

SOP22-304bK

禁転載

(配付者限り)

遺伝子組換え超極細カイコ品種 「麗明」飼育技術 標準作業手順書

公開版



目次

はじめに	1
免責事項	2
本書の構成と使い方	2
I. 品種の概要と特徴	3
1. 遺伝子組換え超極細カイコ品種「麗明」の基本情報	3
(1) 細織度品種の歴史	3
(2) 超極細カイコ品種「麗明」の特徴	3
(3) 育成経過	5
(4) 導入遺伝子	6
(5) 愛称について	6
(6) 飼育試験成績	6
(7) 繭糸及び生糸の特性	7
2. 生物多様性影響について	9
(1) カルタヘナ法について	9
(2) 遺伝子組換えカイコの飼育における生物多様性影響評価	9
(3) 「麗明」の飼育における生物多様性影響評価について	11
II. 「麗明」の飼育管理	17
1. 稚蚕飼育について	17
(1) カルタヘナ法 産業二種使用の概要	17
(2) 「麗明」が飼育可能な施設	17
2. 養蚕農家における飼育管理について	17
(1) カルタヘナ法 第一種使用規定の概要	17
(2) 遺伝子組換えカイコの使用に関する研修	18
(3) 飼育にあたっての要件	18

(4) 3 齡幼虫から繭の収穫までの管理	19
(5) 繭を収穫した後の飼育室の管理	20
(6) 収穫した繭の取り扱い	20
(7) 飼育残渣の管理	21
(8) 飼育管理の記録	21
3. モニタリング調査について	23
(1) モニタリング調査の必要性	23
(2) モニタリングの調査時期	23
(3) モニタリングの実施場所	23
(4) 調査方法	24
(5) モニタリング実施要領の作成	24
4. 製糸工場における管理について	24
(1) 繰糸用の繭の管理	24
(2) 煮繭	24
(3) 繰糸	25
(4) 繰糸後の蛹の管理	26
(5) 作業ごとの確認記録	26
Ⅲ. 「麗明」の飼育マニュアル	27
1. はじめに	27
2. 4 齡期	27
3. 5 齡期	28
4. 上簇・営繭	29
よくあるご質問と答え	30
「麗明」利用の流れ	32
用語集	33
参考資料	37

はじめに

近年、外国産の生糸と差別化するため特徴のあるカイコ品種が求められています。その中でも要望が高いのが細繊度品種です。

普通の生糸は、複数の繭から繰り出した繭糸¹からできており、太さは 21 デニールや 27 デニールが一般的です。デニールとは糸の太さの単位で、一般的に繊維の太さは繊度で表します。カイコが作る糸はとても細いうえに、断面は丸くなく、直径はその時々により違うため、9000 m の重さが 1 g の糸を 1 デニールと表します。一般的なカイコの繭糸の太さは 3 デニールですので、平均 9 個の繭から引いた繭糸により 27 デニールの生糸は作られています。それに対して、2 デニールの細い糸を吐く細繊度品種の繭糸で 27 デニールの生糸を作る場合、平均 13~14 個の繭が必要となります。したがって、同じ太さの生糸であっても品種によって生糸を構成している繭糸の本数は異なります。本数が多ければ、生糸の太さの変化が少ない高品質な糸となることに加え、光の乱反射が複雑になり、よりきれいな光沢の糸が得られます。また、細繊度品種の生糸は柔らかく、しなやかさに優れています。

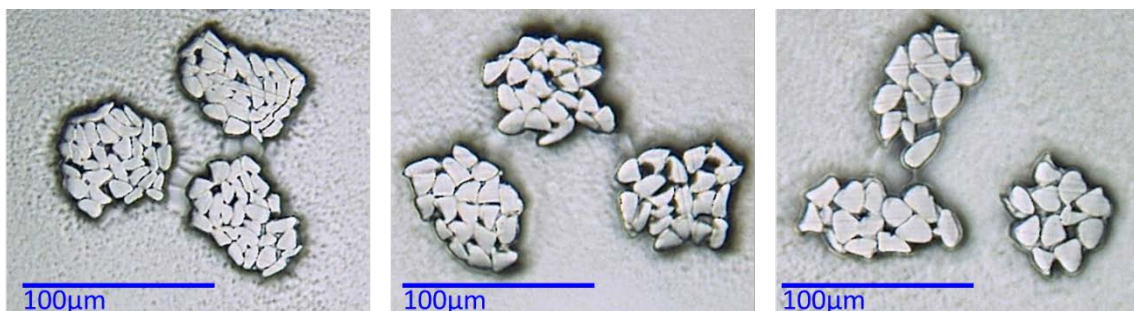


図 1 極細繊度品種「はくぎん」の生糸(左)、標準品種の生糸(中央)、太繊度品種「ありあけ」(右)の生糸の断面

極細繊度の繭を生産するカイコ品種である「はくぎん」を用い、染色性を高めるようなアミノ酸配列を導入して作出した遺伝子組換えカイコ系統は、染色性が高まっただけでなく、繭糸繊度がさらに 10 %程度細い超極細であるという特徴があります。

¹ けんし、繭を構成している糸。繭糸数本をそろえて合わせた糸が生糸。

■ 免責事項

- 本手順書に記載された「麗明」の特性は育成地である茨城県つくば市、及び、試験地である群馬県前橋市におけるデータであり、得られる生糸の特性や、「麗明」の発育状況は、地域や気候条件等より変動することにご留意ください。
 - 農研機構は、利用者が本手順書に記載された「麗明」を利用したこと、あるいは利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
 - 本手順書に記載の図表は、農研機構および群馬県蚕糸技術センターが著作権を有するものです。
 - 本書には、遺伝子組換え超極細カイコ品種「麗明」の飼育技術が記してあります。遺伝子組換えカイコの飼育は、カルタヘナ法に則って行う必要があります。カルタヘナ法については p.9、飼育管理については p.17 を参照して下さい。p.32 に「麗明」利用の流れを図示していますので、参考にしてください。
 - 本書の構成は、以下のようになっています。
 - ・「麗明」の基本的な情報について
 - I. 品種の概要と特徴 1. 遺伝子組換え超極細カイコ品種「麗明」の基本情報
 - ・カルタヘナ法の概要と、「麗明」の生物多様性影響について
 - I. 品種の概要と特徴 2. 生物多様性影響について
 - ・カルタヘナ法に則り「麗明」の飼育する方法について
 - II. 「麗明」の飼育管理 1. 稚蚕飼育について
 - II. 「麗明」の飼育管理 2. 養蚕農家における飼育管理について
 - ・「麗明」の飼育後に必要なモニタリング調査について
 - II. 「麗明」の飼育管理 3. モニタリング調査について
 - ・「麗明」の繰糸と繰糸後の管理について
 - II. 「麗明」の飼育管理 4. 製糸工場における管理について
 - ・「麗明」の飼育マニュアルについて
 - III. 「麗明」の飼育マニュアル
- 「よくある質問と答え」と「用語集」を用意していますので、ご参考にしてください。なお、「麗明」の飼育には、農研機構との契約が必要です（p.32 を参照のこと）。

I. 品種の概要と特徴

1. 遺伝子組換え超極細カイコ品種「麗明」の基本情報

(1) 細織度品種の歴史

細織度品種の研究の歴史は古く、昭和の初めに始まっています。昭和 13 年に、糸の長さを長くすることを目的に長糸長基礎蚕品種「MK」の育成が開始されました。カイコの繭は一本の糸からできていて、一般的なカイコの繭は 1200 m の長さです。長糸長基礎蚕品種「MK」の記録として残っている最長記録は 3100 m で、一般的な品種の倍以上です。糸の長さが長くなると、糸は細くなります。「MK」を元に育成された品種に「航空 1 号」があります。「航空 1 号」は、戦時中にパラシュート用として育成された品種で、織度は約 2 デニール²でした。戦後も、「MK」を元にして細織度品種の育成は続けられました。1998 年に品種指定された「はくぎん」は、色が純白で光沢があり、長野冬季オリンピックの年に育成されたところから、白銀に描かれるシュプールのイメージで命名されました。「はくぎん」の織度は約 1.7 デニールでした。「はくぎん」は、現在でも実用品種の中では最も細い品種で、極細織度品種と呼ばれています。

(2) 超極細カイコ品種「麗明」の特徴

生糸に色をつけることを染色といいます。染色とは、いろいろな染料を用いて、色素を化学的にシルクに結合させることです。国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下「農研機構」という）では、生糸の染色性を高めることを目的として化学結合性が向上するようにシルクタンパク質の一部のアミノ酸配列を改変した遺伝子組換えカイコを作出しました。これにより、染色性が向上したのみならず、糸が細くなることがわかりま

² 繊維の太さの単位。9000m の糸の質量を g (グラム) で表したものがデニール。9000m の糸が 1g であれば 1 デニールとなる。

した。そこで、極細織度品種「はくぎん」を用いて、遺伝子組換えカイコを作りました。できた遺伝子組換え系統は、「はくぎん」よりも、さらに 10 % 細い糸になりました（図 I-1）。このカイコ系統を超極細カイコ品種「麗明」と呼んでいます。

「はくぎん」の繭と「麗明」の繭から作った生糸を同じ条件で染色すると、「麗明」から作った生糸が濃く染まりました（図 I-2）。また、繭糸を顕微鏡で観察すると、「麗明」のシルクは細くむらがないことがわかりました。

「麗明」が吐く繭糸は非常に細く、一本の生糸を繰糸する際に通常より多くの繭糸を使うため、生糸の太さ変化が少ない高品質な糸が作

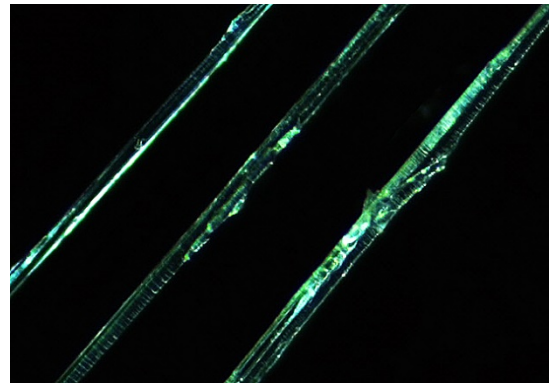


図 I-1 繭糸の顕微鏡画像

左：「麗明」、中央「はくぎん」、右「一般品種」

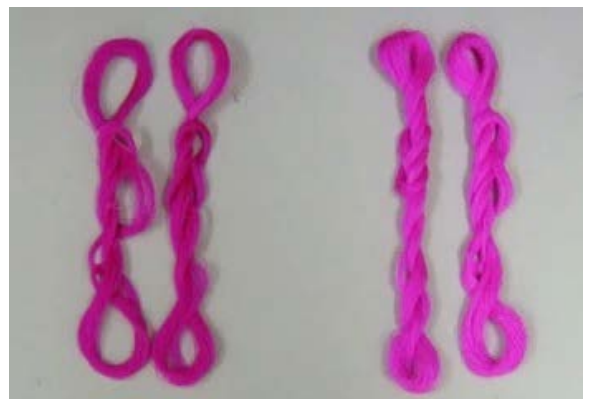


図 I-2 染色後の生糸の比較

左：「麗明」、右：「はくぎん」



図 I-3 「麗明」7 デニールの生糸を用いて作製した織物

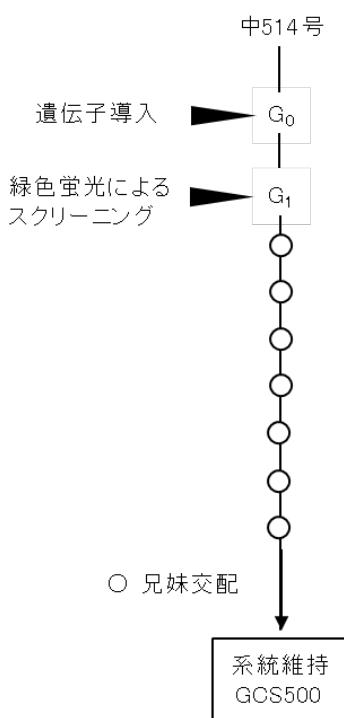
れることに加え、糸表面の凹凸が小さくなり、光の反射がより複雑になり、美しい光沢、白度も高い“真っ白”な織物が作製できます。さらには発色性、染色性も高く、“くっきり”とした色合いを出すことが可能となりました。「麗明」の繭から7デニールの生糸を繰糸し、世界で最も薄い絹織物を試作したところ、生地に向こう側が透けて見えるほど薄くて軽い織物になりました（図 I-3）。また、「麗明」の生糸で織った生地で作製したドレスは、発色が良く、美しい光沢があります（図 I-4）。

(3) 育成経過

遺伝子組換え超極細カイコ品種「麗明」は、高染色性絹糸の生産を目的とした改変フィブロイン H 鎖遺伝子を「中 514 号」に導入した「GCS500」に「中 515 号」を交配した一代雑種である「GCS500×中 515 号」です。「中 514 号」と「中 515 号」を交配した一代雑種である「中 514 号×中 515 号」は、極細織度品種「はくぎん」です。



図 I-4 「麗明」より得た生糸を用いて作製したドレス



「中 514 号」は、農林水産省蚕糸・昆虫農業技術

研究所（現 農研機構）において、極細織度系統を作出する目的で「支 143 号」と「支 25 号」とを交配して育成した後代に、「CS31」（広食性系統）や「中 511 号」（細織度系統）を交配して育成した二化性³の中国種系統です。「中 515 号」は、農林水産省蚕糸・昆虫農業技術研究所（現 農研機構）において、「支 25 号」から選抜した後代の中から、極細織度の特性を維持しながら多糸量の方に改良した一化性の中国種系統です。

図 I-5 育成経過

GCS500 は、高染色性絹糸の生産を目的とした遺伝子を

「中 514 号」に導入後、選抜して育成されました（図 I-5）。

³ 昆虫が一年間にきまった数の世代を繰り返す性質。その回数によって一化性、二化性といい、三化性以上を多化性ともいう。温度や光の影響で変わることがある。

(4) 導入遺伝子

導入した改変フィブロインH鎖遺伝子は、グリシン-アラニンの繰返しをグリシン-グルタミン酸に置換することでグルタミン酸の側鎖が酸性になる影響により、生糸の染色性を高めると考えられます。また、遺伝子組換えカイコを区別するために用いるマーカー遺伝子として、カイコの眼で発現するように改変型緑色蛍光タンパク質遺伝子を導入しています。

(5) 愛称について

現在は遺伝子組換えカイコの普及の黎明期にあり、本遺伝子組換えカイコが生み出すシルクは明るく美しい光沢を持つことから、愛称を「麗明」としました。

(6) 飼育試験成績

4 齢となった時点で頭数調整により 1 区 200 頭で飼育し、以下の項目を調査しました（表 I-1）。

孵化率：受精卵のうち孵化した卵の割合（雌蛾 6 頭が産卵した卵での平均値）

幼虫期間：孵化幼虫への最初の給餌（掃立）から吐糸を開始した幼虫を簇⁴（まぶし）に移す作業（上簇⁵）までの期間

営繭率：200 頭あたりの繭を作った個体の割合

繭重：繭 1 個の重さ（雌雄 20 頭の平均値）

繭層重：繭から蛹を除いた重さ（雌雄 20 頭の平均値、単位は cg（センチグラム））

産卵数：1 頭のメス蛾が産んだ卵の数（雌蛾 6 頭の平均値）

⁴ カイコが繭を作りやすいように作られた道具。

⁵ じょうぞく、桑を食べるのをやめ繭を作ろうとしているカイコを、繭を作らせるために簇に入れること。

表 I-1 飼育試験成績

種類	品種	孵化率 (%)	幼虫期間 (日・時)	営繭率 (%)	繭重 (g)	繭層重 (cg)	産卵数 (粒)
非組換え	中514号	86.8	25.01	89.0	1.61	32.8	373.5
	中515号	84.1	25.03	88.0	1.75	34.2	319.2
	はくぎん	98.6	24.21	95.5	1.85	36.8	428.7
組換え	GCS500	94.9	23.22	92.5	1.74	33.6	564.0
	麗明	96.2	23.22	91.0	1.79	34.9	445.7

遺伝子組換えカイコは、これと遺伝的背景が同じである非遺伝子組換えカイコ（上段）に比べると、飼育日数が1～2日短くなります。繭重や繭層重はやや小さいが大きな差は認められませんでした。

(7) 繭糸及び生糸の特性

遺伝子組換えカイコ「麗明」（中515号×GCS500）と対照となる非遺伝子組換えカイコ「はくぎん」（中515号×中514号）の繭糸および生糸の特性を比較しました（表I-2）。

織度試験：「麗明」と「はくぎん」の繭10個ずつについて、一粒繰り繰糸機（ハラダ製、枠周1.125m）を用い繰糸しました。巻き取り50回（56.25m）ごとに繭糸を繰糸機から取り外し乾燥させ、温度20℃、湿度65%で24時間静置してから秤量し、この値を繭糸織度（デニール）に換算し、繭1個ずつの平均繭糸織度を求めました。

強度試験：「麗明」と「はくぎん」のそれぞれの繭から、繭検定用自動操糸機（日産自動車、CT2型）で、旧繭検定法に準じて、目的織度27デニール、繰糸速度200m/minで繰糸して生糸を得ました。これから、検尺器により100回織度糸（長さ112.5mの生糸）を作製し、温度20℃、湿度65%で24時間静置してからテンシロン（オリエンテック、RTA-100）を用い強度を測定しました。測定に用いた試料長は

100 mm、延伸速度は 150 mm/min、試験回数は 50 回です。繊維度および強度ともに「麗明」と「はくぎん」の間で統計学的な有意差が認められました（どちらも $P < 0.01$ ）。

表 I-2 繭糸繊維度、強度

品種名	繭糸繊維度 (デニール)	強度 (g/デニール)
麗明	1.35 ± 0.157	5.14 ± 0.074
はくぎん	1.54 ± 0.090	4.89 ± 0.247

平均±標準偏差

染色性試験：ローダミンとフラビンそれぞれの染料を水 100 ml に投入して 0.05 % の染液を作製し、湯煎器を用いて 60 °C まで間接加熱し、強度試験と同様に作製した 100 回繊維度糸を入れ、緩やかに攪拌しながらさらに温度を上げて染色しました。その後、色落ちしなくなるまで水洗いしてから風乾し、明度と色彩値は色彩色差計（コニカミノルタ、CR-400P）を用いて測定しました。試験は 5 回繰り返しました（表 I-3）。

表 I-3 染色試験成績

ローダミン染色

品種名	L^* 値	a^* 値	b^* 値
麗明	43.9 ± 1.96	71.1 ± 2.62	-9.29 ± 1.42
はくぎん	53.3 ± 0.698	70.9 ± 1.58	-15.1 ± 0.676
P (t検定)	<0.01	0.89	<0.01

平均±標準偏差

フラビン染色

品種名	L^* 値	a^* 値	b^* 値
麗明	82.8 ± 0.925	-15.0 ± 1.55	95.8 ± 3.49
はくぎん	87.7 ± 0.743	-27.9 ± 0.804	79.3 ± 2.19
P (t検定)	<0.01	<0.01	<0.01

平均±標準偏差

L*値は明度で0（黒）～100（白）、a*値とb*値は色度0で無彩色、a*値はプラスの方向は赤、マイナスの方向は緑が強く、b*値はプラスの方向は黄色、マイナスの方向は青が強くなります。ローダミン染色およびフラビン染色のどちらも遺伝子組換えカイコの生糸の方でL値が低く、濃く染まっていると認められました。

2. 生物多様性影響について

(1) カルタヘナ法について

遺伝子組換え生物の利用は、「遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律」（通称「カルタヘナ法」）により、適切な使用方法について定められています。カルタヘナ法は、生物の多様性の保全と持続可能な利用を目的とした「生物多様性条約」のもと、遺伝子組換え生物を使用する際のルールを定めたものです。カルタヘナ法では、遺伝子組換え生物の使用形態を2種類に分けています。一つは、実験室や工場などで環境中に拡散しないように利用するもので、第二種使用と呼びます。一方、農地での栽培など開放系での使用を第一種使用と呼びます。第一種使用に当たっては、申請者から遺伝子組換え生物が生物多様性に影響を及ぼすおそれについて評価した「生物多様性影響評価書」が関係省庁に提出され、これを学識経験者が審査します。具体的な評価の観点としては、例えば遺伝子組換え農作物の利用により影響を受ける可能性のある在来の野生動植物が国内に存在するかどうか、存在する場合、どのような影響がどのくらい出るか、など生物多様性への影響を総合的に評価します。

なお、「麗明」の特定施設における稚蚕飼育は第二種使用等、養蚕農家におけるそれ以降の飼育は第一種使用等に該当します。

(2) 遺伝子組換えカイコの飼育における生物多様性影響評価

遺伝子組換え動物の生物多様性影響評価の項目は、以下のようになっています。

- ①競合における優位性：野生動物と食物、営巣場所、生息場所等の資源を巡って競合、それらの生息に支障を及ぼす性質。
- ②捕食性又は寄生性：野生動植物等を捕食し、又は野生動植物に寄生することにより野生動植物の生息又は生育に支障を及ぼす性質。
- ③有害物質の産生性：野生動植物等の生息又は生育に支障を及ぼす物質を産生する性質。
- ④交雑性：近縁の野生動物と交雑し、法が対象とする技術により移入された核酸をそれらに伝達する性質。
- ⑤その他の性質：上に掲げる性質以外の性質であって、生態系の基盤を改変させることを通じて間接的に野生動植物等に影響を与える性質等生物多様性影響の評価を行うことが適切であると考えられるもの。

カイコは幼虫期に餌を探して動き回ることもなく、成虫は飛ぶことができないため、野外で生育したり繁殖したりすることはできません。したがって、「①競合における優位」や「②捕食性又は寄生性」による生物多様性影響は生じることはありません。また、桑園に廃棄したカイコにより生物多様性に影響を与えたとする報告はなく「③有害物質の産生性」についても問題ありません。一方、「④交雑性」については、注意が必要で、日本国内では奄美地方や沖縄県を除いて、カイコと交雑可能な近縁野生種であるクワコが生息しています。しかしながら、全国各地から採集したクワコを調べましたが、カイコとの交雑の痕跡は見つかっていません。

遺伝子組換えカイコにおいては、導入した遺伝子により上記項目に関して問題が生じないか調査を行い、生物多様性影響評価書を作成することになっています。一般的には、遺伝子組換えカイコの開発者が生物多様性影響評価書を作成し、関係省庁に提出を

します。「麗明」の生物多様性影響評価書は、農研機構が申請を行い、2020年8月21日付けで承認されました。

(3) 「麗明」の飼育における生物多様性影響評価について

2020年8月21日付けで承認された「麗明」の生物多様性影響評価書の概要について説明します。

1. 競合における優位性

カイコは、日本国内においても長期間使用等の歴史がありますが、これまでに日本を含めてカイコが野外に逸出して自然条件下で繁殖している例は報告されていないことから、カイコが自然条件下で生存・繁殖する可能性は低いと考えられます。

遺伝子組換えカイコ「麗明」は、改変フィブロイン H 鎖タンパク質を絹糸に含みますが、このタンパク質は絹糸腺で発現して、宿主である非遺伝子組換えカイコに比べて繭糸を10%程度細くしたり染色性を高めたりするなど物性を改変するにすぎず、幼虫の運動性を高めたり成虫に飛翔能力を付与したりすることもないことから、カイコの競合における優位性を高めることはないと考えられます。また、遺伝子組換え個体の選抜マーカーである改変型緑色蛍光タンパク質も、幼虫や成虫の眼に緑色蛍光を付与するにすぎず、カイコの競合における優位性を高めることもないと考えられます。

「麗明」と比較対象である「はくぎん」との間で生理学的特性について検討するため、幼虫体重、繭重及び繭層重、産卵数、産卵する範囲、孵化歩合、営繭率、幼虫の行動範囲を調査しましたが、「麗明」が競合における優位性を高めていることはないと考えられます。

2. 捕食性

カイコは幼虫期に人為的に与えられた桑葉又は人工飼料のみを摂食して成長し、桑葉以外の植物や昆虫等を捕食することはありません。また、カイコ幼虫の運動能力は著し

く低く、野外に逸出して桑樹を登り、野外で桑葉を摂食して生育した例はこれまで報告されていません。さらに、成虫は一切摂食や飲水をしません。「麗明」は、幼虫期に改変フィブロイン H 鎖タンパク質を絹糸腺及び繭糸で発現するほか、選抜マーカーとして幼虫の単眼で改変型緑色蛍光タンパク質を発現しますが、これらのタンパク質によってカイコ幼虫の食性が変化したり捕食能力が高まったりするとは考えられません。以上のことから、「麗明」の使用により、捕食性に起因する影響を受ける可能性はないと考えられます。

3. 有害物質の産生性

カイコは、弥生時代から日本国内で飼育されていますが、これまで野生動植物等の生育に悪影響を及ぼすような有害物質が産生されているとの報告はありません。また、養蚕農家においては、飼育中に生じる桑葉等の残渣やカイコの糞・死体などを、敷地内に掘った穴や桑畑に廃棄することが一般的に行われていますが、それらの排泄物等が野生動植物等に有害性をもたらすあるいはもたらしたとの報告もありません。

「麗明」は、幼虫期に改変フィブロイン H 鎖タンパク質を絹糸腺で発現するほか、選抜マーカーとして改変型緑色蛍光タンパク質を眼で発現しますが、タンパク質としての特性から、土壌中に混入した場合に他の生物に影響を与えるとは想定されません。また、「麗明」と「はくぎん」の糞や死体を土壌中に混合し、植物の発芽・生育や土壌微生物に与える影響を比較検討したところ、「麗明」と「はくぎん」との間で統計学的な有意差は認められませんでした。「麗明」が発現する改変フィブロイン H 鎖タンパク質及び改変型緑色蛍光タンパク質は既知の有毒タンパク質やアレルゲンと特異的に相同性のあるアミノ酸配列を持たないことや、他の物質を変化させるような酵素活性を有しておらず宿主の持つ代謝系を変化させる機能を有していないと考えられること、飼育残渣に含まれて屋外に廃棄される「麗明」があったとしてもきわめて少量であると考えられること等から、捕食動物への影響も考えられません。

4. 交雑性

カイコと交雑可能な近縁野生種としてはクワコとインドクワコが報告されていますが、日本国内に分布しているのは、北海道から鹿児島県悪石島まで生息しているクワコのみです。したがって、交雑性に起因して影響を受ける可能性のある野生動物としてクワコが特定されます。カイコとその近縁野生種であるクワコの間では、人為的に交尾させれば交雑個体が生じ、後代において妊性も確認されています。したがって、交雑性に関する具体的な影響としては、本遺伝子組換えカイコ由来の改変フィブロイン H 鎖遺伝子及び改変型緑色蛍光タンパク質遺伝子が当該交雑個体からクワコの集団に浸透し、定着する可能性が考えられます。

日本では、養蚕が弥生時代に中国から伝えられて以降、日本各地でカイコが飼育されてきましたが、これまでにカイコとクワコの交雑個体が自然環境下で見つかったとの報告はありません。また、現在カイコを飼育している養蚕農家 5 戸（群馬県前橋市）の周辺で 3 年間に渡ってフェロモントラップを用いて捕獲したクワコ 3,750 頭を調査した結果でも、カイコとクワコの交雑個体は見つからず、そのほか、全国各地で捕獲したクワコのオス成虫のミトコンドリア *cox1* 遺伝子型（7,708 頭）や核ゲノム CAD 遺伝子型（1,019 頭）などを解析した結果においても、カイコからクワコへの遺伝子流入は見つかっていません。

なお、自然環境下において、カイコ成虫は雌雄ともに飛翔できないほか、カイコのオス成虫がクワコのメス成虫の性フェロモンを感知して交尾行動を起こしても、カイコのオス成虫はフェロモン源にむかって小刻みにジグザグ歩行をしながら進むこととなるため、野外の桑樹の幹を歩いて登り、樹上のクワコのメス成虫と交尾することはおよそできないと考えられます。このため、自然環境下でカイコとクワコが交配する可能性があるのは、クワコのオス成虫がカイコのメス成虫の放出する性フェロモンに誘引され、交尾が成立することであろうと考えられます。

自然環境下でカイコからクワコへの遺伝子流入が見つからない要因は以下のように考えられます。

- ①これまでの一般的な農家でのカイコの飼育が幼虫から繭の形成までに限定され、収穫された繭は製糸工場で熱乾燥処理されるため、開放的な飼育環境下で交尾可能な成虫を取り扱わないこと。
- ②カイコ幼虫の運動性はきわめて低く、飼育室の外に逃亡することはなく、仮に野外に出たとしても桑樹に到達して生育することもなく、鳥や昆虫等にも容易に捕食されて生き残ることがきわめて難しいこと。
- ③仮に、飼育室内や飼育残渣の中に幼虫や繭が残されて成虫が羽化したとしても、カイコ成虫は飛翔能力が全くなく歩行能力もきわめて低いため、鳥や昆虫等に容易に捕食されて生き残ることがきわめて難しいこと。
- ④仮に、それら野生動物の捕食を免れてカイコのオス成虫が生じたとしても、飛翔能力が全くなく、樹上にいるクワコのメス成虫が発する性フェロモンを感知して、その方向に移動しようとしても到達できないため交尾は不可能であること。
- ⑤また、野外に置かれた飼育残渣の中で羽化したカイコのメス成虫が、野生動物の捕食を免れたとしても、飛翔能力が全くなく歩行能力もきわめて低いため、飼育残渣の中に休眠卵を産下するに過ぎず、交雑第一代の幼虫が孵化しても、周囲に新鮮な桑葉はなく、また、周辺の桑樹に到達して生存できる可能性は極めて低いこと。
- ⑥室内に放置された繭から羽化したメス成虫に関しては、飼育室内で産卵するに過ぎず、周辺には桑樹がなく生存できる可能性は極めて低いこと。

実際、これらの要因を確認するため、農研機構及び群馬県蚕糸技術センターにおいて2016年から3年間行った隔離飼育試験等の結果では、

- ①飼育中のカイコ成虫発生の可能性については、隔離飼育試験において飼育室内で成虫が生じたことはなく、飼育残渣についても、網で覆って管理したり、粉碎処理したりすることにより、クワコとの交雑は認められませんでした。
- ②野生動物による捕食の可能性については、カイコの4齢幼虫500頭と5齢幼虫800頭を屋外で飼育したところすべて鳥や昆虫に捕食されて成虫が生じることがなく、カイコのメス成虫200頭を屋外に置いた場合も、アリ類による攻撃を受けて体が分断されることなどによりすべてが死亡しました。
- ③仮にカイコのメス成虫とクワコのオス成虫の偶発的な交尾が生じ、カイコのメス成虫が飼育室内又は野外に置かれた飼育残渣内で産卵したとしても、カイコのメス成虫はまったく飛翔できず、歩行能力も弱いなど、きわめて狭い範囲に産卵することになる。それら交雑卵から幼虫が孵化することを想定して、実際に野外の桑樹から2mの地面に交雑個体の孵化幼虫2,964頭を置き、その後の生存調査を行ったが、桑樹まで到達せず、桑葉を摂食して生育した個体はまったく観察されませんでした。

加えて、「麗明」に導入した遺伝子は、絹糸腺や繭糸に改変フィブロインH鎖タンパク質を発現させたり、眼で改変型緑色蛍光タンパク質を発現させたりするものであり宿主の繁殖能力を高めることはありません。実際、「麗明」と対照の「はくぎん」の繁殖特性を調査するため、雌蛾を置いた位置から、どれくらい移動して産卵したかを調べたところ統計学的な有意差は認められませんでした。産卵数について「麗明」の方が「はくぎん」に比べて統計学的に有意に小さく、「麗明」の繁殖能力が劣る可能性が示唆されました。

また、交雑個体が生じていないかを確認するための方法として、「麗明」の飼育開始後には、「生物多様性影響評価書」に策定されているモニタリング計画書に基づいて、学識経験者の助言等を踏まえ毎年モニタリング実施要領を作成し、実際の飼育規模

等に応じた適切なモニタリングを実施することとしています。以上のことから、「麗明」の使用により、交雑性に起因する生物多様性影響が生ずるおそれはないと考えられます。

Ⅱ. 「麗明」の飼育管理

1. 稚蚕飼育について

(1) カルタヘナ法 産業二種使用の概要

遺伝子組換え生物等の「第二種使用等」とは、遺伝子組換え生物等の環境中への拡散を防止しつつ行う行為のことです。例えば、遺伝子組換えマウスの工場内での飼養や繁殖、また、遺伝子組換え微生物（動物用医薬品）の工場内での生産などが挙げられます。第二種使用で遺伝子組換え生物を使用する際には、「遺伝子組換え生物等の第二種使用等のうち産業上の使用等に当たって執るべき拡散防止措置等を定める省令」（平成16年財務・厚生労働・農林水産・経済産業・環境省令第1号）にしたがう必要があります。一般には「産業二種使用」と呼ばれています。

「麗明」については蚕種製造、1～3 齢までの稚蚕期の飼育は、産業二種使用で行うこととされています。

(2) 「麗明」が飼育可能な施設

1～3 齢までの稚蚕期の「麗明」を飼育可能な施設は、産業二種使用の大臣確認を受けた群馬県蚕糸技術センターと大日本蚕糸会蚕糸科学技術研究所の2カ所です（2023年1月時点）。群馬県蚕糸技術センターでは、一回で最大12万頭の稚蚕飼育が可能で、大日本蚕糸会蚕糸科学技術研究所では、最大24万頭の飼育が可能です。

2. 養蚕農家における飼育管理について

(1) カルタヘナ法 第一種使用規定の概要

遺伝子組換え生物等の「第一種使用等」とは、遺伝子組換え生物等の環境中への拡散を完全には防止しないで行う行為のことです。例えば、遺伝子組換え農作物の輸入、

流通、栽培や、遺伝子組換え生ワクチンの動物への接種など、使用の過程で環境との接触が予想されるものは、全て第一種使用等に該当します。第一種使用等をする際には、使用等に先立ち、遺伝子組換え生物等の種類ごとに、予定している使用等（「第一種使用規程」といいます）によって生物多様性に影響が生じないか否かについて審査を受ける必要があります。審査の結果、問題が無いと認められた場合のみ、その使用が認められます。

カイコにおいては、最初に緑色蛍光タンパク質含有絹糸生産カイコが、2019年9月12日に承認されました。2020年8月21日には、青色蛍光タンパク質含有絹糸生産カイコと高染色性絹糸生産カイコ（「麗明」）が承認されました。

(2) 遺伝子組換えカイコの使用に関する研修

遺伝子組換えカイコである「麗明」を適切に管理するため、「麗明」の利用について契約等を交わした者は、本遺伝子組換えカイコの幼虫を第一種使用等として飼育する者及び本遺伝子組換えカイコの繭からの繰糸を行う者を対象として、本遺伝子組換えカイコの飼育を開始する前に、法令や本飼育等要領を遵守させるための研修を行います。当該研修が実施される際は、農研機構から講師を派遣します。研修においては、別途マニュアルを作成した上で、① 法令、② 本遺伝子組換えカイコの第一種使用規程、③ 本飼育等要領に基づくクワコとの交雑防止措置や蛹の廃棄手順などの管理手法、④ 飼育や繰糸等の実施状況の報告手続き、などについて解説します。

(3) 飼育にあたっての要件

農研機構は、「麗明」を適切に管理するため契約等を交わした者を通じて、「麗明」の幼虫の飼育や繭からの繰糸を行おうとする者等についての情報を収集し、本飼育等要領に従って適切に管理できる者に限って飼育や繰糸等を行っていただきます。(p.33を参照のこと)

飼育室は、外部からのクワコ成虫の侵入を防止できるようにするため、窓等の開口部に 4 mm 目以下の網を張ること又は網戸を設置すること等が可能な構造とします。幼虫を飼育する容器は、底部が 4 mm 目以下の網で覆われるなど、幼虫を適切に保持できる構造が必要です。一般的な養蚕農家が使用する組み立て式条桑飼育装置や、多段循環式壮蚕飼育機がこれにあたります。

(4) 3 齢幼虫から繭の収穫までの管理

以下の項目を遵守して、飼育を行ってください。

- ・ 「麗明」を飼育している間は、飼育室の出入り口に、関係者以外の立ち入りを禁止する旨を表示してください。
- ・ 他のカイコ品種と区別して管理するため、他のカイコ品種と同じ時期に同じ飼育室では「麗明」を飼育しないでください。
- ・ 「麗明」の幼虫を運搬する際は、本遺伝子組換えカイコが逸出しない容器を用い、蓋を固定すること等により途中で幼虫がこぼれ落ちないようにしてください。
- ・ 上簇時等、飼育室のある敷地内又は隣接する敷地内にある他の飼育室等に幼虫を運搬する際は、途中でこぼれ落ちることがない容器を用います。さらに、運搬の後にその経路を目視で確認し、カイコが落ちていた場合は回収してください。
- ・ 飼育容器中の桑の枝を動かす際などは、カイコの幼虫が飼育容器から出ないように注意してください。
- ・ 「麗明」を飼育している飼育室から退出する際は、作業者の体や衣服にカイコが付着していないことを鏡もしくは他の作業者等とともに確認してください。ただし、幼虫の飼育中で、飼育容器中のカイコの幼虫や桑葉に触れていない場合はカイコの付着を確認せず退出することができます。

- ・ 幼虫の飼育中は三眠蚕⁶が発生していないか注意し、三眠蚕は廃棄してください。
- ・ 「麗明」の繭を形成させる容器としては原則として回転簇を用いてください。ただし、少数のカイコ幼虫に繭を形成させる場合等は、4 mm 目以下の網で覆った容器の中で繭を形成させることもできます。幼虫を回転簇に移す際は時期を適切に判断してください。
- ・ 幼虫の飼育中及び繭の形成中に生育不良の幼虫や三眠蚕等を廃棄する場合は、飼育室内で捕殺するか、飼育室内の容器に入れて蓋をするかビニール袋に入れて密封し上簇から 30 日間の管理が必要です。
- ・ 飼育室の外でカイコの幼虫や蛹、繭を見つけた場合はその場でただちに捕殺してください。

(5) 繭を収穫した後の飼育室の管理

繭から生じるメス成虫が野外のクワコのオス成虫と交尾することを防止するため、繭を収穫した後の飼育室については、飼育残渣を飼育室外で管理する場合はまず飼育残渣を搬出してください。その後、飼育室の床、壁及び天井に残された繭をできるだけ取り除き、入退室以外は窓等を閉め切るか、窓等の開口部に 4 mm 目以下の網又は網戸を設置した状態で、繭が残っていてもすべてが成虫になって死亡するまで管理してください。管理の期間は上簇から 30 日後までです。

(6) 収穫した繭の取り扱い

「麗明」の繭を運搬する際は、途中でこぼれ落ちることがないように、口を縛ることができる布製の繭袋等を用い、繭を入れる前に破れ目がないことを確認してください。繭を繭袋等に入れる作業は繭を収穫した部屋で行い、繭を繭袋等に入れた後は口を固く縛ってください。

⁶ さんみんさん、孵化してから 3 回の脱皮を行なって、繭をつくるカイコ。普通に飼育されている 4 回脱皮する四眠蚕に対していう。

い。繭袋等には取扱注意の表示が必要です。製糸工場に繭を運び入れ、殺蛹のための乾燥機や冷凍庫に繭を入れるまでは繭袋等の口は縛ったままとしてください。

(7) 飼育残渣の管理

「麗明」を飼育した後に残る飼育残渣については、繭が残っている可能性に配慮し、飼育残渣を網で覆うことによる管理か、飼育残渣を粉砕することによる管理が必要です。

飼育残渣を網で覆うことによって管理する場合は、4 mm 目以下の網で覆って上簇から 30 日後まで管理します。飼育残渣を飼育室内に残したまま、飼育室の開放している窓等を網で覆い、入退室以外は出入り口を閉め切る方法と、飼育残渣を飼育室外に搬出して網で覆う方法があります。飼育残渣を運搬した後は、その経路を目視で確認し、繭及びカイコ（幼虫及び蛹）が落ちていた場合はただちに捕殺してください。

飼育残渣を粉砕処理する場合は、上簇から 9 日後までに完了させてください。粉砕処理は飼育室内で行うか、飼育残渣を飼育室外に搬出して行います。飼育室外に搬出して行う場合は、搬出後ただちに粉砕処理を行います。搬出後は必ず運搬の経路を目視で確認して繭及びカイコ（幼虫及び蛹）が落ちていた場合はただちに捕殺してください。

(8) 飼育管理の記録

「麗明」の飼育を行う場合は、作業ごとに確認表に記入し、記録を残してください。図 II-1 に作業日誌例を示しました。

確認票：幼虫飼育

- ・幼虫飼育のために蚕室で作業するたびに記入してください。
- ・蚕室の異常などがあった場合は、この紙のウラに状況を書いてください。

日 時	作 業 者	蚕室の異常	蚕室から出るとき 体にカイコがついていたか？
年 月 日 時		有 無	有 無
年 月 日 時		有 無	有 無
年 月 日 時		有 無	有 無
~~~~~			
年 月 日 時		有 無	有 無

蚕室の異常の例：蚕室の倒壊、壁や天井の穴、網戸の破れなど

**確認票：上簇**

上簇するときに記入してください。

日 時	年 月 日 時
作業者	
蚕室と上簇室に異常はありませんか？	
<input type="checkbox"/> 異常なし <input type="checkbox"/> 異常あり（状況を備考に書いてください。）	
熟蚕を運んだ経路にカイコは落ちていませんか？	
<input type="checkbox"/> 落ちていません <input type="checkbox"/> 落ちている（状況を備考に書いてください。）	
蚕室と上簇室から出るときに体にカイコが付いていませんか？	
<input type="checkbox"/> 付いていない <input type="checkbox"/> 付いている（状況を備考に書いてください。）	
備考	
~~~~~	

図 II-1 作業日誌の例

3. モニタリング調査について

(1) モニタリング調査の必要性

飼育要領や飼育マニュアルに従い適切な管理を行うことで野外のクワコとの交雑は起こらないと思われませんが、意図せぬ交雑が生じていないかを確認するため、「麗明」の飼育開始後には、モニタリング計画書に基づいて、学識経験者の助言等を踏まえ毎年モニタリング実施要領を作成し、実際の飼育規模等に応じた適切なモニタリングを実施することとしています。なお、モニタリング調査は、自然条件で卵が孵化する春頃に行います。

(2) モニタリングの調査時期

「麗明」は休眠卵を産下しますので、「麗明」と野生のクワコとの交雑第一代の成虫が生じるとすれば、「麗明」のメス成虫が屋外で生じ、野生のクワコのオス成虫と交尾した上で、産み付けられた卵が越冬し、翌春、孵化幼虫が成長した場合です。したがって、飼育した地域のクワコの発生時期の調査結果に基づき、クワコが成虫になる時期の 2 週間程度前から 2 ヶ月程度、桑樹の生育等を勘案してモニタリング期間を定めることとしています。

「麗明」の飼育が予定されている周辺地域において、クワコのオス成虫の発生時期がすでに調査されている場合は、その情報を用いることができますが、情報がない場合は 5 月から 7 月まで、フェロモントラップを 1 週間に 1 回程度交換しながら設置し、クワコのオス成虫が発生する時期を特定する必要があります。

(3) モニタリングの実施場所

フェロモントラップを設置してモニタリングを実施する場所は、飼育残渣の堆積場所とするのが望ましいです。野生のクワコ（オス成虫）との交雑の可能性は、「麗明」（メス成虫）の飼育残渣に当該カイコの繭が紛れ込み、羽化した場合に想定されています。仮に、交雑個体が発生するとすれば、飼育残渣に最も近い桑樹に孵化幼虫が到達した場合と考えられるためです。

(4) 調査方法

調査には、昆虫の発生予察等に一般的に用いられる粘着式トラップ（サンケイ化学、SE トラップなど）を用います。誘因源には、原則として合成した性フェロモン（ボンビコール）を使用し、野生のクワコ（オス成虫）を誘引し捕獲することにより行います。

(5) モニタリング実施要領の作成

「麗明」の利用について契約等を交わした者は、モニタリングの実施に当たっては、モニタリングを実施する生産者、モニタリングを実施する場所の詳細（周辺状況などが分かる地図）、フェロモントラップの設置場所の詳細、実施時期、手順等をまとめたモニタリング実施要領を、毎年のモニタリング開始前に作成します。

4. 製糸工場における管理について

(1) 繰糸用の繭の管理

繰糸に用いる「麗明」の繭は収穫の当日又は翌日に製糸工場に運搬し、その日のうちに熱乾燥（115℃から60℃まで6時間程度かけて乾燥するなど、一般的な方法）または冷凍（-20℃、24時間以上）して、殺蛹します。乾燥機や冷凍庫に繭を入れた後は、周囲を確認してこぼれ落ちた繭を回収してください。なお、「麗明」の繭は非遺伝子組換えカイコの繭とは分けて処理し、「麗明」の繭が非遺伝子組換えカイコの繭に混入された場合は、すべてを遺伝子組換えカイコの繭として処理してください。

(2) 煮繭

「麗明」の繭は煮繭温度に制限はありません。したがって、検定用煮繭機においては、煮繭の1杯の繭量は標準型バスケットにあっては約100粒とし、煮繭方法は下記の条件で行います。

煮繭時間 11分

調整蒸気圧力 0.7 kg/cm²

浸漬部温度 40 °C

浸透高温部温度 93 °C

浸透低温部温度 57 °C

蒸煮部圧力水頭 10 mm

調整部第 1 槽温度 97 °C

調整部第 6 槽温度 85 °C

出口低温部温度 55 °C

受水温度 30 °C

受水量 1 L

(3) 繰糸

「麗明」の繭から繰糸する場合は、非遺伝子組換えカイコの繭とは別の繰糸機を用いる等により、繰糸後に残る「麗明」の蛹が非遺伝子組換えカイコの蛹に混入することを防止してください。繰糸は織度管理装置を設置した自動繰糸機により行い、繰糸条件は下記のとおりとします。

織度感知器：目的織度に合わせた規格 ガラス製感知器

繰糸速度：100 m / 分

繰糸湯温度：40 °C

索緒⁷湯温度：78 °C

よりの長さ 8 cm を標準とする

繰糸時の粒付け数は、14 中で 8~15 粒、21 中で 12~20 粒となります。

⁷ さくちよ、繭を煮て糸口を出すこと。

(4) 繰糸後の蛹の管理

「麗明」の蛹は飼料等として流通しないように、非遺伝子組換えカイコの蛹とは分けて管理した上で、産業廃棄物処理業者に委託して産業廃棄物として焼却処理してください。「麗明」の蛹が非遺伝子組換えカイコの蛹に混入した場合は、すべてを同様に産業廃棄物として焼却処理してください。産業廃棄物として廃棄する際には、産業廃棄物管理票（マニフェスト）を取り交わし保管をお願いします。

(5) 作業ごとの確認記録

繰糸などの作業のたびに、必要事項を確認して記録してください。

Ⅲ. 「麗明」の飼育マニュアル

1. はじめに

飼育マニュアルは、超極細織度の繭を生産する「麗明」の飼育について、注意をすべき点を中心に記述したものです。遺伝子組換えカイコを飼育する際には、遺伝子組換え生物の利用について制定されたカルタヘナ法を守らなければなりません。法令を守るための措置については、「2. 養蚕農家における飼育管理について」をご参照ください。

「麗明」の特性を発揮させて超極細の糸を作らせるためには、それに合わせた飼育方法が必要となります。基本的な考え方としては、細織度品種の「あけぼの」や極細織度品種の「はくぎん（中 514 号×中 515 号）」、「白麗（中 516 号×中 517 号）」と同様の管理法で飼育します。一般にこれらの細織度品種は、普通品種である「錦秋鍾和」などと同じように飼育すると虫体は大きくなりますが、繭層重は増えない一方で、繭糸織度は太くなり、不結繭蚕（ごろつき）⁸が出やすくなりますので超極細の特性が発揮されず、箱収も上がりません。したがって以下に述べるような飼育管理を行うことが肝要です。

2.4 齢期

「麗明」は、4 齢起蚕時の高温により三眠蚕が出やすいことがわかっています。4 齢起蚕時の猛暑には気をつけてください。また、春蚕期や晩秋蚕期は温度が下がりすぎないようにします。夜間や明け方など 20 °C 以下にならないように保温してください。

4 齢時に大きくしすぎると、繭糸が太くなる原因となります。したがって、蚕座はやや狭くコンパクトで密度を高め飼育する厚飼いが好ましいです。表中の給桑量を最大として、桑葉の食べ具合を見て、1 ～ 2 割程度の減量を目処に調整してください。

⁸ 糸を吐かないカイコのこと。外見上は健康に見えるが、糸を吐かずやがて死亡する。

3.5 齡期

5 齡期で重要なことは大きな繭をしっかりと作らせることです。そのためには桑葉を十分に食べさせて、不結繭蚕（ごろつき）を出さないことが重要です。まずは、4 齡同様に起き揃ってから給桑してください。給桑は、決められた量を確実に与えてください。特に5 齡 4 日目まではしっかりと給桑してください。足りないと感じたときは1～2割程度の追い桑をしてください。

春蚕期は5 齡 5 日目、6 日目は4 日目と同量程度にして控えます。しっかりと食べていけば、7 日目以降に上簇し始めます。春は桑葉の水分含量が高く、葉が柔らかいため5 日目以降に大量に桑葉を食べるとごろつきが出やすくなるためです。

夏・秋蚕期は飼育期全般的に気温が高いため、経過が早くなります。給桑量が少ないと十分に発達する前に上簇してしまいますので、しっかりと食べさせるため、日を追って給桑量を増やします。ただし、座蒸れを防ぐため、給桑回数を小分けするか、条桑をよく解きほぐして給桑してください。

晩秋蚕期は、夜間の温度低下に気をつけてください。春と同様に5 日目までしっかりと食べさせてください。この時期は葉の水分含量が少なく、すす病やうどんこ病などが多く発生し葉質が低下しますので、5 齡期後半は、質の良い桑葉を控えめに与えてください。

なお、表 II-1 の給桑量は、1 日 1 回給桑の飼育用として1 日の給桑量を決めてあります。1 日に数回に分けて給桑する場合は、次の給桑までの時間と必要回数を考慮して桑の量を振り分けてください。

4. 上簇・営繭

極細品種は、座中繭⁹を作りやすい、回転簇¹⁰から落ちやすいという欠点があります。条桑育の場合、条と条の間に営繭しやすい空間があると繭を作ってしまうので、上簇が近くなってきたら早めに上簇ネットを入れる、蚕座をたいらにするなどします。

春蚕期・晩秋蚕期に回転簇を用いるときは、温度に十分注意してください。温度が低くなると動きが緩慢になり、腹脚に力が入らず、簇器から落ちやすくなるので、20℃以下にならないように心がけてください。繭質を良くするためには上簇時の環境管理がきわめて重要です。営繭時に湿度が高くと、繭のほぐれが悪くなり繭質の低下を招きます。除湿機がある場合は、湿度を70%以下にしてください。除湿機がなくても、扇風機などを用いて風をあてることで繭質の向上を見込めます。ただし営繭行動を起こす前に風を強い風をあてると営繭を始めないので、足場を作り薄皮¹¹くらいになったらしっかりと風を当ててください。また、気温が低いときは暖房して部屋を保温してください。温度が下がると動きが止まり、糸を吐くのを止めてしまい糸切れの原因となります。

⁹ ざちゅうけん、カイコを飼育している場所を蚕座といい、蚕座中の与えた桑の枝や、食べ残しに営繭した繭のこと。

¹⁰ かいてんまぶし、ボール紙を井桁状に組んだ簇、カイコの自重により回転し、まんべんなく営繭する。

¹¹ 薄い繭のこと

よくあるご質問と答え

・飼育室に求められる要件は？

飼育室は、プレハブ飼育室、ビニールハウス飼育室、木造飼育室等、野外育でなければ問題ありません。ただし、外部からのクワコ成虫の侵入を防止できるようにするため、窓等の開口部に 4 mm 目以下の網を張ること又は網戸を設置すること等が求められます。

・飼育に適する蚕期はいつですか？

「麗明」は繭糸織度が細いことが一つの特徴ですので、細い繭糸を得るためには、晩秋蚕期、初冬蚕期が適しています。ただし、低温で上簇させると繭の質が悪くなり繰糸時の糸切れの原因となりますので、20℃を下回らないよう適切に暖房をしてください。春蚕期は、軟葉が多く虫体が大きくなりがちのため、適切な給桑量を守るようにしてください。初秋蚕期など、高温時には三眠蚕が多発するため留意が必要です。

・飼育残渣の取り扱いについて？

「麗明」を飼育した後に残る飼育残渣については、飼育残渣を網で覆うことによる管理か、飼育残渣を粉砕することによる管理が必要です。管理が終了した残渣については、圃場にすき込んだり、堆肥化して使用したりする自家消費は認められています。

・遺伝子組換えとはどういったものですか？

遺伝子組換えとは、ある生物に、もともとはその生物が持っていない外来の遺伝子を組み込むことです。遺伝子組換えのメリットは、その生物の性質や作物の品質等を、交配と

選抜の繰り返しによる従来の品種改良よりも、短期間で大幅に改良できること等があります。

・遺伝子組換えカイコはどうやって作るのですか？

遺伝子組換えカイコの作り方は、産卵後 4 ～ 8 時間以内の、細胞膜が形成される前のカイコの卵に、外来遺伝子の DNA 溶液を注射することによって行います。他の動物の卵細胞にはガラスの注射針で DNA 溶液を注射できますが、カイコは卵の殻が厚いため、ガラスの注射針では折れてしまいます。そのため、タングステン等の金属の針で一度穴を空けてから、その小さな穴にガラスの注射針を入れて DNA 溶液を注射する方法で行います。

・「麗明」にはどのような遺伝子を導入したのですか？

生糸の化学結合性を向上させるために、酸性のアミノ酸であるグルタミン酸を多く含むよう改変を行いました。染色も化学結合の一種ですので、染色性が向上しました。

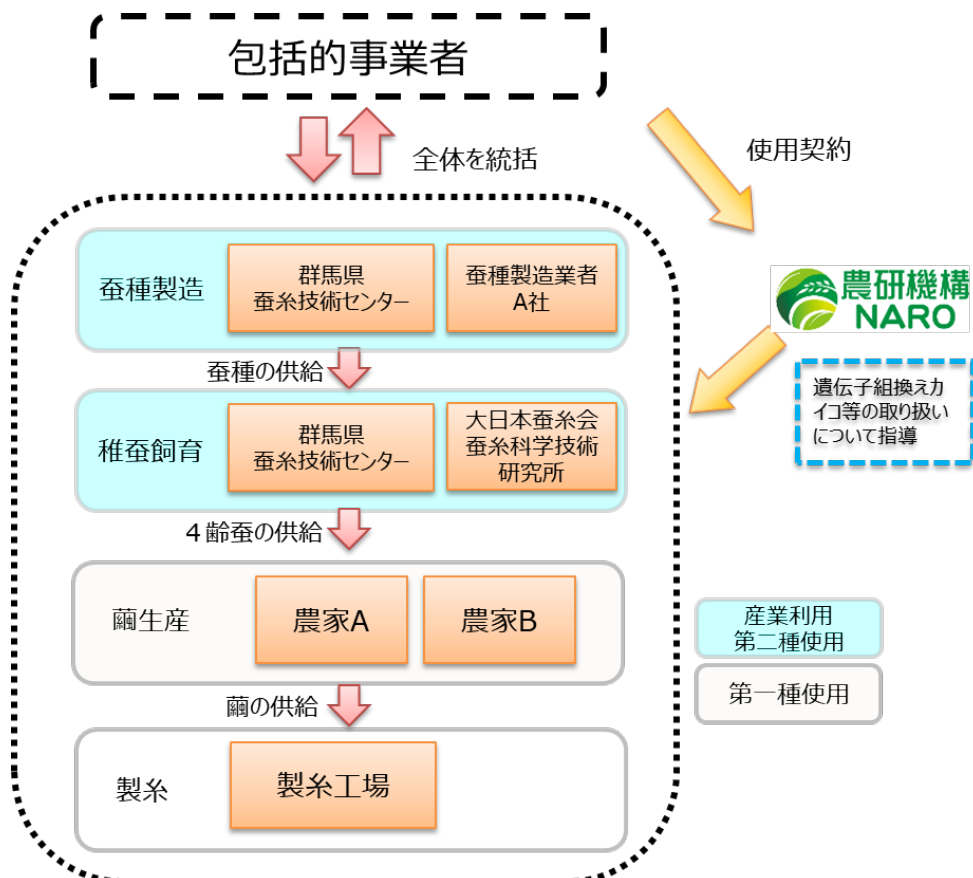
「麗明」利用の流れ

・包括的事業者

「麗明」の生糸を販売、織物を製作など予定している事業者は、事業全般を統括する「包括的事業者」として農研機構と契約をしていただきます。包括的事業者は、知財実施権者であると同時に、飼育委託者であり、蚕種製造から稚蚕飼育、繭生産、モニタリング、製糸、絹製品に至る各行程に関わる事業者全体を統括します。

・養蚕農家

実際の飼育を行う養蚕農家は、包括的事業者の依頼の下、「麗明」の飼育を行っていただきます。飼育の前には、公的機関（農研機構や群馬県）による研修が必要です。また、飼育の翌年にはモニタリング調査にご協力いただきます。



用語集

EGFP : オワンクラゲ (*Aequorea victoria*) GFP の改良型 GFP。より強い蛍光強度およびより安定した蛍光特性を有する。

一粒繰り (いちりゅうぐり) : 一つの繭から繭糸を引き出すこと。

一化性 (いっかせい) : →化性

遺伝子組換え (いでんしくみかえ) : ある生物が持つ遺伝子 (DNA) の一部等を、他の生物の細胞に導入して、その遺伝子を発現 (遺伝子の情報をもとにしてタンパク質が合成されること) させる技術のこと。

薄皮 (うすかわ) : 薄い繭。

回転簇 (かいてんまぶし) : ボール紙を井桁状に組んだ簇、カイコの自重により回転し、まんべんなく営繭する。

化性 (かせい) : 昆虫が一年間にきまった数の世代を繰り返す性質。その回数によって一化性、二化性といい、三化性以上を多化性ともいう。温度や光の影響で変わることがある。

生糸 (きいと) : カイコの作る繭から引き出した繭糸を数本以上合わせつつ繰糸して得た連続する 1 本の糸で撚糸や精練などの加工をしていないもの。

給桑 (きゅうそう) : カイコに餌となる桑を与えること。

繭糸 (けんし) : 繭を構成している糸。繭糸数本をそろえて合わせた糸が生糸。

検尺器 : 生糸の長さを測る器具。周 112.5 cm の枠に何回巻き取ったかを計数する。

ごろつき : 糸を吐かないカイコのこと。外見上は健康に見えるが、糸を吐かずやがて死亡する。不結繭蚕。

索緒（さくちよ）： 製糸工程で、繭を煮て糸口を出すこと。

座中繭（ざちゅうけん）： カイコを飼育している場所を蚕座といい、蚕座中の与えた桑の枝や、食べ残しに営繭した繭のこと。

蚕期（さんき）： カイコを飼う時期のこと。4月下旬から5月上旬の飼育開始を春蚕、6月下旬から7月上旬を夏蚕、7月下旬を初秋蚕、8月下旬から9月上旬の場合を晩秋蚕、9月上中旬頃を晩々秋蚕、9月中下旬を初冬蚕という。

蚕座（さんざ）： カイコを飼育している場所。

三眠蚕（さんみんさん）： 孵化してから3回の脱皮を行なって、繭をつくるカイコ。普通に飼育されている4回脱皮する四眠蚕に対していう。

色彩値（しきさいち）： 色の見え方を数値化したもの。 $L^*=100$ は完全拡散反射の白の明度を表す。 a^* は緑から赤にかけての色味の強さを表す。0は緑でもなく赤でもない色味で、マイナスの値は緑味を、プラスは赤味の色を表す。 b^* は青から黄にかけての色味の強さを表す。0は青でもなく黄でもない色味で、マイナスの値は青味を、プラスは黄味の強さを表す。それぞれ絶対値が大きくなるほど色味が強くなることを意味する。

煮繭（しゃけん）： 繭から糸をとるため、繭を湯で煮て膠着している繭層のセリシンを軟和溶解させ、繭糸のほぐれをよくするために行う繰糸の準備工程。

条桑飼育（じょうそういく）： 枝についた桑の葉を与えて飼育する方法。

上簇（じょうぞく）： 桑を食べるのをやめ繭を作ろうとしているカイコを、繭を作らせるために簇（まぶし）に入れること。

セリシン： 繊維タンパク質であるフィブロインを覆う糊状のタンパク質。

織度（せんど）： 繊維の太さのこと。シルクの太さの単位はデニール。

織度感知器（せんどかんちき）： 織度感知器は2枚の円形もしくは長方形のガラス板の間に目的とする織度の生糸の直径に相当する厚さの樹脂のフィルムを挟んだもの。隙間に生糸を通して走らせたとき、生糸が太いときは生糸とガラス面との摩擦によって糸が走る方向に感知器を回転しようとする力が働くのに対し、細くなったときは摩擦がなく動かないことを利用して細限接緒織度より太いか細いかを検知する。

繰糸（そうし）： 繭から糸をとって生糸にする作業。

デニール： 繊維の太さの単位。9000mの糸の質量をg(グラム)で表したものがデニール。9000mの糸が1gであれば1デニールとなる。

テンシロン： 引張・圧縮試験機。サンプルに引張荷重を加えた時の変化を測定する装置。

二化性（にかせい）： →化性

フィブロイン： 繊維状のタンパク質の一種、カイコの絹糸の主要成分。分子量約37万で、大小2つのサブユニットからなる。

不結繭蚕（ふけつけんさん）： 糸を吐かないカイコのこと。外見上は健康に見えるが、糸を吐かずやがて死亡する。ごろつき。

フラビン： 生物体に広範に存在する蛍光を示す黄色の色素。

蔭（まぶし）： カイコが繭を作りやすいように作られた道具。

緑色蛍光タンパク質（Green Fluorescent Protein, GFP）： 青色の光を吸収して緑色の蛍光を発する、分子量約2.9万のタンパク質。1962年、下村脩博士によってオワンクラゲ（*Aequorea victoria*）から発見された。下村博士は本功績により2008年ノーベル化学賞を受賞。

ローダミン： アミノフェノール類と無水フタル酸を縮合して得られる鮮紅色の塩基性染料。

参考資料

1. 高染色性絹糸生産カイコ（改変 Fibroin H, *Bombyx mori*）（中 515 号 ×GCS500）の申請書等の概要（生物多様性影響評価検討会総合検討会 配付資料、2020 年 3 月 11 日）

<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/committee/diversity/attach/pdf/20200311-1.pdf> からダウンロード可能

担当窓口、連絡先

外部からの受付窓口：

農研機構 生物機能利用研究部門 研究推進部 研究推進室 029-838-6005

E-mail: nias-koho@ml.affrc.go.jp



「農研機構」は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構のコミュニケーションネーム（通称）です。