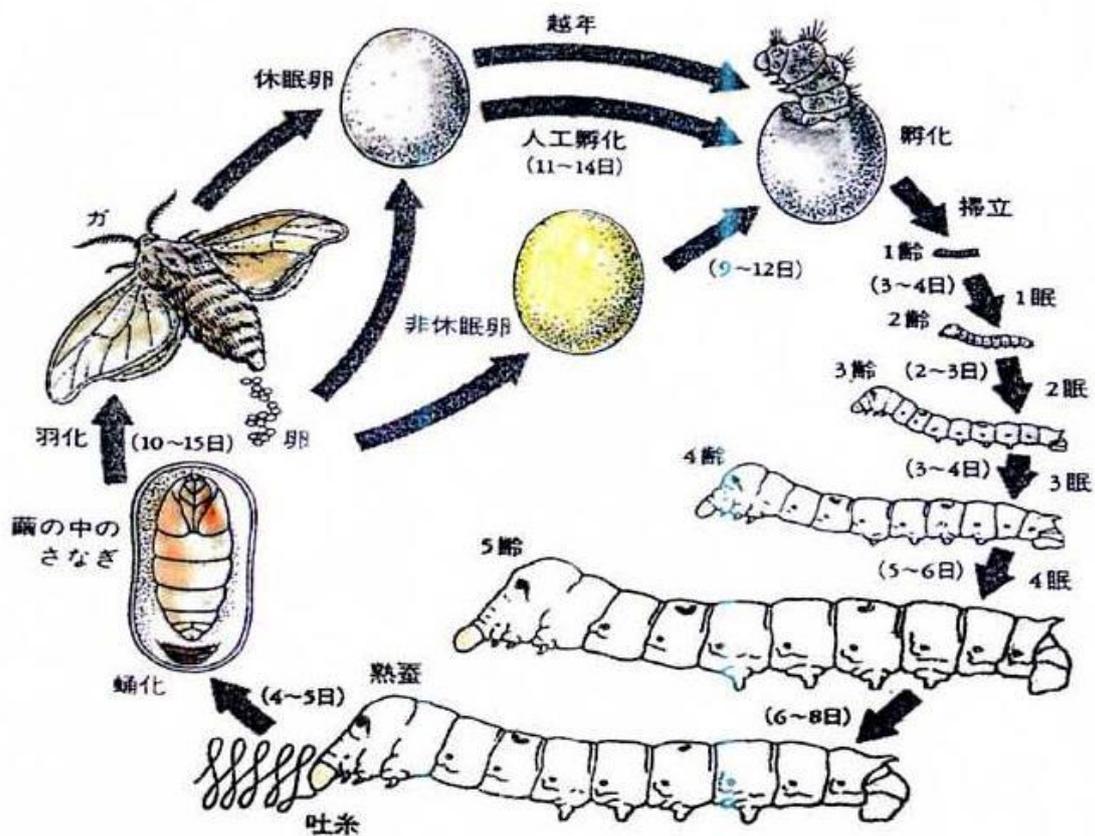


■カイコの一生	■クワの木	■化性	■非休眠卵、休眠卵
■越冬卵の保護	■人工孵化法	■昆虫の変態	■休眠
■染色体	■倍数体	■核多角体ウイルス	■養蚕
■稚蚕共同飼育	■蚕病	■シルクロード	■日本の近代化への貢献
■絹糸昆虫	■野蚕繭のいろいろ	■黄金の繭を作るクリキュラ	■世界主要国の繭生産

■カイコの一生

蚕は、卵→幼虫→さなぎ→成虫(蛾)へと、一生に4回姿を変えて成育します。



4月はじめころ ↓ **催青** さいせい 卵をあたためること。休眠して冬を越した卵を冷蔵庫から出して、25℃前後の部屋に置くと9～13日目くらいに**孵化**します。孵化の2～3日前になると、卵の中に青黒い点が見えるようになります。1日前には、その青黒い点が消えて、全体が灰青色になります。これが孵化の合図です。

卵で冬を越し、春さきに幼虫が孵化するのが普通ですが、現在は一年中いつでも卵を孵化させる技術も開発されています。



↓ **点青** 卵から蚕が出る前日に蚕の出口が若干青白く変わる。孵化直前になると、卵ぜんたいが灰青色、蚕の出口が若干青白くなります。

↓ **孵化** 孵化したばかりの**蟻蚕(毛蚕)**は全身が黒い毛で覆われています。体長は2-3mmほどです。



↓ **掃立** 蚕(蟻蚕)に桑を入れ始めること。蟻蚕はまだとても小さく弱いので、やわらかい桑の葉を、包丁やはさみで小さく(1~2cm)刻んで与えます。3日経つと桑を食べるのをやめて、動かなくなります。これを**眠(みん)**といい、**脱皮**の準備をしているところです。脱皮後は毛がなく、青白いイモムシ様の虫となります。

幼虫は4回の脱皮をくりかえしてだんだん大きくなり、22~25日間内外で5齢幼虫のおわり(熟蚕)になります

5 月上~中旬

↓ **養蚕** 蚕の皮膚は固いキチン質であるので、成長して体が大きくなると、皮膚の下に新しい皮膚を作り、古い皮膚を脱ぎすてます。古い皮膚を脱ぐことを脱皮といいます。頭を持ち上げてジーツとしています。まるで眠っているようにみえるので、眠といいます。幼虫は4週間ぐらいの間に、20~25gの桑の葉を食べて成長し、4回の眠と4回脱皮をして、5令にまでなります。

	1令	2令	3令	4令	5令
	品種名	BN19A(全)			
広食性選抜系(全齢人工飼料育選抜系)					
桑を食べて成長する日数	2.5日	2.5日	3日	4日	8日
脱皮前の眠の日数	1日	1日	1.5日	2日	

↓ **繭作り** 5令幼虫は約1週間桑の葉を食べつづけます。7日もすると、桑の葉を食べなくなって、糸を吐いて**繭**を作りはじめます。2~3日間で**繭**が作られます。孵化してから25日あまりで蚕(**熟蚕**)は繭を作りはじめますが、**熟蚕**は体内に繭糸になる**液状絹(絹糸線)**を満たし、体長7cmくら

い、体重は蟻蚕のときの約 1 万倍になっています。

熟蚕は糸を吐いて約 2 昼夜かけて繭を作り、その中で約 5 日間でさなぎ(蛹)になります



↓ **吐糸** 消化した桑葉蛋白質の 60-70%が絹糸腺となります。繭重約 2g、繭層重約 0.5g、繭層歩合 22-25%、長さ 1500m、繭糸の太さ 0.002-0.0025mm の繭糸が、頭を 8 の字を書くようにふりながら**吐糸**します。

↓ **営繭** 江戸時代の選出された蚕品種の繭と現代の繭を比較すると、繭層重(蛹を除いた繭層だけの重量)は 20cg から 55~60cg と約 3 倍になっています。



↓ **蛹化** 繭を作り終えた蚕は、1 日くらい経つと、繭の中で脱皮し**蛹**になります。脱皮を終わった蛹の皮膚の色は、はじめは黄白色をして 柔らかいですが、しだいに褐色に変わり、硬くなります。



↓ **羽化(うか)** 蛹は 10~15 日もすると繭の中で**カイコガ(成虫)**になります。カイコガは繭をやわらかくする酵素を口から出して、繭層をおしひろげて繭の中から出てきます。しかし飛べません。オスは動きまわることもありますが、大きな体のメスはほとんどじっとしています。

さなぎは約 12 日間で成虫(蛾)が羽化して繭から出てきます。



6 月上～中旬

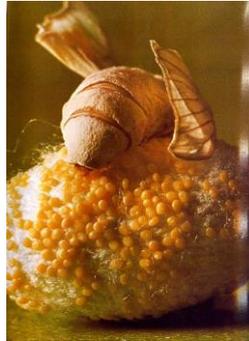
↓ **交尾** 繭から出て、その日のうちに**交尾**し、夕方から翌朝にかけて**産卵**します。



メス(左)は、おしりのフェロモン腺から**フェロモン**というにおい物質をだして、オス(右)をひきよせます。オスは触覚でフェロモンを感じて、羽をばたつかせながら歩いて、メスのいる場所を見つけ、数時間、交尾をつづきます。

蛾はオスとメスが交尾してメスは約 500 個の卵を産みます。

↓ **産卵** 1蛾は 400-700 粒の**卵**を産み付けます。産卵した蛾は、その後次第に体力が衰え、4～5 日後に死んでいきます。



卵は、幅 1mm、長さ 1.3mm、厚さ 0.5mm くらいの楕円形です。産卵直後は黄色を呈していますが、数日で紫色になり、このまま冬を越します。



↓ **保存** **蚕種**(蚕の卵)は翌年まで冷蔵庫に保存しておきます。

**こうして子孫を残した親の蛾は、数日間に死んでいきます。
これが「蚕の一生」です。**

カイコの飼育時期は、農家で 4～6 月に飼うカイコを春蚕^{はるご}、7 月を夏蚕^{なつご}、8 月を秋蚕^{あきご}、9～10 月を晩秋蚕^{ばんしゅうご}と言っています。上の飼育時期は春蚕の場合です。

蚕卵の越年^{おつねん}、不越年^{ふおつねん}

カイコの卵には、一定の発生段階に達すると、適当な環境におかれていても胚子の発育が一旦休止して、自然状態では冬の寒さに遭わなければ発育機能を回復しない性質をもった越冬卵と、このような発育の休止を経過せずに孵化する不越冬卵とがあります。この発育休止を休眠といいます。すべての環境が一定であれば、卵の越冬・不越冬はカイコの遺伝的性質によって決まります。

越冬卵ができるのは、母親の体内で休眠ホルモンが働くためであるが、これは更にさかのぼると、母親が未だ卵の時代に受けた催青条件の影響によるところが大きい。その他に、母親が幼虫のときの飼育条件、上簇してから蛾になるまでの間の保護条件なども程度の差はあるが卵の休眠に影響しています。

・越冬卵；

休眠卵、着色卵、黒種くろだね などとも呼ばれています。

産卵してから、2 日ほどで黄色い卵が茶褐色～灰褐色にかわったら、それは休眠卵。

卵で冬を越して、次の年の春まで孵化しない。

最低 3 ヶ月間低温(5℃)においておかないと孵化しない。

4～5 ヶ月間、低温おかれた休眠卵は室温(20～25℃)にだすと、10～12 日で孵化する。

・不越冬卵；

非休眠卵、非着色卵、生種なまだね などとも呼ばれています。

産卵してから 2～3 日たっても色がかわらないで黄色いままだったら、非休眠卵か未受精卵。

非休眠卵は、2 週間くらいで孵化。20～25 日で繭つくり。繭をつくってから 10～15 日で羽化、産卵。

・未受精卵；

産卵してから 2 週間たっても、黄色い卵はうまく受精しなかった未受精卵です。未受精卵からカイコは生まれません。

化性

1 年間に世代を何回繰り返すかという性質を化性といい、カイコには、一化性、二化性、多化性があり、いずれも遺伝的な性質です。温帯地方で飼育されているカイコはふつう二化性です。日本では、現在実用蚕品種はすべて一化性または二化性です。

カイコの化性については、明治以前から深い関心が払われていました。そのわけは、養蚕を春だけ行うか、夏も行うか、その場合、一化性の品種を使うか、二化性の品種を使うか、また当時「かえり」といわれていた化性変化を、どう防止するかなどの切実な問題があったからと思われる。二化性のカイコを春に飼育し、そのガから不越冬の夏蚕用の蚕種を得ようとしても、二化性が一化性になり、不越冬卵が得られないことがあり、夏蚕の飼育は不安定なものであった。

江戸時代の蚕書のなかに、春蚕飼育に用いる蚕種は、二化性の系統よりも一化性の系統のほうがよいと述べたものがある。これは一化性を用いたほうが、収繭量が多かったためであろう。また春蚕期に桑の葉を採り、続いて夏蚕期に桑を採るという技術は、まだ確立してはいなかったようである。わが国の夏蚕のおこりはかなり古いと考えられているが、江戸時代ではまだ春蚕が中心であり、夏蚕は一部にすぎなかった。夏蚕の飼育には、その春に、二化性品種を飼育して得られた不越冬の蚕種を、主にあてていたとみられる。

■クワの木

作物育種の手法には交雑育種、倍数体育種および突然変異育種の三つがあげられるが、桑のように基礎的な分野での研究とともに、育種事業という実際育種の面においても、上記 18 供試系統の育成過程から明らかのように、三つの手法が取り上げられている作物は数少ないようである。この原因としては、桑においては、三つの手法に関する長年にわたる基礎研究の蓄積があることはもちろんであるが、桑という作物が、育種目標によっては、いずれの手法にも適した作物であるという点も見逃すことはできない。たとえば、ある桑品種の節間長のみを短くしようとする場合、それと短節間の品種との交雑の F_1 における諸形質の分離がはなはだしいので、目的とする個体を選抜するためには非常に多数の F_1 を必要とし、かつ、木本作物であるので、選抜までに長年月を要することになる。この点、ガンマー線、中性子線などの放射線を利用して、節間長以外の形質はそのまま、節間長のみが短い突然変異を誘発させることは比較的簡単であり、また処理個体数、育種年限の面からも効率的である。さらに、桑のように接木、さし木、取木などの栄養繁殖が容易で、栄養器官である葉を収穫の対象とする作物

においては、種子繁殖を行い種子を利用するところの一般作物と比較して、倍数体や突然変異にしばしばみられる現象の種子の捻性の低下は栽培上問題にならないので、コルヒチン処理や放射線照射の手法を用いることができる。

クワの木の倍数体

クワには自然生に3倍体品種が多く存在しています。しかし、人為的に倍数体を作出することができるようになったのは、コルヒチン溶液による染色体倍加が可能になった1950年代以降のことである。倍数体育種により、1)クワの葉っぱが大きくなること、2)2倍体品種同士の交雑よりも、倍数性の異なる品種間交雑の方が遺伝子の累積が多く、ヘテロシス効果も期待されることなどがある。この方法で育成された品種として、「しんけんもち、あおばねずみ、みつしげり、ゆきまさり、ゆきあさひ」の5種類があります。

果実特性を有するクワの木

倍数体育種によって果実特性を有する桑樹の育成に成功している例があります。愛称「ララベリー」と「ポップベリー」と呼ばれている桑品種がそれです。「ララベリー」は「カタネオ」という桑の木から、「ポップベリー」は「大唐桑」という木から、それぞれコルヒチン処理して2倍体、4倍体とされたものです。実の大きさは「ララベリー」も「ポップベリー」も、最も広く栽培されている「ノ瀬」と比べて6~7倍にもなります。糖度は8~9%あり、トマトくらいの甘さがあります。よく知られているように桑の実にはアントシアニンが含まれ抗酸化活性の効果があります。最近では抗血栓作用のあることも明らかとなってきました。

果実特性を有する「ララベリー」、「ポップベリー」から製造されたジャム、ワイン、果実酒などが、全国あちこちに出回るのも案外近いかもしれません。

梶井農場 <http://www.h2.dion.ne.jp/~masui/>

ニッポン緑産株式会社 <http://www.ryokusan.com/>

■化性

多化性カイコ

1年間に1世代だけのものを一化性種、2世代のものを二化性種といい、3世代以上繰返すものを多化性種という。また一般に飼育されている蚕は4回の幼虫脱皮をする四眠蚕であるが、このほかに3回幼虫脱皮をする三眠蚕や5回の五眠蚕などがある。

熱帯アジアの多くの国では在来多化性カイコによる養蚕を昔から連綿と継承してきている。餌葉を与えさえすれば、自然に世代を繰返すから、自家採種が行え、蚕種の保護取り扱いにも特別な技術は必要としない。そのため、蚕種業は成り立たず、蚕の品種改良もなされず、微粒子病防除のための母蛾検査も行われない。

多化性カイコは長年にわたり熱帯の高温条件下で自然淘汰に耐え抜いたものであるから、二化性蚕に比べて高温に耐性であるが、幼虫や繭は小ぶりで、糸の品質も劣る。結繭してから羽化するまでの約10日間に手挽き繰糸をしなければならないため、1回の飼育量は小規模にとどまる。良質の揃った繭が大量に確保できぬいため、機械繰糸業が成り立たない。

二化性カイコ

二化性のカイコは自然条件のもとでは、休眠して冬を越した卵は春の暖気(15~20℃)でふ化して育ち、蟻蚕→幼虫→熟蚕→営繭→蛹を経て、6月下旬~7月上旬蛾になって、交尾→産卵します。この卵は淡黄色の非休眠卵(非越年卵)で、7月上~中旬の暑気(25~30℃)の中で発育してふ化し、蟻蚕→幼虫→熟蚕→営繭→蛹を繰りかえして、8月下旬には再び蛾になって、交尾→産卵します。この卵は2~3日経過すると、黒褐色に着色する休眠卵(越年卵)です。休眠卵は胚子発育の初期段階で発育を止めて休眠となり、そのまま夏→秋→冬を越します。冬の寒気に3~4ヶ月遭遇すると、胚は休眠から覚めて、春の暖気で発育し、ふ化にいたります。

化性を変える

ところが、冷夏の年では、二化性カイコの二化期の蛾から生まれた産種は、越年卵とはならず、再び不越年卵となることがある。また、春先きに気温が上がった年では、二化性のカイコであっても、第一化期のあとの蚕種が、不越年卵にはならず、越年卵となって休眠に入ることがある。このように、二化性が三化性や一化性になる現象が、古くから変性と呼ばれる化性変化の中身の一つである。カイコの化性変化の原因の一つが、孵化前の1週間か10日間の保護温度(気温)の高低にあることは、明治の初期にはすでに知られていたと考えられています。化性の問題は引き続き研究され、現在では、催青中の日長時間の長短によって化性が変わることが明らかにされています。蚕種製造では、環境条件を調節して二化性も一化性に変え越年卵にします*。

越年卵は、その休眠を利用して翌年まで貯蔵することができ、また必要ならば、人工孵化法によって不越年に変えることもできます。

不越年卵として生まれた卵を越年に変えることは、現在のところ実用的にはむづかしい。

人工孵化は、越年卵として生まれた卵の休眠をその代だけ取り止めさせることであって、遺伝的な性質を変えるものではありません。

* 二化性の品種は長日型(1日12時間以上明)の催青をすれば次代カイコは一化性となります。

■ 非休眠卵と休眠卵

窮理^{きゆうり}法

二化性のカイコは非休眠卵(不越年種)と休眠卵(越年種)を産みます。風穴に貯蔵した蚕種に越年種と不越年種とが混在することからヒントを得て、明治8年(1875年)に長野県南安曇郡の蚕種家藤岡甚三郎は「窮理^{きゆうり}法」を案出しました。これは越年種と不越年種とが生ずる原因は風穴より取り出して発生するまでの間にあると推定して種々の試験をおこない、変性を予防するために出穴より発生まで70℃以下の温度で催青する方法を考案しました。その後、永井寿一郎、高橋伊勢治朗、渡辺勘次らの蚕の化性に関する研究等の結果、卵を高温処理すれば、孵化したカイコが蛹となり蛾となって休眠卵を産む。つまり一化性と同じ様相を呈する。これに対して、卵を低温処理すれば、孵化したカイコが蛹となり蛾となって非休眠卵を産む。そして中間温度であれば、非休眠卵と休眠卵との両種を生ずることが明らかとなりました。

人工孵化法(低温催青)

その後の研究で、卵を25℃以上であたためると蛾となって産む卵は休眠卵(越年種)となり、これに対して15℃以下で処理すると非休眠卵(不越年種)になることが解明されました。現在では、冷蔵庫の中で保存した休眠卵を冷蔵庫から取り出して、人工的に温度を加えて孵化させますが、この間の温度であたためることを催青^{さいせい}といいます。催青温度25℃以上、日照時間(明)が1日16時間以上であるときは、それから孵化したカイコが産む卵は休眠卵のみである。また催青温度が15℃以下で日照時間(明)が1日12時間以下であれば、それから孵化したカイコが産む卵は必ず非休眠卵である。そして、催青温度が両者の中間(18~22℃)の場合には稚蚕期と壮蚕期の保護温度によって影響されることがわかりました。

熱塩酸処理の発見

さらに、大正のはじめ(大正3年、1914)、愛知県原蚕種製造所の小池弘三は休眠卵(越年種)を加熱塩酸処理することにより孵化させる方法を考案しました。この方法は効果確実であって経済的であるのでこの方法による人工孵化法が全国的に普及することになり、農家の掃立てを希望する日にちに、簡単な操作によって確実にしかも経済的に蚕を孵化させ、飼育することができるようになりました。この蚕卵と化性に関する研究の進歩により、特に夏秋蚕の普及に役立ちました。夏秋期用のカイコの種が確実に得られるようになったおかげで、収穫量を一躍倍増させることができ、夏秋蚕飼育は明治から大正年間を通じて年々増えて、昭和初期には飼育量で春蚕を凌駕するまでに達しました。

■ 越年卵の保護

・カイコは卵態で休眠します。産卵した越年卵(着色卵、黒種^{くろだね})は胚子発育の初期段階で発育を止めて完全な休眠卵となって、そのまま夏を越して冬に入りますが、冬の寒気に3~4ヶ月遭遇すると、胚は休眠から覚めて、翌春の暖気で発育し、孵化に至ります。

・室内飼育では、春に採種した越冬卵を休眠ホルモンの活発な生理作用を妨げないために、25℃に約60日間保護して完全な休眠状態します。その後は気温が自然に低くなって行くのにまかせるが、異常気象などで23℃より高い気温が続く場合には人為的に保護温度を調節して、9月下旬には20℃前後になるようにします。冬になって気温が5℃付近まで下がった時期に卵を5℃の冷蔵庫に移します。この温度は卵が休眠から覚めるのに有効であると同時に、胚の発育を抑えて胚集団の発育程度を揃えるのに役立つ。休眠から覚めた卵(蚕種)は冷蔵庫から取り出し、25℃前後の部屋に置くと9～13日目くらいに孵化します。孵化の2～3日前になると、卵の中に青黒い点が見えるようになります。1日前には、その青黒い点が消えて、全体が灰青色になります。これが孵化の合図です。この間の温度保護の過程を催青^{さいせい}といいます。

風穴^{ふうけつ}に蚕種を冷蔵する

富士山の北麓には風穴が多くある。風穴の内部は夏でも肌寒く、天然の冷蔵庫です。そんなことから、かつて風穴は蚕種の貯蔵に利用されていた。江戸時代から明治にかけて、蚕種の貯蔵に使用された風穴は非常に多くあったといえます。富士風穴、榛名風穴(群馬県)、天城風穴、稲核^{いねこき}風穴(長野県南安曇郡)、祖母風穴(宮崎県高千穂町)など、いずれも著名な風穴の例です。

風穴に蚕種を冷蔵する主な目的は、蚕卵が春に孵化するのを抑制し、飼育時期を遅らせることにあった。これにより、さらに一化性の品種を夏の飼育に使うこともできるようになった。冷蔵施設がなかった時代では、蚕種保護に風穴を欠かせなかったわけである。

風穴に二化性の蚕種を冷蔵することによって飼育時期を遅らせると、二化期の飼育は秋口になり、秋蚕^{あきご}の飼育も可能となった。

蚕期別の収繭量から普及率をみると、

1,899年 春蚕 72%、夏蚕 15%、秋蚕 13%

1,983年 春蚕 38%、夏秋蚕 62%

明治時代と比べると、最近では、春と夏秋の割合は完全に逆転している。蚕種の保護技術の進歩が夏秋蚕の普及を支えた原因の一つである。

■人工孵化法

わが国で利用しているカイコは一般に1～2化性の品種であって、孵化は年1～2回に限られており、いつでも孵化するわけではありません。越冬卵にいろいろな刺激を与えることによって、蚕種を必要とする時期に孵化させるための方法が人工孵化法です。現在実用的に用いられている人工孵化法は希薄な塩酸の中に蚕卵を浸漬する浸酸法が最も普通です。これには、いろいろな方法があります。

・即時浸酸法

卵に休眠兆候が現れ始めた時か、またはそれ以前に、休眠に入るのを止める方法で、産下後30日以内に卵を孵化させるための処理方法です。15℃における比重が1.075の塩酸溶液を46℃に温め、産下されてから25℃で約20時間を経過して胚帯形成期に達した卵をこれに浸酸します。浸酸時間は中国種は4～5分、日本種は5～6分です。即時浸酸法には、加温浸酸法と常温浸酸法があり、加温と常温では用いる塩酸溶液の濃度、浸漬時間が当然異なります。

・冷蔵浸酸法

産卵後、休眠が幾分進んだ卵を5℃に保護し、低温によって休眠から覚醒する方向に向った時に、塩酸刺激を加えて孵化させる方法で、凡そ産下後40～100日目に孵化させるための処理方法です。一般的な方法は、産卵後25℃で42～50時間経過して胚が尾節分化期を過ぎた卵を5℃に冷蔵し、40～60日後に15℃に2時間、ついで25℃に2時間おいてから15℃における比重が1.100の塩酸溶液を用いて48℃で浸酸処理します。浸酸時間は中国種の1化性と2化性および日本種の2化性の卵では5～6分、日本種の1化性の卵では6～7分が標準です。冷蔵浸酸法には、普通冷蔵浸酸法と短期冷蔵浸酸法があります。

・無加温冷蔵浸酸孵化法

最近、無加温冷蔵浸酸孵化法の技術が開発され、冷蔵日数が40日以内の比較的冷蔵日数の短い

昆虫ホルモン

カイコは2ヶ月にも達しない短期間に、卵→幼虫→蛹→成虫(蛾)と劇的に変身します。昆虫の変態(メタモルフォーゼ)はその不思議さから、昔から人々の注目をひき、多くの研究者がその謎の解明に取り組んで来ました。長い年月とたゆまぬ努力によって、今日では昆虫の脱皮および変態はホルモンの作用によることが知られています。カイコでは脳の神経分泌細胞で作り出される脳ホルモン(PTTH、前胸腺刺激ホルモン)、昆虫の脳の後方に1対あるアラタ体という分泌腺から幼若ホルモン(JH、アラタ体ホルモン)、前胸腺という帯状の器官で生産される脱皮ホルモン(エクジソン、エクダイソン、前胸腺ホルモンともいう)、食道下神経節から休眠ホルモン(DH)が分泌されます。幼若ホルモンはいつまでも昆虫を幼虫態に止めておく作用、脱皮ホルモンは変態(蛹化や成虫化=羽化)を誘導します。休眠ホルモンは卵の休眠・非休眠を決定する作用、そして全体の作用調節を脳が行っているというのが今日の定説です。

休眠ホルモン

休眠ホルモンは、温暖帯に位置する日本の養蚕農家でふつう飼育されているカイコでは、蛹期に食道下神経節から分泌され、母蛾となって産下する卵を休眠させます。このホルモンが欠除すると、タイ国などの熱帯や亜熱帯地方で飼育されているカイコのように、一年中まったく睡眠期のない非休眠卵(不越冬卵)を生む多化性カイコとなるのです。

休眠ホルモンは、カイコの卵の休眠についての100年以上にわたる研究の積み重ねによって発見されたものです。休眠ホルモンをとり出し、その構造を決める研究は、名古屋大学の長谷川金作博士によって1950年頃から始められました。その後長年にわたって続けられ、そして最近(1989年)にいたって、山下興亜博士らにより化学構造が解明されました。カイコを大量に飼育し、30万個の食道下神経節を解剖して集め、精製をピンセットと顕微鏡を用いて始められた苦闘の連続の結果、単離に成功した。こうして休眠ホルモンが24個のアミノ酸からなるペプチドであることがわかったのです。

昆虫(カイコ)はホルモンの様々な生理作用により調節されて、変態を繰り返しながら厳しい自然環境の変化に適応して生命の維持を図っているわけです。

小林勝利、烏山國士編著「シルクのはなし」技術堂出版、1993年

■ 染色体

染色体の数と形

動物や昆虫ばかりでなく、植物にも雄と雌の性が存在することは古代より知られていました。しかし、性の決定が性染色体によることが明らかにされたのは、顕微鏡の発明や顕微染色技術が発達してからで、もちろんメンデルの遺伝法則の再発見(1900年)よりも後のことです。

性染色体の構成は、哺乳類ではXY型で、雄は性染色体がヘテロ(異型)のXY、雌がホモ(同型)のXXですが、昆虫では遺伝実験で有名なショウジョウバエやトンボなどは、雄がヘテロのXY型で、蝶や蛾などは雌がヘテロのZW型です。カイコは蛾の仲間ですからZW型です。

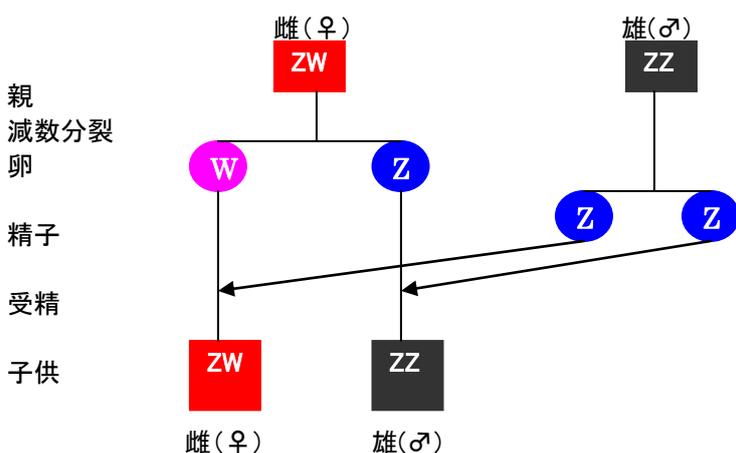
メンデルがエンドウの遺伝実験によって1865年に発表した3つの遺伝法則。[優性の法則][分離の法則][独立の法則]▽当時はあまり話題にならなかったが、1900年に、ドイツのコレンズ、オーストリアのチェルマック、オランダのド=フリースが再発見したことで、メンデルの業績がみとめられるようになった。

タイプ	組合せ	動物の例
XY型	XY ♂ XX ♀	哺乳類(ヒト)
XY型	XY ♂ XX ♀	ショウジョウバエ、トンボ
ZW型	ZZ ♂ ZW ♀	蝶、蛾(カイコ)

<http://www5a.biglobe.ne.jp/~hhhp/sex/sex.htm>

<http://www.nig.ac.jp/museum/history/kindai/kindai-15.html>

カイコの体細胞の染色体数は 56 で、性染色体は雌ヘテロのZW型ですが、カイコの性染色体が川口栄作博士によって細胞遺伝学的に識別されたのは 1933 年のことです。染色体は、雌親から受け継いだ 28 本の染色体と雄親から受け継いだ 28 本の染色体の合計 56 で、このうち 54 本が常染色体、雌親からの 27 本の染色体と雄親からの 27 本の染色体との間で長さや形が相同な染色体(相同染色体)どうしが 2 組のペア(2 倍数体)となって、全部で 27 ペア(対)をなしています。残りの 2 本が性染色体であり、♀の場合は Z 染色体と W 染色体各 1 本ずつ、♂の場合は Z 染色体 2 本から構成されている。ですから、W 染色体をふくむ卵と Z 染色体をふくむ卵の 2 種類ができるため、子供の性は受精する前に母親の卵にふくまれる性染色体が W か Z によって決定されてしまいます。



性の遺伝(カイコの例)

動物名	染色体数	植物名	染色体数
キイロショウジョウバエ	8	エンドウ	14
トノサマカエル	26	タマネギ	16
ハツカネズミ	40	イネ	24
カイコガ	56	オンロイバナ	58

ヒトの染色体の数は、一つの細胞(細胞の数は約 60 兆個といわれています)の中に 23 対 46 あります。

■ 倍数体

倍数体育種

染色体を通常の 2 倍体より多くもつ倍数体を人工的に作製する育種法。植物の倍数体はごくありふれた現象で、農業上もっとも重要なパンコムギ類は 6 倍体(染色体数 42)がある。

カイコはもちろん高等生物では、生物の体を構成する細胞がもつ染色体数は父親と母親から受け取った「1n」ずつの和「2n」の状態になっている。しかし、何らかの原因により染色体数が「3n」や「4n」に増加した個体があられてくることもあるし、人為的にも誘発することができる。そして一般に染色体数が増えて倍数体となった植物は、多くの場合、細胞が大きく、作物などでは体も巨大化して、利用価値もすぐれたものが多い。反面、成長はおそくなる傾向がある。こうした特性を利用するために、コルヒチン*などの薬品によって人工的に倍数体をつくり、花の大きな植物や収量の多い作物などをつくる倍数体育種(倍数性育種)が行われている。

*植物の成長点では、盛んに細胞分裂が起っています。コルヒチンは、この細胞分裂中の細胞の紡錘糸形成を阻害する働きがあります。紡錘糸が出来ないと、新しい細胞を作るために複製された DNA

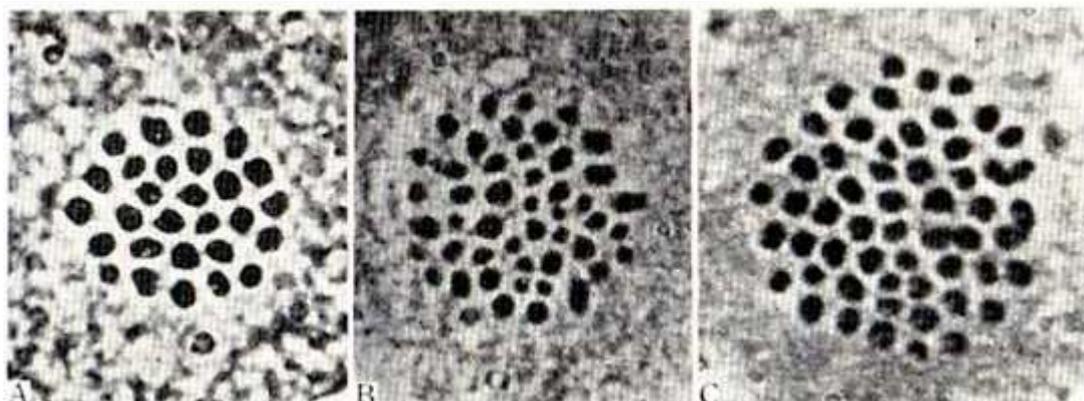
がそのまま入ってしまうことになるので、DNA 量が 2 倍の細胞が出来ます。この細胞が通常の体細胞分裂をどんどんくり返していくと、倍数性の植物体が形成されます。

カイコの倍数体

カイコでも多倍体をつくって、大きな繭をつくらせ、生糸の収量を増加させる研究が 1930 年頃から試みられています。その方法は産下後 1~3 時間のカイコの卵を、遠心機にかけて 3,500rpm で 10 分間処理したり、高温処理(40℃、1 時間)したり、あるいはコルヒチンの希薄溶液(0.05~0.4%)を塗布したりするもので、2 倍体と 3 倍体、4 倍体などが混在する混数体の得られることが報告されている。このようにカイコでは倍数体を誘発することは比較的容易なことだそうです。

田島弥太郎著「生物改造—私のシルクロード—」裳華房、1991 年

http://jp.encyarta.msn.com/encyclopedia_1421510571/content.html



倍数カイコの染色体
精母細胞第 1 分裂中期、(左より) 2n, 3n, 4n

■核多角体病ウイルス

核多角体病ウイルス(NPV)

昭和 54 年(1979)、宿主として大腸菌のかわりに、「カイコの幼虫」を使って、ヒトのインターフェロン α (アルファ)非天然型(遺伝子組み替え型)を生産させる方法が開発されました。この研究を行なったのは、実験材料としてカイコを使用していたことでも有名だった生物学者の前田 進博士です。

カイコの病気で、蚕体が死後軟化黒変する軟化病があります。軟化病は細菌、ウイルスまたは原虫によって感染することが知られている。軟化病の一つに、バキュロウイルス(Baculovirus)科に属する核多角体病ウイルス(nucleopolyhedrovirus: NPV)による核多角体病(膿病)があります。カイコがこの核多角体病ウイルスに感染すると、5 日程度で発病して収繭量の減少や内部汚染繭を多く発生させるなど繭質に甚大な影響を与えます。さらに幼虫の環節間膜の部分は膨れあがり、皮膚は光沢を帯びて破れやすくなり、カイコはクワから離れて這い回ることが多くなる。そして、這い回っている最中に皮膚が破れて傷口から体外にウイルスを持つ多角体を大量に含む乳白色の体液(膿汁)が流れ出して蚕座が汚染して、つぎの感染源にもなる。NPV は経卵感染しないため、感染した昆虫体内より放出された多角体中のウイルス粒子は、翌年になって宿主の昆虫が再び活動を開始するまで安定に生き延びる必要があります。そのため、多角体は非常に強固で、野外においても土壤中で数年以上も保持できると考えられています。

トウモロウ ファーム <http://homepage2.nifty.com/mun/column/maeda.htm>

封入体(多角体タンパク質)

核多角体病ウイルスは封入体を作るという特徴があります。封入体は、ウイルス粒子を包埋するタンパク性の結晶構造物(一つの結晶物内部には数百個のウイルスが集まって、包埋されている)で、しかもその封入体はウイルス自身にコードされているタンパク質です。封入体は正六面体から正二十面体の構造で多角体(polyhedra)と呼ばれ、感染した宿主細胞の核内に多量に形成されます。この多角体は非常に巨大なため光学顕微鏡下で観察できます。



多角体内にはウイルス粒子が多量に含まれており、ウイルスの伝播に重要な役割を果たしています。多角体は、カイコの幼虫体内の消化液中のアルカリ性プロテアーゼによって分解されて、中から多数のウイルス粒子が放出されます。粒子は腸管の壁を通じて体腔内に入り込み、脂肪組織などの細胞核内に侵入し、ここで複製、増殖をくり返し、再び多角体をつくり、次第に脂肪細胞などをこわして、宿主であるカイコを死にいたりせしめます。NPVの多角体遺伝子は感染末期に働いて、多角体タンパク質をつくるが、その作用は強力で、全タンパク質質量の20%にも達する。カイコ1匹あたりでは10mgを越す。

■ インターフェロン α (アルファ) 遺伝子の組み込み

このような NPV による多角体タンパク質の巨大な生産能力を利用して、多角体タンパク質のかわりに有用物質を生産させることが考え出されました。前田博士はインターフェロン α (アルファ) のような有用な物質をつくらせようとしたのです。その方法とは、

- ・インターフェロン α (アルファ) 遺伝子を大腸菌のプラスミドにつなぎ、これを大腸菌内で増殖した上で、カイコの培養細胞に核多角体病ウイルスと同時に感染させると、組み換え効率はたいへん低い(0.5%程度という)が、インターフェロン α (アルファ) 遺伝子を組み込んだ改変ウイルスがつくられて、培養液中に放出される。
- ・改変ウイルスを正常ウイルスと混じっている培養液中から選抜単離する。
- ・作製した改変ウイルスをカイコの5齢幼虫に注入して飼育し、その体液中にインターフェロン α (アルファ)を生産させる。

片倉工業株式会社 生物科学研究所のアドレスはこちら↓

<http://www.katakura.co.jp/superworm/techdata/techdata2.htm>

世界初のイヌインターフェロン製剤を発売開始 —コンパニオンアニマル用医薬品“インタードッグ”の発売開始について—

東レ(株)は、このたび、本年6月8日に農林水産大臣から製造販売承認を取得したイヌインターフェロン γ (組換え型)製剤“インタードッグ”について、本年12月2日より発売を開始致します。“インタードッグ”は当社が世界をリードしている遺伝子組換えカイコ技術を利用して製造する世界初のイヌインターフェロン製剤で、犬の皮膚病で最も発生率の高いアトピー性皮膚炎に対する治療薬です。製造は、当社愛媛工場(愛媛県松前町)の専用生産設備にて行います。

東レのアドレスはこちら↓

<http://www.toray.co.jp/news/chemi/nr051129.html>

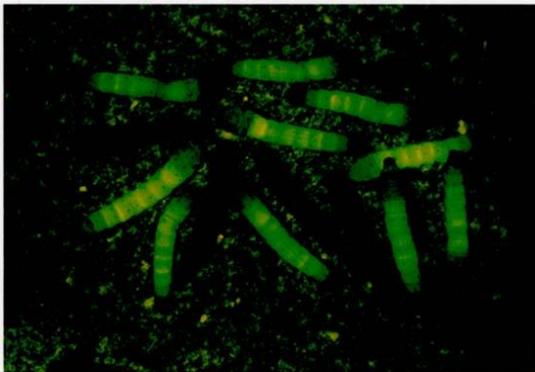
東レはカイコで医薬品となる有用たんぱく質を大量生産する技術を開発した。遺伝子組み換え技術でカイコがマユを作り出す絹糸にたんぱく質を含ませる。カイコの体液中に作らせる現在の手法に比べ、1匹あたり百倍以上の生産量が得られる。1年後の実用化を目指す。新技術は農業生物資源

研究所との共同研究。現在同社は犬猫用のインターフェロンをカイコで生産、商品化している。体液からたんぱく質を分離するのに手間がかかった。1匹から得られる量も0.1ミリグラム以下だった。糸の中にたんぱく質を作らせる手法なら、1匹あたり10ミリグラムの有用たんぱく質を得られる見込み。同社は今後ヒト用のインターフェロンの生産にも活用する。(日経産業新聞2月1日号より抜粋) 東しのアドレスはこちら↓

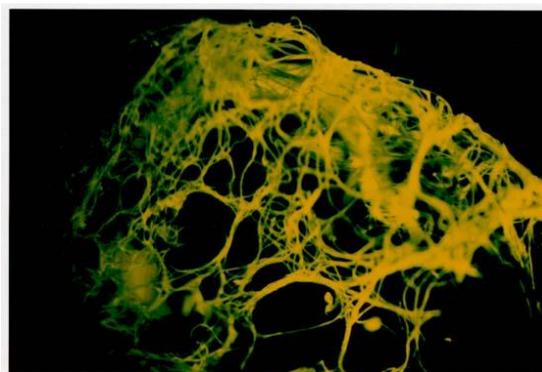
<http://www.toray.co.jp/news/chemi/nr021004.html>

■トランスジェニック・カイコ

緑色蛍光たんぱく質GFP遺伝子を組み込むことによって緑の蛍光を発するようになったカイコ
日本沿海にも生息する発光オワンクラゲに由来する緑色蛍光を発するたんぱく質 GFP (Green Fluorescent Protein)を挿入したプラスミドDNAを、カイコ卵へ顕微鏡下で微量注射することによって、トランスジェニックカイコ(↓写真)を作成する方法が確立されました。



トランスジェニックカイコにおけるGFPの発現
(蛍光を発していないカイコは対照)



トランスジェニックカイコから得られた繭糸

組み込んだ遺伝子が、生きたままリアルタイムで外見でも昆虫のどのような組織でいつどのように発現するのか、また蛍光遺伝子と融合したタンパク質を用いれば、実際に機能を担うたんぱく質の個体や細胞内局在や挙動を容易に観察できます。そしてさらに本技術が発展すれば、GFPの代わりに、例えば紫外線吸収効果などの機能性成分を有するたんぱく質を導入したトランスジェニックカイコの開発が期待されます。

<http://ss.nises.affrc.go.jp/pub/library/transgenic.htm>

■養蚕

夏秋蚕飼育の勃興

1858年日米通商条約で、横浜、長崎、函館の3港開港。当時、輸入品の筆頭は綿花、綿製品で、輸出品の主なものは生糸・蚕種それに茶でした。これまで国内需要のみであったわが国蚕糸業は異常に刺激となって、すでに養蚕、製糸を行っていた地方にはますます拡大し、また新しい地帯にも蚕糸業を勃興せしめる契機となりました。とくに明治中期以降、欧米殊に米国における絹織物の興隆は生糸の需要を増大し、生糸輸出が盛んになったため、明治初年まで春蚕1回限りであったカイコの飼育を夏秋期にも行いたいという機運が高まりました。夏秋期にカイコを飼育するためには、二化性蚕を春飼育して、その蛾が産んだ非休眠卵を飼育する方法しかありませんでした。しかし7月上旬ころ、二化性カイコが産卵する卵の中にはすぐに孵化する非休眠卵と、孵化せずにそのまま休眠して越年する休眠卵が混じり、加えて夏秋蚕は従来死に易く、「味噌汁と夏の蚕は当たったことがない」といわれており、いい場合で30%、悪い場合だと70%も死ぬという状態であった。戦前から戦後の早い時期に至るまでの夏秋蚕の飼育は不安定なもので、作柄が不良となる場合が多く、その対策が緊急の課題でありました。



畑起作業



熟蚕の上蔭作業（営繭の準備）



繭掻き作業（蔭から新繭を採る）

多回育養蚕

昭和 40 年代に入り、多回育養蚕が各地で試みられるようになり、これまでの年間 3 回飼育に夏蚕および晩々秋蚕を取り入れ、年間 4~5 回飼育が行われるようになった。それは二つの動機から始められた。一つは協業養蚕のような大規模経営において施設機械の早期償却のためその効率的利用を考えて計画されている。もう一つは従来の 3 蚕期に夏蚕を加えることで、それ程大きくない規模の個別農家の養蚕にもとり入れられた。夏蚕の導入は昭和 36~37 年ころから一般化の傾向が始まったと思うが、その目的は養蚕に従事する限られた労働力で養蚕収入の増大を図ることにある。夏蚕の導入で問題になった事項は主として次の 3 点、すなわち①後続する蚕期の作柄の悪化、②夏蚕自身の作柄に関連して使用する蚕種、③給与桑の仕立て収穫形式である。これらに対して試験研究が進められ、それぞれについて対策が確立された。①については夏蚕の増加とともに稚蚕共同飼育所の利用も考えられ、地域の稚蚕共同飼育所群が年間の蚕期を分担し合い、地域内の多回育を志す者を含めてそのどれかを利用できるような共同飼育所の広域利用形態も生まれた。②については夏秋蚕用品種の不越年種が多く用いられたが、試験の結果では春蚕用品種の越年種のどちらも利用できることがわかった。しかし越年種の場合は夏蚕用に供するよう蚕種保護に注意したものでなければならないとされている。③については春蚕期の計画残桑と称する方法、春切りの夏蚕専用桑などの方法が指導され普及した。

人工飼料育

全齡人工飼料育については、未解決の問題点も多いが、かなりの大量育も軌道にのってきた。桑葉育に比べて人工飼料育では稚蚕期は遅延し、壮蚕期はかえって短縮する傾向があり、繭層重は軽めであって、とくに雌の繭層歩合の低下が著しい傾向がある。壮蚕期の短縮を是正するために、昆虫幼若ホルモンを飼料に添加する試験もされ、良好な結果も得られている。しかし全齡人工飼料育を実用化の見地よりみれば、飼料コストの高価であること、飼育施設への投資額、既存の生産体制への影響の大きさなどを考慮すべき多くの問題が残されているといえよう。その点、稚蚕期人工飼料育—壮蚕期桑葉育の方式の方がより実用性は高い。人工飼料育は蚕品種によって適合性が大きく異なり、すべての蚕品種が人工飼料育をすることができるまでに至っていない点に多少の問題を残している。

■ 稚蚕共同飼育

- ・昭和 5 年(1930)、政府は稚蚕共同飼育に対する補助奨励を講じた。
- ・稚蚕共同飼育の普及率は、昭和 33 年(1958)ごろまでは全養蚕戸数の 45%程度であったが、34 年(1959)ごろから急激に増加し、41 年(1966)には 58.7%となった。
- ・昭和 38 年(1963)以降、1~3 齡共同飼育施設に国が助成を行うようになった。
- ・昭和 40 年(1965)以降には大部屋方式となり、空調装置や飼育装置などが設置されるようになり、規模も大型化した。
- ・昭和 42 年(1967)に関東東山地域を対象とした空調大部屋方式の稚蚕共同飼育の標準技術体系がまとめられた。
- ・昭和 48 年(1973)の共同飼育の普及率は 83.1%(1~2 齡が 67.8%、1~3 齡が 15.3%)になった。
- ・稚蚕自動飼育装置は昭和 40 年(1965)に実用化され、飼育従事者の確保が困難になるのにもなつて、これを導入する飼育所が年々増え、平成 3 年(1991)には 28%に達している。
- ・昭和 52 年(1977)から稚蚕人工飼料育が普及に移され、従事者対策と作柄安定の両面からその有効性が実証され、稚蚕人工飼料育の普及率は 40%以上に達するようになった。
- ・平成 3 年(1991)には全国飼育数量の 92.3%が共同飼育となっている。

【 稚蚕共同飼育 】

稚蚕共同飼育は、1. 優秀な技術者が設備の整った飼育所で飼育するので、気象条件や栄養条件が合理的に管理され、防疫対策も的確になされることから、健全な稚蚕が育てられ、蚕作の安定向上や繭質の統一向上がはかれる。2. 多量を一括して飼育するので、労力が大幅に節減され、飼育経費が低減する。3. 繭出荷時期が一緒になることによる共販体制ができ、さらに農繁期における作目間の労働配分の調整が図られるなど、経営合理化上にも多くのメリットがある。

稚蚕共同飼育は、昭和 30 年代(1955 年以降)に入ってから急速に普及し、昭和 33 年(1958)に 45%程度であったが、昭和 41 年(1966)に 58.7%、平成 3 年(1991)に 92.3%が共同飼育となった。

■ 蚕病

硬化病	蚕体が死後硬化する病気の総称で、糸状菌による。		
	糸状菌による病気		
	白きょう病	白きょう病菌	
	黄きょう病	黄きょう病菌	
	緑きょう病	緑きょう病菌	
	麴かび病	麴かび病菌	
軟化病	蚕体が死後軟化黒変する病気の総称で、細菌、ウイルスまたは原虫による。		
	細菌による病気		
	卒倒病	卒倒病菌または石渡(繁胤)卒倒病菌ともいう	
	敗血症	セラチア菌	
	細菌性消化器病	腸内細菌	
	ウイルスによる病気		
	核多角体病(膿病)	核多角体病ウイルス	
	細胞質多角体病	細胞質多角体ウイルス	
	ウイルス性軟化病	伝染性軟化病ウイルス	
	濃核病	濃核病ウイルス	
	原虫による病気		
	微粒子病	<i>Nosema bombycis</i>	体内諸組織で増殖し、胞子を形成。病原は母蛾から卵に伝達される。

硬化病(黄きょう病、緑きょう病)

- ・昭和10～25年に発病機構が究明され、蚕室・蚕具・蚕座の消毒を適期に励行することを中心とした硬化病防除技術が昭和25年(1950)にほぼ確立された。
- ・昭和25年(1950)、蚕室・蚕具のホルマリン消毒を中心とした硬化病防除法が事実上確立されたにもかかわらず、地域的には時折硬化病が多発する場合があった。硬化病による繭の減収量は当該年度の総被害量に対する割合で見ると、普通は数%程度で変動したが、時には10%を超える年もあった。これは緑きょう病菌や黄きょう病菌が局地的に大発生したのが原因で、両菌に規制された野外昆虫が感染源になって起こる。たとえば、昭和46年(1971)ころには宮崎県下の桑園に大発生したヒメケブカサルハムシの黄きょう病が感染源になり、また昭和53年(1978)の晩秋期には埼玉県秩父地方の桑園に大発生したハゴモ類の黄きょう病が感染源になり、それぞれの地域の養蚕に硬化病による甚大な被害を与えたことが報じられている。
- ・消毒剤としては、ホルマリン水溶液や高度さらし粉液などが各種蚕病に効く万能薬として長く用いられたほか、昭和25年(1950)以降にはセレスン石灰、パフソール、ネオ PPS、カビノラン、カポックスなど新消毒剤が続々と実用化された。

【硬化病(黄きょう病、緑きょう病)】

野外昆虫の死体の分生子が桑葉に付着して、蚕室に持ち込まれて蚕に感染するという発病機構が昭和10～25年(1935～50)に究明されて、蚕室・蚕具・蚕座の消毒を適期に励行することを中心とした硬化病防除技術が昭和25年(1950)にほぼ確立された。

原虫病(微粒子病)

- ・原虫病である微粒子病の病原(*Nosema bombycis*)による蚕種製造上の被害の推移を母蛾検査の不合格率で見ると、原蚕種不合格率は、昭和4年(1929)の4%台から昭和10年代には2%台に低下し、昭和16年(1941)に一時的に4%の高不合格率が記録されたものの、おおむねこの減少傾向が維持された。戦後の蚕糸業の急激な回復にともなって母蛾検査の成績もあがり、昭和20年初期の2%前後の

不合格率が、昭和30年代初期には1%以下になり、昭和40年(1965)以降は0.3%以下のレベルで推移した。

・昭和40年(1965)代の末ころから原蚕種の母蛾検査でしばしば検出されるようになった微胞子虫類は、強弱はあるがいずれも蚕に病原性を示すものの、経卵伝達による伝播はないと考えられた。そして、蚕に病原性を示す微胞子虫類の宿主昆虫の探索が行われ、スジキリヨトウは微粒子病菌の有力な宿主であること、モンシロチョウは蚕に病原性を示す2,3微胞子虫の主要な宿主であることが明らかにされた。したがって、このような野外昆虫の多発地域では、防疫上種繭生産は避けるべきである。

・昭和43年(1968)、検査装置が完成し、これによる集団蛾検査方法の技術体系が完成し、蚕糸業法施行規則を改正してそれを実用化した。

・昭和44~45年(1969~70)ごろに関東地方においての母蛾検査で微粒子病の病原体 *Nosema bombycis* と異なる小胞子虫が発見された。主要養蚕県下における実態調査により、*Nosema sp.*, *Plistophora sp.*, および *Thelohania sp.* など7種が新しく蚕から分離された。

・このような野外昆虫の多発地域で種繭生産は行わないことや、種繭生産を全齢人工飼料育で行うことは本病を防ぐ上で有効な手段となっている。

【原虫病(微粒子病)】

原虫病である微粒子病の病原(*Nosema bombycis*)による蚕種製造上の被害の推移を母蛾検査の不合格率でみると、原蚕種の不合格率は、昭和4年(1929)の4%台から昭和10年代には2%台に低下し、昭和16年(1941)に一時的に4%の高不合格率が記録されたものの、おおむねこの減少傾向が維持された。戦後の蚕糸業の急激な回復にともなって母蛾検査の成績もあがり、昭和20年初期の2%前後の不合格率が、昭和30年代初期には1%以下になり、昭和40年(1965)以降は0.3%以下のレベルで推移した。一方、糸繭養蚕における微粒子病の被害は激減したが、種繭養蚕現場には微粒子病が依然として根強く残存し、低率ながら検出された。さらに昭和52年(1977)代に入ると、野外昆虫が感染源と考えられる微胞子虫類が蚕に発生するようになり、母蛾検査における胞子の形態的識別に少なからぬ支障をきたすようになったので、微胞子虫類胞子の的確な識別法の開発と病原性の解明が急務となった。したがって、このような野外昆虫の多発地域で種繭生産は行わないことや、種繭生産を全齢人工飼料育で行うことは本病を防ぐ上で有効な手段となっている。

硬化病(翹かび病)

・昭和30年(1955)ころには硬化病を防ぐため、蚕室・蚕具・蚕座のホルマリン消毒が広く励行されていたが、こうした中でも稚蚕共同飼育所におけるこうじかび病の被害は依然として跡を絶たなかった。

・稚蚕共同飼育所の普及とともに、飼育所におけるこうじかび病(硬化病)による被害が増大した。

・昭和33年(1958)以来、青木襄児はこの蚕病に対し消毒効果が確実でないのは、病菌が蚕室・蚕具の器材中に侵入しているため、浸透性の消毒剤PCPまたはPMFなどを用いて消毒すれば、確実に効果をあげうることを明らかにした。

・昭和41年(1966)以後、翹かび病に関する研究およびその防除技術は大きな変革を遂げて進展した。

・昭和52年(1977)以降、こうじかび病による被害は減少を続けている。↓

【硬化病(翹かび病)】

昭和30年(1955)ころには硬化病を防ぐため、蚕室・蚕具・蚕座のホルマリン消毒が広く励行されていたが、こうした中でも稚蚕共同飼育所におけるこうじかび病の被害は依然として跡を絶たなかった。

・稚蚕共同飼育所の普及とともに、飼育所におけるこうじかび病(硬化病)による被害が増大した。

昭和33年(1958)以来、青木襄児はこの蚕病に対し消毒効果が確実でないのは、病菌が蚕室・蚕具の器材中に侵入しているためであることを明らかにし、浸透性の消毒剤PCPまたはPMFなどを用いて消毒すれば、確実に効果をあげうることを示した。

昭和52年(1977)以降、こうじかび病による被害は減少を続けている。

軟化病(細胞質多角体病)

・細胞質多角体病⇒戦前はもちろんのこと、戦後しばらくの間、膿病は蚕の唯一のウイルス病であると考えられていた。昭和9年(1934)、東京帝国大学の石森直人は蚕幼虫の中腸細胞の細胞質にのみ多角体を形成する新しい病気を報告したが、当時の研究者の間では特異な症状を呈する膿病で、きわめ

て稀なものという認識しか持っていなかった。昭和 30 年(1955)代に入ってから、本病が熊本県や長野県で広範囲にわたり発生していることが報告された。さらにその後、数年にわたって全国的な調査が行われ、本病が全国で多数発生し、被害も甚大であることが判明したので、本病の防除対策が緊急の課題となり、疫学や防除法について多くの研究が行われ、このころになると、本病は膿病とは異質のウイルス病で、中腸型多角体病(のちに細胞質多角体病と病名を統一)と呼ばれるようになった。細胞質多角体病は軟化症状を呈するので、統計上軟化病として取り扱われている。したがって、軟化病による被害量のうち本病の占める割合の推移は明らかでないが、消毒などの防除体制が整えられたことや、蚕品種の耐病性の向上などから、昭和 40 年代(1965 年以降)に入り、本病による被害量はかなり減少したと推定される。

【軟化病(細胞質多角体病)】

昭和 9 年(1934)、石森直人は膿病とは異質のウイルス病で、蚕幼虫の中腸細胞の細胞質にのみ多角体を形成する新しい病気(のちに細胞質多角体病と病名を統一)を報告した。細胞質多角体病は軟化症状を呈するので、統計上軟化病として取り扱われている。したがって、軟化病による被害量のうち本病の占める割合の推移は明らかでないが、消毒などの防除体制が整えられたことや、蚕品種の耐病性の向上などから、昭和 40 年代(1965 年以降)に入り、本病による被害量はかなり減少したと推定される。

軟化病(伝染性軟化病)

- ・昭和35年(1960)、山崎寿らは長野県下の集団遺作した農家から伝染性軟化病を発見。その後、本病の病原として多角体を形成しない球状ウイルスが確認された。伝染性軟化病による集団遺作は、夏秋蚕期に集中していることが特徴的であり、伝染性軟化病の流行が顕著になったのは昭和35年(1960)ころで、その後10余年間続いたと思われる。
- ・昭和42年(1967)が集団遺作件数においても、遺作規模においてもピークで、以後集団遺作の発生は漸減している。
- ・一部の地域を除きほぼ全国的に分布している。特に伝播力が強烈であるため、稚蚕の集団に少数の

【軟化病(伝染性軟化病)】

昭和35年(1960)に、山崎寿らが発見したウイルス病であって、一部の地域を除きほぼ全国的に分布している。特に伝播力が強烈であるため、稚蚕の集団に少数の罹病蚕が混在するとその集団の大部分が感染する。しかも5齢末期の蚕に発病することが多く、発病すれば農家に多大の損失を与えることになる。徹底した消毒を中心とした防除技術の普及等により、本病による被害は徐々に減少するようになり、昭和45年(1970)以降、特に稚蚕共同飼育所由来の集団遺作が著しく減少してきた。

軟化病(膿核病)

- ・昭和43年(1968)、清水孝夫は初秋蚕期に長野県伊那市郊外の集団遺作農家から、ウイルスに感染した蚕を調査したところ、軟化症状を呈する点では似ているが、中腸の病理組織像が伝染性軟化病蚕の場合とはまったく異なることが明らかとなった。これが膿核病発見の経緯である。
- ・昭和40～45年(1965～70)当時、集団遺作が頻発した夏秋用蚕品種として普及率がきわめて高かった日124号×支12号と「日122号・日124号×支115号・支124号」は、膿核病ウイルスの感受性であること、③伝染性軟化病ウイルスと膿核病ウイルスの感染には協力関係があること、などから過去において膿核病が流行した時期を類推すれば、膿核病ウイルスに感受性の品種の普及率の高かった時期に一致し、伝染性軟化病と膿核病が併発した形で集団遺作に関与したのではないかと思われる。
- ・稚蚕の人工飼料育は伝染性軟化病や膿核病による集団遺作の予防に役立っていると思われる。
- ・非感受性遺伝子をもつ蚕品種を飼育することにより、膿核病は完全に防除できることが明らかにされている。

【軟化病(膿核病)】

昭和43年(1968)、清水孝夫は軟化症状を呈する点では似ているが、中腸の病理組織像が伝染性軟化病蚕の場合とはまったく異なる膿核病を発見。昭和40～45年(1965～70)当時、伝染性軟化病と膿核病が併発した形で集団遺作に関与したのではないかと思われる。稚蚕人工飼料育が普及に移された昭和52年(1977)以降、本病の発生は漸減している。

・昭和55年(1980)を境に軟化病による被害は急減したが、これと入れ替わるように核多角体病(膿病)の発生が全国的に目立ちはじめ(表3-8)、5齢末に多発して個人違作(同一稚蚕共同飼育所から配蚕を受けた農家群の中で一部の農家に著しい蚕作不良が起こること)をもたらすばかりでなく、繭中で発病して汚染繭となり、製糸にも被害を及ぼすことで問題となった。膿病多発の要因調査においては、病原力の強いウイルスの出現や普及蚕品種の抵抗性が低下している可能性はなく、消毒不十分の農家で膿病が通年発生する傾向が認められた。したがって、核多角体病流行の主因は多回育と簡易構造蚕舎の普及にともなう消毒の不徹底にあり、その結果、不活化を免れた核多角体ウイルスが毎蚕期の感染を繰り返して、蚕舎の汚染度を増大し、核多角体病蚕の発生する機会を多くするものと考察されている。

・本病の消毒には、消石灰液(0.2%で飽和)が有効であることが明らかにされている。

・膿、軟化病による収繭量の被害は、依然として蚕病による被害の約6~7割を占め、分布も全国に及んでいる。

【核多角体病(膿病)】

昭和55年(1980)を境に軟化病による被害は急減したが、これと入れ替わるように核多角体病(膿病)の発生が全国的に目立ちはじめ、5齢末に多発して個人違作をもたらすばかりでなく、繭中で発病して汚染繭となり、製糸にも被害を及ぼすことで問題となった。膿病多発の要因調査においては、病原力の強いウイルスの出現や普及蚕品種の抵抗性が低下している可能性はなく、消毒不十分の農家で膿病が通年発生する傾向が認められた。したがって、核多角体病流行の主因は多回育と簡易構造蚕舎の普及にともなう消毒の不徹底にあり、その結果、不活化を免れた核多角体ウイルスが毎蚕期の感染を繰り返して、蚕舎の汚染度を増大し、核多角体病蚕の発生する機会を多くするものと考察されている。

・膿、軟化病による収繭量の被害は、依然として蚕病による被害の約6~7割を占め、分布も全国に及んでいる。

■日本の近代化への貢献

- 1859年(安政6)の開港以来、蚕糸業は日本の近代化と経済発展を先導してきました。わが国は、開港によって生糸や絹織物は輸出の道がひらかれ、これにともない、繭の生産量も上昇の一途を辿り、蚕糸業は隆盛の方向へと向かいました。
- わが国の蚕糸業が最盛期だった昭和初期には全国農家の約40%に当たる21万戸が養蚕業に従事し、桑園面積は全畑地の約4分の1の71万haを占め、製糸工場数は2,640工場、その従業員数は約53万人にも達しました。昭和5年には、繭生産量は39.9万トンという、わが国史上最高を記録しました。そして、生糸や蚕種、絹織物は輸出上重要な地位を築いた。わが国輸出総額に占める生糸・絹織物の割合は、明治初期(1868年)から昭和初期まで27~67%にも及び、特に1922年には輸出総額の中で48.9%にも達したほどです(下図)。
- このように、蚕糸業はわが国の代表的な輸出産業の大宗として、その製品の大半を輸出し、外貨獲得に大きな役割を果たし、日本の近代化と富国強兵に寄与しました。今日の日本経済発展は、実は明治後半年から大正、昭和初期にかけての生糸を輸出して得た外貨によって、その礎が築かれたといっても決して過言ではないでしょう。

年	生糸輸出額の割合	生糸輸出額の割合	輸出総額100%
1922年	輸出総額 16.37億円の48.9%		
1925年	輸出総額 23.06億円の45.0%		
1928年	輸出総額 19.72億円の45.1%		
1931年	輸出総額 11.47億円の35.6%		
1934年	輸出総額 21.72億円の22.7%		
1937年	輸出総額 31.75億円の16.3%		

■ 絹糸昆虫

科	和名	学名	原産地	飼料
カイコガ科 <i>Bombycidae</i>	カサン	<i>Bombyx mori</i>	中国	クワ
	クワコ	<i>Bombyx mandalina</i>	中国	クワ
ヤママユガ科 <i>Saturniidae</i>	テンサン	<i>Antheraea yamamai</i>	日本	クヌギ、コナラ、カシワ、クリ、シラカシ、スダジイ
	サクサン	<i>Antheraea pernyi</i>	中国	クヌギ、カシ、コナラ、葇柳
	タサールサン	<i>Antheraea mylitta</i>	インド・東部	サラソウジュ、イヌナツメ、トメント
	オーク・タサールサン	<i>Antheraea proylei</i>	インド	ナラ
	ムガサン	<i>Antheraea assame</i>	インド・アッサム	ソム(タブノキの一種)、ソウルなどの樹木の葉
	エリサン(ヒマサン)	<i>Philosamia cynthia ricini</i>	インド	ヒマ、シンジュ、キャッサバ、タピオカ、パパイヤ
	ヨナグニサン	<i>Attacus atlas</i>	インドネシア	アカギ、モクタチバナ、ショウベンノキ、フカノキ
	ウスタビガ	<i>Rhodinia fugax</i>	日本、韓国	サクラ、ニレ、カシ、クリ、クヌギ、シイ
	シンジュサン(構蚕 <small>テョウサン</small>)	<i>Samia cynthia pryeri</i>	中国、日本	シンジュ、クヌギ、クスノキ、ニガキ
	クスサン(樟蚕、栗繭)	<i>Dictioprocra japonica</i>	日本、中国	クルミ、クリ、クス、ウルシ
	テグスサン(楓蚕)	<i>Eriogyna pyretorum</i>	中国	フウ、クスノキ、ヤナギ
	クリキュラ(現地名ドンドン)	<i>Cricula trifenestrata</i>	インドネシア	カンラン(街路樹)、アボカド、ケドンドン、マンゴ
	セクロピヤサン	<i>Hyalophora cecropia</i>	北米	カシワ、ポプラ、カエデ
アゲマ	Argema	アフリカ東部		
ギョウレツケムシ科 <i>Thaumeto Poeidae</i>	アナフェ・モロネイ	<i>Anaphe moloneyi</i>	アフリカ	ブリデリア(広葉樹のイチジク属植物)
	アナフェ・インフラクタ	<i>Anaphe infracta</i>	アフリカ	イチジク属植物
	アナフェ・ベナタ	<i>Anaphe venata</i>	アフリカ	イチジク属植物
	アナフェ・レティキュラタ	<i>Anaphe reticulata</i>	アフリカ	イチジク属植物
カレハガ科 <i>Lasiocampidae</i>	マツカレハ	<i>Dendrolimus spectabilis</i>	日本、中国、ロシア	モミ、エゾマツ、ツガ
	ゴノメタ	<i>Gonometa poslica</i>	アフリカ、サバンナ	mopane などの植物
	ポロセラ	Borocera	マダガスカル島	
ミノガ科 <i>Psychidae</i>	オオミノガ チャミノガ	<i>Clania minuscla</i>	日本	茶、サクラ
ヤガ科 <i>Nacluidae</i>	ミノカガ ハイイロリング	<i>Gabala argentata</i>	日本、中国、朝鮮	ヌルデ

■野蚕繭のいろいろ



上段左端から順番に

ヒメヤママユ
クスサン
クリキュラ
アフリカオナガミズアオ
レーベウロスチャイルドヤママユ
プロメテアサン
カレッタシロスジサン
ヨナグニサン

中段左端から順番に

オオガミズアオオオミズアオ
"
シンジュサン
エリサン(白)
エリサン(褐色)
マダガスカルのカレハガ *Borocera madagascariensis*
イオメダヤママユ



下段左端から順番に

ウスタビガ(緑色)
ウスタビガ(黄緑色)
テンサン(ヤママユ)
サクサン
ムガサン
タサールサン
セクロピアサン
セクロピアサン

下表

インドネシアのクリキュラ
ウガンダのアナフェ

■ 黄金の繭を作るクリキュラ (*Cricula*)

インドネシアの野蚕開発事業 — ジャワの森復活に野蚕開発 —

ジョグジャカルタ ロイヤル シルク 東京

フィトリアーニ・黒田、黒田 正人

1994年、インドネシア共和国ジョグジャカルタ王室では、低所得農業従事者の収入向上と環境保全、及び伝統工芸の育成を目的として、地域固有の未活用資源『野生の蛾の繭:「アタカス」と「クリキュラ」』の活用による地場産業振興育成事業を始めました。

現在インドネシアでは、日本野蚕学会・ワイルドシルク協議会有志の方々の協力を得て、日本の蚕糸技術及び知識の移転により、農林業の「害虫」であった野生の蛾の幼虫は、その繭(抜け殻)が優良な野生のシルクを生産することから「益虫」としての評価を得るに至りました。また、インドネシアの野蚕開発事業は、美しい本来のジャワの森復活に向けて植樹活動を続けながら自然環境との共生による持続的な社会の構築に向けての活動を進めています。



成虫

幼虫

繭

■ 世界主要国の家蚕繭の生産高

世界の繭の生産量の推移をみると、国によって著しい変動がある。かつて19世紀には、イタリアでは6万トン以上、フランスでは2万トン以上の繭が年間に生産されていたことがある。現在は、すでにこの両国の名はない。

表 世界主要国の家蚕繭の生産高

区分	2001年	2002年	2003年	2004年
	トン	トン	トン	トン
日本	1,031	880	780	683
中国	602,000	645,000	611,000	677,000
インド	140,000	128,000	117,000	120,000
ベトナム	22,000	21,000	(21,000)	(21,000)
ブラジル	9,916	10,238	9,966	8,005
タイ	17,900	17,800	17,800	16,800
ウズベキスタン	20,000	(20,000)	(20,000)	(20,000)
イラン	5,000	3,500	3,200	
インドネシア	749	691		
トルコ	47	100	169	
ブルガリア	52	50	0	
ギリシャ	40	60	60	70
フィリピン	17	28	23	22
主要国の計	818,752	847,347	800,998	863,580

独立行政法人農畜産業振興機構 <http://sugar.lin.go.jp/silk/data/wlddata.htm>