約25%の減蚕があった。幼虫は黒くなり死亡したが、原因は不明である。

通常育の成績と比較すると、5齢日数は、多くの品種で、暖房を行った通常育より1～2日程度長かったが、「A」のみほとんど同じであった。化蛹歩合は全体的に通常育が高く「小石丸」、「A」、「CH」の3品種のみが通常育と同等であった。繭重は、日本種は全体に通常育と大差がなかったが、中国種は「134a」と「CH」が通常育と同等であった他は全て軽く、特に「O」、「A」、「TCS26」は差が大きかった。繭層重は、「小石丸」、「N6」、「TN30」が通常育よりやや重かったが他は軽く、特に「O」、「A」、「C6」が軽かった。繭層歩合は、「小石丸」と「TN30」が、通常飼育よりやや高いが同等であった以外全ての品種で低くなかった。特に、「O」と「A」は実数で3～4%低かった。

産卵の概要と休眠卵、非休眠卵の発生に関する成績を表3に示した。雌蛾の羽化開始日は、全齢日数が短く繭重の軽い「小石丸」と「O」が6月20日、「A」が6月22日であったが、最も遅かった「N5」は7月6日となり約2週間の差があった。全体に日本種の羽化開始が遅かった。雌の羽化期間の日数は、「小石丸」が4日、「O」と「CH」が5日であった一方、10日を超える品種があったが、これらはいずれ

表1 2003年の化性調査結果 (1) 飼育成績

品種名	品種の由来または交配時の名称	掃き立て日	5齢日数(日・時)	全齢日数(日・時)	化蛹歩合(%)	全繭重(g)	繭層重(cg)	繭層歩合(%)
小石丸		5月4日	5・12	32・17	93.9	1.52	17.8	11.7
E	日136号後代	5月7日	9・06	40・02	67.5	1.86	40.3	21.7
N5	日505号後代	5月7日	10・00	38・20	45.5	2.23	49.5	22.2
N6	日506号後代	5月7日	9・15	39・21	79.0	2.20	47.1	21.4
TN30	日603号後代	5月6日	10・00	39・05	76.0	2.18	53.3	24.5
PY6	「ひたち」	5月6日	9・00	38・19	75.0	2.21	46.0	20.8
O	支108号後代	5月5日	6・00	33・06	88.5	1.18	16.0	13.5
A	支131号後代	5月6日	6・22	34・03	91.0	1.34	25.4	19.0
C5	中505号後代	5月6日	7・20	37・01	50.0	1.72	30.3	17.6
C6	中506号後代	5月6日	8・21	37・01	82.0	1.85	37.0	19.9
TCS26	中604号後代	5月7日	8・22	37・04	69.5	1.99	42.2	21.3
PWC2	「にしき」	5月7日	9・14	37・20	74.0	2.03	44.0	21.7
134a		5月7日	8・00	35・05	81.5	2.08	40.7	19.6
CH		5月6日	7・12	34・17	94.0	1.89	37.3	19.7

註：二重線より下は中国種系品種である。

表2 2003年春蚕期の通常育での飼育成績

品種名	5齢日数(日・時)	全齢日数(日・時)	化蛹歩合(%)	全繭重(g)	繭層重(cg)	繭層歩合(%)
小石丸	5・00	20・00	93.0	1.47	17.1	11.7
E	8・02	26・00	77.6	1.93	45.5	23.6
N5	8・01	24・23	84.1	2.25	50.7	22.5
N6	7・22	26・14	82.1	2.11	47.0	22.2
TN30	7・19	24・02	84.8	2.18	51.9	23.8
PY6	7・05	25・05	89.4	2.32	52.8	22.7
O	5・05	20・05	93.9	1.45	24.1	16.7
A	6・21	23・03	88.4	1.95	46.1	23.6
C5	6・02	22・02	92.2	1.86	35.3	18.9
C6	7・00	23・05	94.3	1.92	45.5	23.7
TCS26	6・19	23・02	89.9	2.25	50.3	22.3
PWC2	6・22	23・05	91.2	2.14	51.1	23.8
134a	6・00	21・03	92.5	2.06	44.9	21.7
CH	6・00	21・05	93.9	1.89	40.1	21.2

註1：二重線より下は中国種系品種である。

註2：多くの品種の成績は複数の飼育区の平均値である。

も休眠卵と非休眠卵の両方を産んでいた。特に「PWC2」はだらだらと羽化が続き 16 日となった。

蛹の生存率は最低でも 85.4% であり、化蛹歩合より品種間の差は小さかった。

産卵された卵の休眠性の調査結果を見ると、1頭の雌蛾の産んだ卵の中に休眠卵と非休眠卵が混在したもののは「TN30」のみで、卵蛾全体の 2% であった。日本種は「TN30」以外全て 100% 休眠卵蛾となった。「TN30」も 92% が 100% 休眠卵蛾であった。中国種は多様であった。「O」と「A」が全て 100% 非休眠

表3 2003年の化性調査結果（2）産卵および蚕種に関する成績

品種名	雌羽化期間 (月/日～月/日)	同左 日数 (日)	蛹生存率 (%)	各卵蛾の休眠卵・非休眠卵の発生状況分類およびその比率 (%) ※			
				100%休眠卵	100%未満 50%以上 休眠卵	50%超 100%未満 非休眠卵	100% 非休眠卵
小石丸	6/20～6/23	4	96.2	100	0	0	0
E	7/5～7/10	6	87.4	100	0	0	0
N5	7/6～7/12	7	91.2	100	0	0	0
N6	7/5～7/11	7	85.4	100	0	0	0
TN30	7/1～7/12	12	86.2	92	2	0	7
PY6	7/1～7/6	6	93.3	100	0	0	0
O	6/20～6/24	5	96.0	0	0	0	100
A	6/22～6/27	6	97.8	0	0	0	100
C5	6/28～7/5	8	97.0	100	0	0	0
C6	6/28～7/5	8	89.0	23	0	0	77
TCS26	6/27～7/9	13	95.7	17	0	0	83
PWC2	6/26～7/11	16	90.5	21	0	0	79
134a	6/24～7/3	10	94.5	93	0	0	7
CH	6/26～6/30	5	95.2	100	0	0	0

註：二重線より下は中国種系品種である。

※比率の数値は小数点以下を四捨五入しているので、合計が100とならない場合がある。

卵蛾となり「C5」と「CH」が全て100%休眠卵蛾であった。他は休眠卵蛾と非休眠卵蛾の両方が現れ、「C6」、「TCS26」、「PWC2」は非休眠卵蛾が多く、「134a」は休眠卵蛾が多かった。なお、休眠卵と非休眠卵の両方を産んだ品種の場合、非休眠卵は早期に羽化した蛾が産んでいた。これはいずれの年も同じであった。

(2) 2004年の調査

2004年には10品種を調査した。結果を表4および表5に示した。掃き立ては5月5日から5月8日の4日間となり、2003年より1日遅かった。5齢日数は11日を超えるものがあったが、全齢日数が40日を超えるものは無かった。化蛹歩合は最低が82.5%で2003年より良い成績であった。なお、「W45」は予想より蛹の発育が早かったので繭質調査ができなかった。

雌蛾の羽化開始は中国種が早く、最も早かった「W45」は6月23日となった。羽化の開始が最も遅い品種は「Fk」で7月3日となり、2003年で最も遅くなった品種より3日早かった。雌の羽化期間の日数は「W73」が3日、「W45」が4日であったが、「Nt」「JH」は11日、「Nt」「JH」は13日であった。

蛹の生存率は最低でも92.4%で、2003年より平均で約5%高かった。

産卵された卵の休眠性の調査結果を見ると、「W45」だけが全て100%非休眠卵蛾となり、残りの9品種は休眠卵と非休眠卵の両方を産んでいた。また、これらの品種全てに、1頭の雌が産んだ卵に休眠卵と非休眠卵の混在するものが見られた。「N4」は特に多く、卵蛾全体の33%が混合卵蛾であった。全体に日本種は休眠卵を多く産み、中国種は非休眠卵を多く産んだが、「W73」は休眠卵が多かった。

(3) 2005年の調査。

2005年には10品種を調査した。結果を表6および表7に示した。掃き立ては5月3日から5月7日の5日間となり、他の年より1日長かった。最も遅くなったのは「四川3眠」であった。5齢日数は

表4 2004年の化性調査結果(1)飼育成績

品種名	品種の由来または交配時の名称	掃き立て日	5齢日数(日・時)	全齢日数(日・時)	化蛹歩合(%)	全繭重(g)	繭層重(c g)	繭層歩合(%)
F7	「朝」、「美」	5月8日	9・23	37・10	86.0	1.91	47.5	24.6
Fk	「日」	5月6日	11・00	38・08	92.0	1.91	49.7	26.0
Nt	「蓉」	5月7日	9・23	36・23	92.5	1.77	42.3	23.9
N4	日134号後代	5月6日	11・14	39・22	82.5	1.96	50.1	25.6
JH		5月6日	12・00	39・22	90.5	1.52	37.4	24.6
C85	「つくば」	5月6日	9・05	37・03	92.5	2.06	49.6	24.1
C86	「ね」	5月5日	9・05	37・03	91.5	1.74	41.6	23.8
139		5月6日	9・23	37・21	92.0	1.87	41.5	22.2
W45	「東」	5月6日	9・08	35・06	99.0			
W73	「海」	5月7日	9・22	37・08	87.0	2.27	58.2	25.6

註1：二重線より下は中国種系品種である。

註2：W45は繭質調査を行えなかった。

表5 2004年の化性調査結果(2)産卵および蚕種に関する成績

品種名	雌羽化期間(月/日～月/日)	同左日数(日)	蛹生存率(%)	各卵蛾の休眠卵・非休眠卵の発生状況分類およびその比率(%)※			
				100%休眠卵	100%未満50%以上休眠卵	50%超100%未満非休眠卵	100%非休眠卵
F7	6/29～7/5	7	98.3	90	4	3	3
Fk	7/3～7/10	8	92.4	85	10	3	2
Nt	7/2～7/12	11	98.4	91	9	0	0
N4	7/2～7/8	7	97.0	67	33	0	0
JH	6/30～7/12	13	98.3	63	10	1	26
C85	6/25～6/30	6	100	24	2	2	71
C86	6/25～6/30	6	100	4	2	1	93
139	6/25～7/1	7	97.8	0	1	8	91
W45	6/23～6/26	4	100	0	0	0	100
W73	6/29～7/1	3	96.6	89	4	3	5

註：二重線より下は中国種系品種である。

※比率の数値は小数点以下を四捨五入しているので、合計が100とならない場合がある。

2003年並みであったが、全齢日数は45日以上となるものが多く、他の年に比べかなり長くなかった。化蛹歩合は最低が65.3%で、2004年より低い傾向であった。

雌蛾の羽化は上蔟の早かった「青熟(A)」が最も早く、6月23日に始まった。「青熟(A)」を除く日本種は羽化開始が7月5日以降となったが、「Nk」と「KNr」の7月8日は3年間の調査で最も遅いものであった。中国種はいずれも6月中に雌の羽化が始まった。雌の羽化期間の日数は4～5日のものがある一方、日本種には10日を超えるものがあった。「KNs」では最後の6日間、1～2頭の羽化がだらだらと続き13日となった。この品種の雌の羽化終了日7月18日も、3年間の調査で最も遅いものであった。

蛹の生存率は、最低は87.4%であったが100%に達するものは無く、2003年と2004年の中間の成績であった。

表 6 2005 年の化性調査結果 (1) 飼育成績

品種名	品種の由来または交配時の名称	掃き立て日	5 齢日数 (日・時)	全齢日数 (日・時)	化蛹歩合 (%)	全繭重 (g)	繭層重 (cg)	繭層歩合 (%)
青熟 (A)		5月3日	7・01	38・23	90.8	1.09	11.0	10.1
Nf		5月4日	10・15	45・00	79.5	2.27	51.8	22.8
Nk		5月6日	10・15	45・20	65.3	2.25	49.1	21.8
KNr		5月5日	10・09	45・07	80.7	1.83	47.1	25.7
KNs		5月4日	10・15	45・22	89.5	1.84	44.9	24.4
四川3眠		5月7日	※8・00	36・23	87.9	1.12	12.5	11.2
C3	中150号後代	5月4日	9・09	43・07	96.0	1.72	38.0	22.1
W58		5月4日	7・22	41・05	94.0	1.79	34.9	19.5
CSA		5月5日	9・00	43・07	74.4	1.94	37.9	19.6
CSB		5月4日	7・07	41・05	92.5	1.88	37.1	19.7

註：二重線より下は中国種系品種である。

※四川3眠は4齢の値である。

表 7 2005 年の化性調査結果 (2) 産卵および蚕種に関する成績

品種名	雌羽化期間 (月/日～月/日)	同左 日数 (日)	蛹生存率 (%)	各卵蛾の休眠卵・非休眠卵の発生状況分類およびその比率 (%) ※			
				100%休眠卵	100%未満 50%以上 休眠卵	50%超 100%未満 非休眠卵	100% 非休眠卵
青熟 (A)	6/23～6/26	4	98.3	0	0	1	99
Nf	7/5～7/14	10	87.4	89	3	0	8
Nk	7/8～7/14	7	92.3	97	0	0	3
KNr	7/8～7/17	10	93.1	30	21	18	30
KNs	7/6～7/18	13	97.8	18	23	15	44
四川3眠	6/26～6/29	4	95.4	100	0	0	0
C3	6/29～7/6	8	96.4	5	1	1	93
W58	6/27～7/4	8	96.8	1	0	0	99
CSA	6/29～7/6	8	98.0	14	0	0	86
CSB	6/29～7/3	5	98.4	0	0	0	100

註：二重線より下は中国種系品種である。

※比率の数値は小数点以下を四捨五入しているので、合計が 100 とならない場合がある。

産下された卵の休眠性の調査結果を見ると、「四川3眠」が全て 100% 休眠卵蛾、「CSB」が全て 100% 非休眠卵蛾であった以外、残りの 8 品種は休眠卵と非休眠卵の両方を産んでいた。なお、「青熟 (A)」は 1 頭の産んだ卵に僅かの休眠卵が出ただけで、他は全て 100% 非休眠卵蛾であった。1 頭の雌が産んだ卵に休眠卵と非休眠卵の混在するものが生じた品種は 10 中 5 と、2004 年より少なかつたが、「KNr」には 39%，「KNs」には 38% 混合卵蛾が発生した。中国種に非休眠卵が多いのは他の年と同様であった。

(4) 3 年間の成績のまとめ

3 年間の結果を併せて、品種を、全て休眠卵だったもの、休眠卵と非休眠卵の両方を産んだが休眠卵の多いもの、両方を産んだが非休眠卵の多いもの、すべて非休眠卵だったものに分類すると表 8 のようになつた。

全てが休眠卵となった品種が 8 で、この中には、1 化性とされている「小石丸」⁸⁾ と「四川 3 眠」⁹⁾、育成者により親系統の「中 505 号」が 1 化性とされている¹⁰⁾「C5」が含まれていた。しかし、これとは逆に、育成者により親系統が 2 化性とされている^{10,11)}「E」、「N5」、「N6」にも非休眠卵は全く出なかった。非休眠卵を産んだ品種は 2 化性と分類されるが、非休眠卵の発生の程度は様々で、全てが非休眠卵となったものが 4 品種、両方を産んだが非休眠卵の多いものが 11 品種、両方を産んだが休眠卵の多いものも 11 品種となった。全体に中国種に非休眠卵が多く、日本種に休眠卵が多かった。

表 8 休眠卵および非休眠卵の発生状況による品種の分類

	全て休眠卵 だったもの	休眠卵と非休眠卵の両方を産んだもの		全て非休眠卵 だったもの
		休眠卵の多かったもの	非休眠卵の多かったもの	
日本種	小石丸, E, N5, N6, PY6	TN30, F7, Fk, Nt, N4, JH, Nf, Nk, KNr	青熟 (A), KNs	
中国種	C5, CH, 四川 3 眠	134a, W73	C6, TCS26, PWC2, C85, C86, 139, C3, W58, CSA	O, A, W45, CSB

考 察

今回の調査を行うにあたって最も心配したことは、温度調節の無いところに蚕種を置くことによって、桑の芽が成長する前に蚕が孵化して餓死してしまうことであったが、これは杞憂となった。蚕の孵化は桑の葉の成長の後であった。

今回の調査方法が品種の化性を明らかにするために有効なものか検討する必要があるが、いずれの年でも全てが非休眠卵となった品種が存在し、多くの品種が非休眠卵を産んでいたので、今回の調査方法に一定の妥当性があると判断した。しかし、育成者が 2 化性としていた品種の後代に全く非休眠卵が現れなかつた例があったので、催青および成育の環境が非休眠卵を産ませるのに不十分だった可能性も排除できない。したがって、年により気象が異なることが調査結果に変動を生じることも考慮する必要がある。このように化性の判定には曖昧さが付きまとることがわかった。

品種の化性を明確に判定することは困難であったが、ほぼ同じ条件で 34 品種を調査したことによつて、各品種の特性と品種間の差異はかなり明らかとなつたものと思われる。1 化性品種は一般に飼育が困難とされるが^{2,12)}、夏秋蚕期での飼育が困難であった「E」、「N5」、「N6」、「C5」は全く非休眠卵を産まず、1 化性に近い品種であった。逆に、初秋蚕期および晚秋蚕期に継代している「F7」、「Fk」、「Nt」、「N4」、「Nf」、「Nk」などの日本種は 2 化性であった。一方、全てが非休眠卵となった「O」、「A」、「W45」、「CSB」はいずれも中国種であった。これらの品種や 99% が非休眠卵蛾となった「青熟 (A)」、「W58」などの品種は、非休眠卵を発生させないために催青時の取り扱いに細心の注意を要するが、逆に、催青と飼育の環境を調節することにより自在に休眠卵と非休眠卵を得られるので、実験材料として有用であると思われる。

今回の試験の目的とは離れるが、2003 年の化性調査の飼育成績と通常育の成績を比較し、高温明催青を行い暖房により温度調節を行う飼育が、蚕病の発生を抑え、繭層歩合を高め、飼育期間と産卵期間を短縮し、飼育作業と採種作業の時期を確定するなど、多くの利益を与えることを確信した。

摘 要

2003 年から 2005 年にかけて、蚕業技術研究所増殖チームで飼育していた蚕品種のうち 34 品種につ

いて、無暖房、無冷房、無点灯の蚕室で催青、飼育、繭保護、採種を行い、休眠卵と非休眠卵の発生を観察する方法で化性に関する性質を調査した。いずれの品種も蚕は桑の葉が十分発育した後に孵化した。3年間の成績をまとめると、日本種5、中国種3の8品種が全て休眠卵であった。一方中国種4品種が全て非休眠卵となった。残りの22品種は両方を産卵し、その割合は品種により大きく異なっていたが、全般に日本種は休眠卵が多く、中国種は非休眠卵を多く産む傾向であった。本試験によってそれぞれの品種の化性に関する性質が明らかとなつたものと思われる。

引用文献

- 1) 外山龜太郎 (1909) 蚕種論, 60-128, 丸山舎書籍部, 東京.
- 2) 田中義麿 (1943) 蚕学, 264-265, 興文社, 東京.
- 3) 平塚英吉 (1969) 日本蚕品種実用系譜, 20-23, 財団法人大日本蚕糸会蚕糸科学研究所, 東京.
- 4) 高見丈夫 (1969) 蚕種総論, 141, 全国蚕種協会, 東京.
- 5) 渡邊勘次 (1924) 家蚕の化性に関する研究. 蚕試報, 6, 411-455.
- 6) 木暮楨太 (1930) 家蚕の化性に関する研究. 長野蚕試報, 11, 1-152.
- 7) 渡邊勘次 (1918) 蚕の化性に関する研究(第一報)二化性と四化性との遺伝関係に就いて. 蚕試報, 3, 397-437.
- 8) 平塚英吉 (1969) 日本蚕品種実用系譜, 59-60, 財団法人大日本蚕糸会蚕糸科学研究所, 東京.
- 9) 平塚英吉 (1969) 日本蚕品種実用系譜, 117, 財団法人大日本蚕糸会蚕糸科学研究所, 東京.
- 10) 農林水産省農蚕園芸局 (1987) 蚕の新品種. 技術資料, 113, 11-12.
- 11) 農林省農蚕園芸局 (1973) 蚕の新品種. 技術資料, 78, 1-2.
- 12) 文部省 (1963) 蚕種製造, 2, 実教出版株式会社, 東京.

Summary

Voltinism of 34 silkworm races was studied in the spring of 2003, 2004 and 2005 at Institute of Sericulture (Ibaraki, Japan). In 2003, fourteen races were tested and in 2004 and 2005 ten races were tested in each year. These races were maintained at natural temperature and photoperiod during their development from the egg stage to the egg laying stage. The eggs of the tested races were transferred to a room with glass windows but without temperature control and artificial lighting on 1st of April and allowed to remain there till the silkworm hatched, developed, copulated and laid eggs. In the beginning of May the eggs hatched and about 500 larvae were brushed in each race. At this time the mulberry leaf of Institute of Sericulture had developed enough as the feed for the silkworm. The larvae were reared on the leaf. At the beginning of the 4th instar, 200 larvae were picked up and reared to the cocooning. The length of larval stage, pupation ratio, cocoon weight and shell percentage, the period of moth emergence and survival rate of pupae were recorded. Observed the diapause character of the eggs laid by the female moths of each race and classified into 4 categories, i.e. all diapause eggs, the mix of more diapause eggs and less non-diapause eggs, the mix of less diapause eggs and more non-diapause eggs, and all non-diapause eggs. Results showed that, five Japanese and three Chinese races produced all diapause eggs, four Chinese races produced only non-diapause eggs while the other 22 races produced both kind of eggs. However, the ratio of diapause and non-diapause was varied widely depending on the races. In general, the Japanese races produced more diapause eggs while the Chinese races produced more non-diapause eggs. This study clearly revealed the voltinism character of the races.

実用的な緑繭蚕品種の育成（2） —緑繭2号の開発—

飯田のり子・鶴井裕治・常山 泉
蚕業技術研究所

NORIKO IIDA, YUJI TSURUI and IZUMI TSUNEYAMA: Breeding of a new silkworm race named as 'Ryokken 2 gou' for obtaining flavonoid-rich cocoons.

緒 言

これまで、繭に含まれるフラボノイドには抗酸化能などの生理的に有効な作用があることが報告されており^{1,3)}、フラボノイドを多く含む繭を生産する蚕品種の需要も高まってきたことから、著者らは前報⁴⁾で報告したとおり、緑繭種「大造」^{5,6)}を素材とした蚕品種「緑繭1号」(BNg × BCg)を育成⁷⁾し、実用に供してきた。

しかし、「緑繭1号」の育成素材である「大造」の繭は繰糸しにくい紡錘形であり、繭層は薄く繭糸の生産量も少ないという性状であった。そのため、「大造」をもとに育成した日本種系緑繭原種「BNg」と中国種系緑繭原種「BCg」のうち、特に「BNg」については、継代を進める中で時折「大造」の紡錘形に近い繭が混在するという問題が派生してきた。加えて、交雑種「BNg × BCg」の繭は、糸繭生産用の白繭系実用品種と比べて収繭量が1～2割程度少なく、繭糸長も短い。

そこで、「緑繭1号」の原種を育成素材として、原種の繭形の改良と併せてそれらの交雑種がより長糸長で細纖度の実用品種となることを目指し、日本種系と中国種系ともに新たな緑繭原種の育成を行い、それらの交雑種を「緑繭2号」と命名した。

本報では、新たな日本種系および中国種系の緑繭原種の育成経過ならびに両原種を交雑した実用品種「緑繭2号」の性状について報告する。

本文に先立ち、繰糸調査をしていただいた蚕糸科学研究所関係各位、本稿のご高闇を賜った蚕業技術研究所長新保博博士ならびに本稿英文のご高闇を賜ったインド繊維省中央局 P. JAYARAMA RAJU 氏、そして、緑繭蚕品種の育成とその実用化に向けて多大のご指導、ご高配を賜った前蚕業技術研究所長井上元博士に深く感謝の意を表する。

材料と方法

1) 原種の蛾区選抜および個体選抜

まず、日本種系緑繭原種「BNg」と日本種系白繭種「J3」、中国種系緑繭原種「BCg」と中国種系白繭種「C4」をそれぞれ交配させることにより、新たな緑繭原種の素材とする日本種系品種「BN」と中国種系品種「BC」の2種を作出した。

次に、これらの育種目標として「大造」のような紡錘形の繭（図1）をつくる形質を除外し、交雑種「BN × BC」の繭糸が「BNg × BCg」よりも長糸長で細纖度になることを目指して2009年より改良を進め、それぞれの品種について蛾区選抜と個体選抜を適宜に行い、白繭が混在しない蛾区から繭形良く繭色の濃い個体を選抜して、継代を繰り返した。



図1 日本種系緑繭原種「BNg」に混在する「大造」の紡錘形に近い繭

2) 検定交雑試験

それまで目視での繭色選抜を進めてきた「BN」と「BC」について、2012年初冬蚕期と2013年早春蚕期に、遺伝学的見地からの繭色固定（緑繭遺伝子のホモ化）の有無の確認を目的とする検定交雑⁸⁾を行った。その方法を図2および図3に示す。

まず、2012年初秋蚕期に採種した「BN」と「BC」について、それぞれ4蛾区の蚕種（卵）を用意し

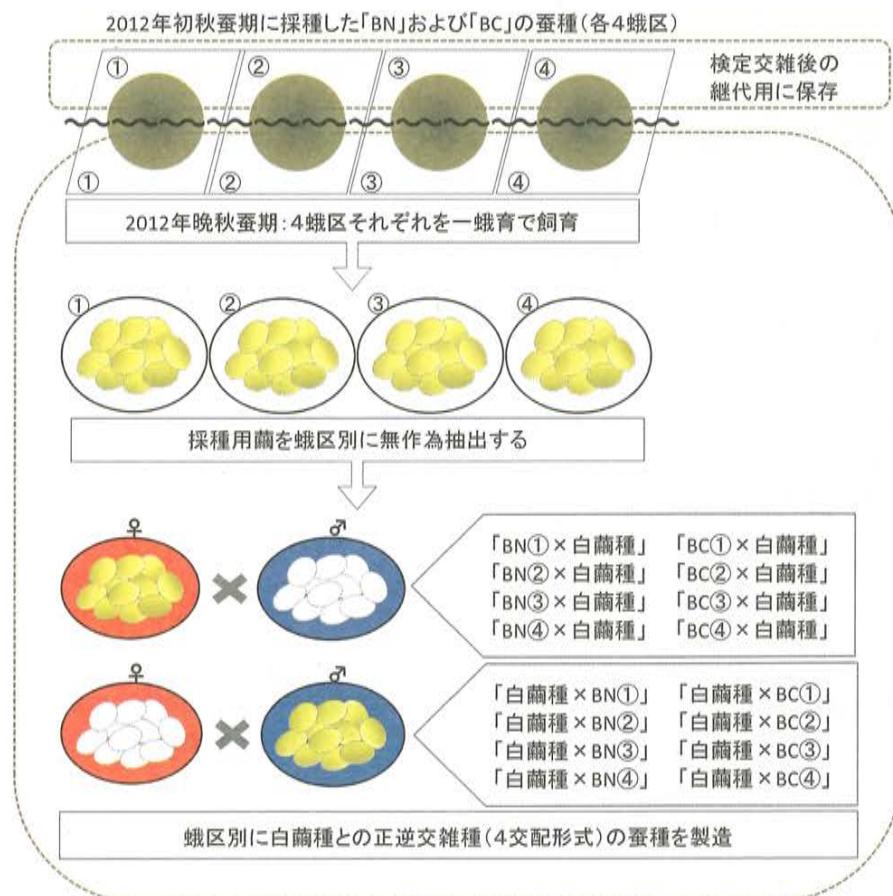


図2 検定交雑用蚕種の製造の概要

て各蛾区を二分割し、その一切片は検定交雑試験後の継代用に保存した。もう一切片は2012年晚秋蚕期に一蛾育で飼育し、白繭種との正逆交雑種である「BN×白繭種」、「白繭種×BN」、「BC×白繭種」、「白繭種×BC」の4品種を採種して、1品種あたり4区の蚕種を検定交雑試験用として保存した。

次に、2012年初冬蚕期と2013年早春蚕期に検定交雑試験を行い、「BN」と「BC」のメスとオスそれぞれの繭色固定の有無を調査した。その方法について、「BN×白繭種」を一例として図3に示す。「白繭種×BN」、「BC×白繭種」、「白繭種×BC」もこれに準じて行った。まず、検定交雑試験用の4区よりそれぞれ12蛾区の蚕種を孵化させて、掃き立て時に各蛾区より25頭を無作為抽出し、1区あたりの飼育頭数を300頭とした。そして、これらがつくった繭について白繭の混在の有無を調査した。

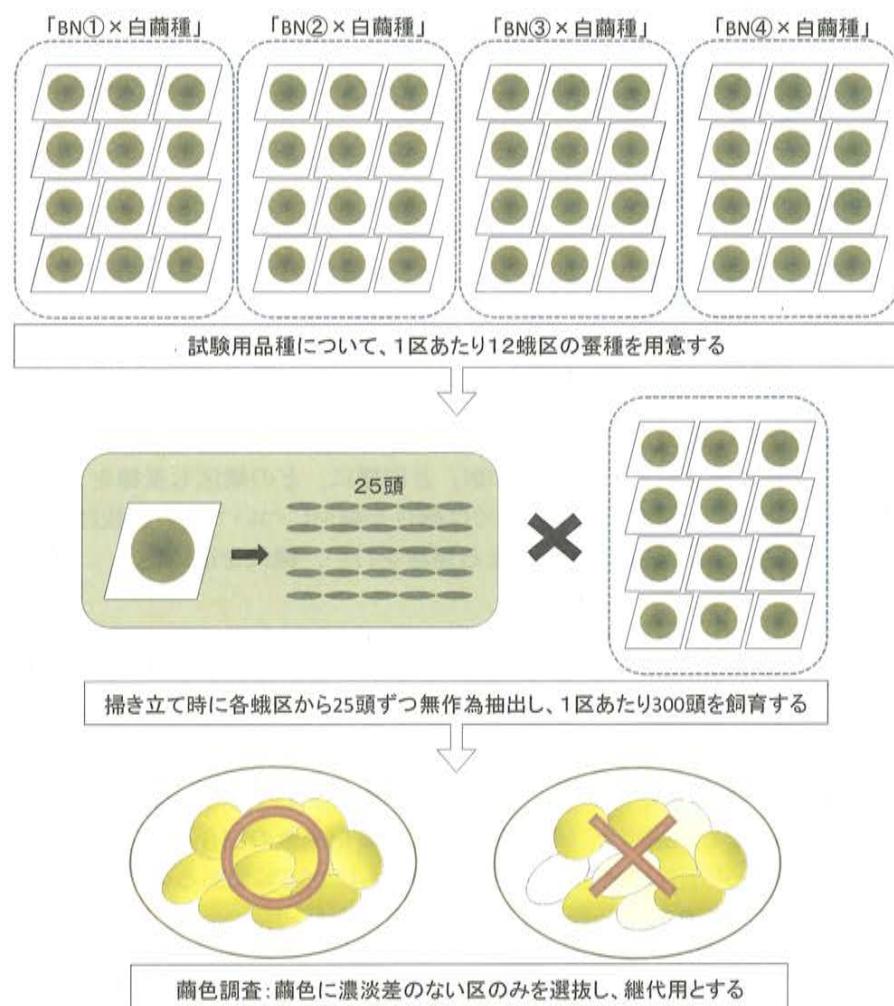


図3 検定交雑試験の方法の概要

3) 交雑種比較試験

2013年初秋蚕期に、「BN」と「BC」の正逆交雑種である「BN×BC」および「BC×BN」について、繭糸長や繭糸纖度の調査を目的とした交雑種比較試験を行った。対照品種には、「緑繭1号」の正逆交雑種「BNg×BCg」および「BCg×BNg」を供試した。幼虫の飼育は、1~3齢を普通人工飼料「くわのはな」(群馬県稚蚕人工飼料センター製)による人工飼料育、4~5齢を桑葉育で行い、4齢時に各品種の飼育頭数を400頭にして飼い上げた。そして、収繭調査および繩糸調査を行い、カイコの強健性、繭の色や大きさ、繭糸長および繭糸纖度などの性状を調査した。

結 果

1. 日本種系緑繭原種「BN」の育成

2009年春蚕期に、「BNg」と日本種系白繭種「J3」を交配して緑繭原種素材「BN」を作出した。その後、一蛾育による蛾区選抜で白繭が混在した蛾区を除外して、全体的に濃い色繭をつくった蛾区を残し、さらに、個体選抜をして繭色濃く形が良くてより大きな繭を継代に用いた。

これらの選抜と継代を適宜に繰り返した後、2012年初冬蚕期と2013年早春蚕期に検定交雑試験（図3）を行った結果、調査したすべての蛾区で白繭の混在はなかったため、4蛾区すべてを継代した。

そして、2012年初秋蚕期に採種して二分割した蚕種のうち、検定交雑後の継代用として保護していた4蛾区を2013年春蚕期に飼育した。どの蛾区も蚕種を二分割したうちの一切片（約1/2蛾分）で蚕数が少ないため、この段階では繭色や繭形について強い選抜は行わずに継代した。その後は、これまでと同様に蛾区および個体による選抜を行い、継代を進めた。

2. 中国種系緑繭原種「BC」の育成

2009年春蚕期に、「BCg」と中国種系白繭種「C4」を交配して緑繭原種素材「BC」を作出した。その後、一蛾育による蛾区選抜で白繭が混在した蛾区を除外して、全体的に濃い色繭をつくった蛾区を残し、さらには個体選抜をして、繭色濃く形が良くてより大きな繭を継代に用いた。

これらの選抜と継代を適宜に繰り返した後、2012年初冬蚕期と2013年早春蚕期に検定交雑試験（図3）を行った結果、調査したすべての蛾区で白繭の混在はなかったため、4蛾区すべてを継代した。

そして、2012年初秋蚕期に採種して二分割した蚕種のうち、検定交雑後の継代用として保護していた4蛾区を2013年春蚕期に飼育した。上記の「BN」と同様に、どの蛾区も蚕種を二分割したうちの一切片（約1/2蛾分）で蚕数が少ないため、この段階では繭色や繭形について強い選抜は行わずに継代した。その後は、これまでと同様に蛾区および個体による選抜を行い、継代を進めた。

3. 交雑種比較試験

2013年初秋蚕期に行った交雑種比較試験の成績を表1に、繭の写真を図4に示す。ここでは、「BNg × BCg」（緑繭1号）の正逆交雑種を対照品種として、「BN × BC」の正逆交雑種の性状調査を行った。その結果は以下の通りである。

- ・化蛹歩合：蚕作の安定化のためには、特に夏秋蚕期の高温多湿の劣悪な環境に耐えるものが望まれる⁹⁾。その強健性の指標となる化蛹歩合（飼育頭数に対する化蛹数の割合）をみると、「BNg × BCg」は日本種母体（以下、日母）、中国種母体（以下、中母）ともに99.0%であるのに対し、「BN × BC」は日母が98.3%，中母が97.5%であり対照品種よりもやや低かった。

- ・1万頭総収繭量：本試験での400頭飼育の成績をもとに算出した1万頭あたりの繭のどれ高のことであり、総収繭量には上繭（普通繭）だけではなく、中繭（ここでは山型簇への上簇によってできた歪な形の繭を含む）や玉繭も含まれる。これをみると、「BNg × BCg」は日母が22.1kg、中母が21.0kgであるのに対し、「BN × BC」は日母が20.8kg、中母が20.1kgであり対照品種を下回った。

- ・1ℓ粒数：容積1ℓあたりの繭の数を調査したもので、繭の大きさの基準とする。これをみると、「BNg × BCg」は日母が72粒、中母が74粒であるのに対し、「BN × BC」は日母が75粒、中母が77粒であり対照品種よりも小形の繭であった。

- ・全繭重：繭（蛹+繭層）1粒あたりの平均重量で、これをみると「BNg × BCg」は日母が2.14g、中母が2.09gであるのに対し、「BN × BC」は日母が2.11g、中母が2.03gであり対照品種よりも軽量の繭であった。

- ・繭層重：繭1粒あたりの繭層の平均重量で、これをみると「BNg × BCg」は日母が37.7cg、中母が

37.4 cg であるのに対し、「BN × BC」は日母が 41.6 cg, 中母が 41.1 cg であり対照品種を上回った。

・繭層歩合：全繭重に対する繭層重の割合で、これをみると「BNg × BCg」は日母が 17.6%, 中母が 17.9% であるのに対し、「BN × BC」は日母が 19.7%, 中母が 20.3% であり対照品種よりも高かった。

・繭色と繭形：室内での目視による繭色の調査では、「BNg × BCg」の日母と中母、「BN × BC」の日母と中母ともに同程度のレモン色であった。また、繭形はどの品種も長楕円であったが、「BNg × BCg」の中母には紡錘形に近い尖り繭が一部混在した。

・繭糸長：1 粒の繭から繰られる繭糸の長さの平均値で、これをみると、「BNg × BCg」は日母が 1,115 m, 中母が 1,126 m であるのに対し、「BN × BC」は日母が 1,345 m, 中母が 1,344 m であり対照品種よりも長かった。

・繭糸量：1 粒の繭から繰られる繭糸の平均重量で、これをみると、「BNg × BCg」は日母が 29.4 cg, 中母が 29.1 cg であるのに対し、「BN × BC」は日母が 32.7 cg, 中母が 32.0 cg であり対照品種よりも重かった。

・繭糸纖度：纖維の太さで、2.0 d 以下を極細纖度, 2.0 ~ 2.5 d 内外を細纖度, 2.5 ~ 3.0 d 内外を普通纖度, 3.0 d 以上を太纖度とする。これをみると、どの品種も細纖度の範囲内で、「BNg × BCg」は日母が 2.37 d, 中母が 2.32 d であるのに対し、「BN × BC」は日母が 2.19 d, 中母が 2.14 d であり対照品種よりも細かった。

・解じよ率：繭糸が繭糸の途中で切断した回数の多少、すなわち繭糸能率の良否を表し、蚕糸業法施行当時の指定蚕品種の審査基準では 73% 以上を原則¹⁰⁾ としている。これをみると、「BNg × BCg」は日母が 83.3%, 中母が 85.1% であるのに対し、「BN × BC」は日母が 74.1%, 中母が 80.0% であり対照品種より低かった。

また、解じよの良否には吐糸管繭中の湿度が大きく影響し、60 ~ 75% が適湿の範囲とされている¹¹⁾が、本試験では蚕室内、屋外ともに連日 90% を超える過度な湿度の中での吐糸管繭でも、どの品種も解じよ率が 73% を下回ることはなかった。

表 1 緑繭交雑種比較試験成績

- ・2013年 初秋蚕期 所内試験
- ・1~3齢普通人工飼料(くわのはな)育、4~5齢桑葉育、400頭飼育

品種名 (交配名)	母体	化蛹 歩合 %	1万頭 総収繭量 kg	12 粒数	全繭 重 g	繭層 重 cg	繭層 歩合 %	繭糸 長 m	繭糸 量 cg	繭糸 纖度 d	解じよ 率 %
BNg × BCg	日	99.0	22.1	72	2.14	37.7	17.6	1,115	29.4	2.37	83.3
BCg × BNg	中	99.0	21.0	74	2.09	37.4	17.9	1,126	29.1	2.32	85.1
BN × BC	日	98.3	20.8	75	2.11	41.6	19.7	1,345	32.7	2.19	74.1
BC × BN	中	97.5	20.1	77	2.03	41.1	20.3	1,344	32.0	2.14	80.0



図 4 「緑繭 1 号」および「BN × BC」の繭

考 察

緑繭種「BNg」および「BCg」に白繭種をそれぞれ交配させて新たに育成した「BN」および「BC」について、緑繭遺伝子のホモ化の有無を確認する検定交雑試験を行った結果、両品種ともに調査したすべての蛾区で白繭の混在はなかったため、それぞれの繭色を支配する主動遺伝子は優性のホモ接合になっていると判断した。しかし、「BNg」や「BCg」と同じように、これらの繭色の形質も完全に固定されたものではなく、例えば個々の遺伝子の効果は主動遺伝子よりも小さいが同義的に作用するとされる微動遺伝子¹²⁾が存在した場合には、その働きによって、今後、単に飼育と継代を繰り返していくだけでは繭色に濃淡差ができる可能性もある。そのため、「BN」および「BC」の性状について現状を維持していくには、これまでと同様に、繭色や計量形質に配慮しつつ蛾区および個体の選抜を適宜に行い続けることが肝要であり、交雑種の性状についても交雑種比較試験による確認が不可欠であると考える。

また、2013年初秋蚕期に行った交雑種比較試験の結果より、新たに育成した緑繭系交雑種「BN × BC」は、「BNg × BCg」（緑繭1号）と比べて化蛹歩合はやや低く、繭は小形で繭重も軽いが、繭色は同程度であり、繭層重と繭層歩合はともに高く、繭糸長は長く、繭糸纖度は細いという傾向がみられ、「緑繭1号よりも長糸長で細纖度の実用品種を目指す」という当初の育種目標に沿った成績を示した。これで品種育成が完結したわけではないが、今後も選抜による原種の形質維持および比較試験による交雑種の性状の確認を適宜に行っていくことで、特性を維持した実用品種の蚕種を提供することが可能になると考え、「BN × BC」の正逆交雑種を「緑繭2号」と命名して実用に供した。

なお、「緑繭2号」については、2017年より企業において、化粧品等の開発に向けたフラボノイド抽出を目的とした年間120万頭（ひと月当たり10万頭飼育）規模での繭生産が行われており、2018年11月からは、年間180万頭（ひと月当たり15万頭飼育）規模での増産が既定している。

摘 要

緑繭種「大造」を育成素材とした「BNg × BCg」（緑繭1号）は、糸繭生産用の白繭系実用品種と比べて収繭量が1～2割程度少なく、繭糸長も短い。そこで、より長糸長で細纖度の緑繭系実用品種の育成を目指し、日本種系緑繭種「BNg」と中国種系緑繭種「BCg」にそれぞれ白繭種を交配させて、日本種系緑繭種「BN」と中国種系緑繭種「BC」の2種を新たに作出し、品種改良を行った。その結果、これらの交雑種「BN × BC」は、「BNg × BCg」よりも繭糸長や繭層重などの計量形質が向上した。当初の育成目標を達成したので、この交雑種を「緑繭2号」と命名し、実用品種として供している。

引用文献

- 1) 星野智巻・寺尾純二（1996）生体内における脂質過酸化反応のフラボノイドによる抑制作用. 食品研究成果情報, **8**, 20.
- 2) 山崎昌良・中村直子・栗岡 聰・小松計一（1998）笹繭のアルコール抽出物の抗酸化作用. 日蚕雑, **68**, 167-169.
- 3) 山崎昌良・中村直子・栗岡 聰・小松計一（1999）繭の抗酸化作用について. 蚕研彙報, **47**, 1-4.
- 4) 飯田のり子・鶴井裕治・田中幸夫・常山 泉（2007）実用的な緑繭蚕品種の育成. 蚕糸会研報, **55**, 57-63.
- 5) 藤本直正・林屋慶三（1961）繭の色素に関する研究（VII）繭の含有色素による家蚕品種の分類とその地理的分布について. 日蚕雑, **30**, 83-88.
- 6) 藤本直正（1955）緑繭及び笹繭に関する遺伝子の作用並びに色素について. 日蚕雑, **24**, 373-376.

- 7) 原 和二郎・永易健一・常山 泉・池嶋智美・鶴井裕治・飯田のり子・田中幸夫 (2009) カイコの緑繭における二つの因子の遺伝解析. 蚕糸・昆虫バイオテック, 78, 151-159.
- 8) 黒田行昭・沖垣 達・阪本寧男・塙本増久 (1995) 基礎遺伝学, 116-117, 裳華房, 東京.
- 9) 日本蚕糸学会編 (1992) 蚕糸学入門, 134, (財)大日本蚕糸会, 東京.
- 10) 日本蚕糸学会編 (1992) 蚕糸学入門, 134, (財)大日本蚕糸会, 東京.
- 11) 文部省 (1979) 高等学校用 養蚕, 190-192, 実教出版株式会社, 東京.
- 12) 西尾 剛・向井康比己・大澤 良・草場 信・鳥山欽哉 (2006) 遺伝学の基礎, 14, 44-46, 朝倉書店, 東京.

Summary

In order to develop silkworm producing cocoons with higher flavonoid, the silkworm race 'Ryokken 1 gou (BNg × BCg)', was developed. Although the cocoon of this race contained much flavonoid in its cocoon shell, it had fewer cocoon yield and the length of silk filament was much less than the current commercial races.

To improve the shell weight and filament length, further breeding was undertaken by crossing J3 and C4, that had high cocoon shell weight and filament length, with BNg and BCg respectively. The selection for both the cocoon color and cocoon size was repeated. The new races were named as BN and BC respectively. These races were having uniformly thick cocoon color, and the hybrid developed by crossing, BN×BC, was superior to 'Ryokken 1 gou' in both length of silk filament and cocoon shell weight. This new hybrid was named as 'Ryokken 2 gou', and is being reared as a new commercial race with much flavonoid in its cocoon shell.