

カイコの病気	江戸時代の養蚕	化性の研究と風穴貯蔵
人工孵化法	夏秋蚕飼育	条桑育
上蒺	外山亀太郎 1867-1918	130 億匹の闘い ウリメバエ根絶の歴史
学士院章を受賞した人	カイコ幼虫のからだ	蚕糸研究の貢献
桑葉の成分	蚕の人工飼料	資料作成の目的

カイコの病気		
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。	
	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。
	細菌による病気	
	卒倒病	卒倒病菌または石渡卒倒病菌ともいう
	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

江戸時代の養蚕	
1818年 文政元年	信州高井郡中野村の小池喜右衛門は「蚕飼指南所」を自宅に設けた（信濃蚕糸集史）
1821年	信州更級郡稲荷山村では、製糸に巧みな婦人を招き精子講習会を開いた（信

文政 4 年	濃蚕糸集史)
1827 年 文政 10 年	上田市塩尻の人、藤本善右衛門昌信が、「黄金生〔おうごんせい〕」という繭を、古くから普及していた「又昔」の雌と、野生の近縁種「クワコ」の雄の交尾により作り出したという説がある。
1804－1829 年 文化文政時代	文化、文政の頃、用いられた蚕品種には在来種の外に、又昔、赤熟、青白、小石丸、種ヶ島、白龍、大草などの名が見られる。
文政、天保 1818～1843 年	夏蚕が上田地方で始まる「信濃蚕業沿革史料」
1835 年 天保 6 年	蚕室を改良して炉を設け、蚕の飼育期間を 40 数日から 28 日に短縮して、この技術を温暖育と名付けました（福島県之蚕糸業）。この温暖育は、後に（嘉永）中村善右衛門によって大成された
1837 年 天保 8 年	信州の人土屋文吉が、晩夏蚕をもって蚕種を製造し、これを飼育して 3 度飼と名づけた。いわゆる秋蚕である（信濃蚕業沿革史）
1842 年天保 13 年 蚕当計の発明 中村善右衛門	岩代国の人、中村善右衛門が養蚕用の温度計を製作し、「蚕当計」と命名して一般に頒布した。「蚕当計」の発明は、明治以前の養蚕技術史上で最大の業績とされる。養蚕の作柄が気温の高低で影響を受けやすいことは江戸時代の後期にはかなりゆきわたっていたように思われる。「勘」に頼った温暖育が温度計の使用によって蚕室の温度調節が正確となった。
徳川中期～後期	「本邦蚕業著書の濫觴」といわれる上州群馬郡桃井荘のひと、馬場重久著「蚕養育手鑑」（1712 年＝正徳 2）において温暖育法を教えているが、彼は 30 年間の養蚕の経験に基づいて、この書を著わしたものである。もっともこの書の温暖育は、寒気の酷しい日には紙帳を用いて火力によって温めることを教えているのであって、自然にまかせる飼育法から、一歩進んだ清涼育を説いたことになる。但馬の人上恒守国の「養蚕秘録」（1802 年＝享和 2）には、給桑、厚飼い、乾湿寒暖、喚起通風の注意を説いて、火はたき加減で蚕に薬とも毒ともなる。炭火はよくない、諺にも春蚕は煙で飼え、夏蚕は風で飼えといっている。諺に「夏蚕は風で飼え」といっていたとすれば、夏蚕飼育も行なわれていたことがわかるが、桑の本田畑作付が禁止されており、屋敷廻りや畦畔或いは新開畑、切替畑、流作場等に栽植している程度では、春蚕をおこなった上に夏蚕を飼うことは給桑の面で制約を受けて飼育が困難であり、また、遺作が多かったので春蚕が中心であったと思われる。
徳川中期～後期	信州諏訪郡間下村の武井七之助の日記には 1835 年（天保 6）頃から少量ながら夏蚕飼育の記事が見え、また「清水久左衛門留書」には「天保頃ノ始元種ヲ改良シ純粹ノ夏蚕始ル」とある。諏訪地方においては 1823, 24 年（文政 6, 7）頃から、藩は桑苗を無償下附して桑樹植栽を奨励し、養蚕の普及をはか

	った。当時の栽培法はすでに刈桑栽培であったろうと思われ、品種も 10 品種以上を数えている。ここに、天保頃から桑の供給量よりの制約が緩和してきて、夏蚕飼育を行い得る根拠が生じたと思われる。現在考えて奇異に感じるのは、蚕種の寒水浸しである。もう一つは蟻蚕の発生を殊更に不揃いにするようにしたことである。以上の養蚕技術の発達の主要なるものについて詳述したが、さらに技術の改良普及に果たした数多くの養蚕技術書の著述の大きい役割を見逃し得ない。これら著述の多くのものが養蚕家自身による経験を基礎とした著述であって、科学的な態度に貫かれている。例えば、前記「新撰養蚕秘書」（塚田与右衛門）「新撰養蚕秘書、筆者自身が獲得し実際に実験してみた「養蚕の術」を書いたものである）
1859 年（安政 6 年）～1867 年（慶応 3 年）	生糸、蚕種の増産のために養蚕の地域的な拡大と養蚕技術の改良が見られるが、養蚕の地域的拡大は蚕種、生糸の輸出にあまり影響がなかったようで、在来の蚕糸業者の養蚕技術の改良が効果を挙げているようであった。なかでも、夏蚕・秋蚕飼育の開始と寒暖計の使用が始まったことである。夏蚕は「信濃蚕業沿革史料」によると、文政、天保（1818～1843）上田地方で始まって松本地方に広がり、ついで上州、武州に伝わったとある。秋蚕も信州において蚕種を風穴に貯蔵することによって夏蚕の発生を秋季にのばし得ることを発見し、慶応年間（1865～1867）より普及したとある。夏蚕、秋蚕の普及は他の農作物との労力の配分上春蚕飼育不可能な農家においても夏秋蚕の飼育は可能であるので、それだけ養蚕が農家に浸透することになる。寒暖計の養蚕に使用したのは 1842 年（天保 13 年）が最初であるといわれている。シーボルトについて医術を修めた二本松藩医稲沢宗庵より、体温計の製作の大要を知った中村善右衛門が、苦心研究の結果寒暖計を自製することを修得し、1849 年（嘉永 2 年）蚕当計と命名し一般に頒布した。このため従来火加減は口伝とされ、温暖育は熟練者でないと不可能であったが、寒暖計の使用によって蚕室の温度調節が正確となり、上ぞく日数を短縮するにいたった。
1859 年（安政 6 年）～1867 年（慶応 3 年）	上述のような蚕糸業の盛況は桑作にも当然影響を及ぼし、技術的には根刈栽培が各地でおこなわれるようになり、夏秋蚕用の桑樹栽培も始まっているが、さらに注目すべきは開港後における本田畑への桑作の侵入である。1864 年（文久 4 年、元治元年）、重ねて幕府は本田畑への桑作禁止を令している。開港による生糸、蚕種の価格暴騰は、生糸、繭の商品生産に拍車を加え、本田畑に桑作が侵入して封建経済の土台を崩壊せしめつつあったのである。

化性とは	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。
夏蚕の飼育は不安定なものであった	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、その蛾から不越年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、不越年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。
江戸時代ではまだ春蚕が中心であり、夏蚕は一部にすぎなかった	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延べたものがある。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年の蚕種を、主にあてていたとみられる。
前田風穴	1863年 文久3年 信州安曇郡稲扱の風穴を、春蚕種の貯蔵に利用しはじめた。 (前田風穴沿革史)
蚕種の風穴貯蔵 明治40年の風穴数は全国に122ヵ所あった。このうち、長野県には約半数の55ヵ所あり、2位は山梨19ヵ所だった	1865－1867年 慶応年間 信州において蚕種を風穴に貯蔵することによって夏蚕の発生を秋季にのばし得ることを発見し、秋蚕が始まる。江戸時代から明治にかけて、蚕種の貯蔵に風穴が使用された。蚕種の風穴貯蔵によって、蚕卵が春に孵化するのを抑制して飼育時期を遅らせ、蚕の発生を秋季にのばし得ることを発見し、秋蚕が始まる契機となった。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。養蚕普及に大きな役割を演じた。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



夏秋蚕種貯蔵用風穴（小諸町）明治末期

人工孵化法

藤岡甚三郎 「窮理^{きゅうり}法」を案出	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^{きゅうり}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。
渡辺勘次らの蚕の化性に関する研究	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。
催青^{さいせい}	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。
人工孵化法（低温催青）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、収繭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。
人工孵化法の確立により年間を通じて、随時、ふ化が可能となり、特に夏秋蚕の普及に役立った	1920 年、蚕種の冷蔵法を確立（水野辰五郎） 1924 年、カイコの化性の研究と浸酸人工ふ化法の確立 （人工孵化法の確立により年間を通じて、随時、ふ化が可能となり、特に夏秋蚕の普及に役立った。）

夏秋蚕飼育	
1864年 元治元年	夏秋蚕専用桑園が信州松本地方でつくり始められたという説がある。 蚕種の漸進催青法が説かれた（養蚕摘要）。
1866年 慶応2年	桑の春刈り夏秋専用仕立て法が考案され、秋蚕の普及を容易にした。
明治の中期	明治の中期には化性制御法（窮理催青法と呼ばれ、2 化性種を高温・長日条件で保護すると、その個体が成長し羽化した成虫の産む卵は休眠卵となり、翌春にならないと孵化してこない。これに反して、低温・短日条件で保護された卵から孵化し、成長・羽化した個体から産まれた卵は非休眠卵となり、およそ 10 日～2 週間後に孵化してくる。このように胚子期の保護条件によって化性を制御する方法）の開発と蚕種の風穴貯蔵利用法の確立、ならびに桑の仕立、収穫方法の案出により夏秋蚕の本格的な飼育が可能になった。
秋蚕飼育	また風穴の利用による夏秋蚕は 1897 年代から盛んとなり、特に秋蚕は稲作の労働と重複しない適当な時期に掃立て得るところから、それまで稲作との関係から養蚕を行い得なかった農家も秋蚕飼育を行うようになっていった。これが養蚕普及に大きな役割を演じたのである。夏秋蚕の普及状況を第 29 表に示す。これによれば、1887 年には夏・秋蚕の全産繭額のおのおの 21% 及び 4%に過ぎなかったが、1902 年には夏蚕 14%、秋蚕 16%となって秋蚕は夏蚕よりも増大し、第 1 次大戦後の 1919 年（大正 8 年）には夏蚕 10%、秋蚕 40%となって夏秋蚕と春蚕が相半ばするにいたっている。このような夏秋蚕特に秋蚕の増大は単に稲作の関係から養蚕を行い得なかった農家の養蚕開始によるものではなく、従来は春蚕に力を注いだものまでが夏秋蚕にも同様に努力するようになったもので、1907 年（明治 40 年）以降の農業危機開始とともに農家経済はますます窮迫し、桑園の能力以上の夏秋蚕飼育を

	行い、ために桑園の荒廃を来たすものすらあった。
軟化病の病原が突き止められたのは昭和 30 年に入ってから	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ていたが、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った。作柄不良は、軟化病による場合が最も多かったが、特定の細菌が認められないことから、桑の葉質不良や蚕座の「むれ」などに基づく蚕の生理的障害が原因とみなされていた。軟化病の病原が突き止められたのは昭和 30 年に入ってからだ。

夏秋蚕飼育

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ていたが、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った。作柄不良は、軟化病による場合が最も多かった。戦前から戦後の早い時期に至るまでの蚕の作柄、特に夏秋蚕は不安定なもので、常習遺作農家・地帯などという言葉さえあった。蚕病の代表としてウイルスによる軟化病と糸状菌による硬化病がある。また風穴の利用による夏秋蚕は 1897 年代から盛んとなり、特に秋蚕は稲作の労働と重複しない適当な時期に掃立て得るところから、それまで稲作との関係から養蚕を行い得なかった農家も秋蚕飼育を行うようになっていった。これが養蚕普及に大きな役割を演じた。夏秋蚕の普及状況は 1887 年には夏・秋蚕の全産繭額のおおの 21% 及び 4% に過ぎなかったが、1902 年には夏蚕 14%、秋蚕 16% となって秋蚕は夏蚕よりも増大し、第 1 次大戦後の 1919 年（大正 8 年）には夏蚕 10%、秋蚕 40% となって夏秋蚕と春蚕が相半ばするにいたっている。このような夏秋蚕、特に秋蚕の増大は単に稲作の関係から養蚕を行い得なかった農家の養蚕開始によるものではなく、従来は春蚕に力を注いだものまでが夏秋蚕にも同様に努力するようになった。

夏秋蚕は従来非常に死に易く、いい場合でも 30%、悪い場合だと 70% も死ぬという状態であった。これでは夏秋蚕を安全におこない得ないので強健な夏秋蚕種を求めているが、一代雑種及び化性の研究、それに卵の処理方法の研究が進んで、強健で繭質のいい品種を掃立てたいと思う日に腑化させることができるようになった。一代雑種の研究は外山亀太郎によって 1906 年（明治 39 年）品種改良上効果があり、また蚕種製造家の事業保護策として良法であることを遺伝学的根拠から発表された。また原蚕種製造所でその一代雑種の試験を本格的に開始したが、その結果は蚕も強健であるし糸質も良好であったので、当時の場長加賀山辰四郎はこの一代雑種を農家に飼育させることを決定した。これが 1914 年（大正 3 年）であった。1917 年頃から一般の蚕種製造業者も次第に一代雑種を製造する機運となり、大正 14 年には春蚕種で一代雑種の飼育されたものの割合が全国の約 80% に達し、我が国の蚕品種に大転換が起こった。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、ふ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、ふ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。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となり、これに対して 15℃以下で処理すると非休眠卵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ふ化させますが、この間の温度であたためることを催青といいます。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、それからふ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、それからふ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。さらに、大正のはじめ（大正 3 年、1914 年）、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ふ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ふ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ふ化させ、飼育することができるようになった。この蚕卵と化性に関する研究の進歩によって、稲作その他の農作業と勘案して望む時日に確実に容易に掃立てし得るようになったことは夏秋蚕の増大発達に主要な要因となって、収繭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た。

大正中期の短期間に蚕品種は一代交雑種に変化するが、ほぼ同じころに秋蚕は 7 月下旬から 8 月中旬までに飼育する初秋蚕と 9 月中に飼育する晩秋蚕の 2 回に分かれた。このような初秋蚕と晩秋蚕の発達によって、桑園の単収は急増して養蚕が土地集約的な性格を持つようになり、養蚕戸数と繭生産の全国的拡大をみたのである。このような春、初秋、晩秋の 3 蚕期を基本とする養蚕は、ほぼ昭和 40 年代まで続いた。

年間条桑育

昭和 33 年ころから、蚕糸業の不況期を契機として、年間条桑育が注目されるようになり、全国蚕業試験場の協力試験などによって年間条桑育の有用性が確かめられ、新しい技術として全国的に年間条桑育が奨励、導入されるに至り、養蚕技術は年間を通じて条桑で飼育する労働節約方向へ大きく転換した。条桑育の普及にともなって飼育規模が拡大し、飼育場所も居宅内から専用蚕室などに変っていった。その背景には、我が国経済の成長にともなう労働力不足、労働費の高騰があったが、このような変化を可能にしたのは蚕品種の改良による強健性の向上や蚕病防除技術の進歩によるものである。昭和 30 年代後半ころから養蚕の機械化が進展し、多段循環式（昭和 37 年）、水平移動式（昭和 40 年）などの大型飼育装置が開発、実用化され、主として養蚕協業経営や大規模経営に導入された。また、給桑ワゴンや台車式簡易飼育装置などは中小規模の養蚕農家に導入され、飼育作業の能率化に役立ったところが大きかった。



屋外条桑育

条桑育は桑葉育に比べて粗放な飼育形態がとられ、繭質低下の恐れがあることから、製糸業者は不買同盟を結んで圧迫した例もある。しかし、飼育規模の拡大が比較的容易な関東、東山などにおいては春蚕期条桑育などの省力技術の指向を持っていた。昭和 30 年代の中期以降、高度経済成長にともなう農村から都市への労働力の流出や、国内生糸需要が増大するといった社会的な背景のもとで、必要な生糸量を国内で確保するための革新的な養蚕技術の確立が求められるようになった。この時期に急速に普及をみせた条桑育は春蚕期 1 期の条桑育とは異なり、春・夏秋蚕期を含めた年間条桑育で、昭和 35 年度から 3 ヶ年計画で実施された「年間条桑育指導地設置事業」によって体系化されたものである。年間条桑育においては、夏秋蚕期の条桑収穫法と蚕期別の桑園設定が最大の課題であった。最初の桑収穫機は昭和 35 年、自動桑刈機（桑野恒雄）、昭和 30 年ころ以降、年間条桑育の普及にともない、葉は中程度で、比較的枝条が細く、節間が短くて、萎縮病にも中程度の抵抗性を持つ一ノ瀬や萎縮病にはやや弱い、葉は中程度で、比較的枝条が細く、節間が短くて、条桑収穫に適する改良鼠返などの 2 倍性品種が栽培されるようになった。

条桑育

日露戦争中から戦後にかけての労働不足、労賃の高騰の結果、「棚いらず籠いらず蒔いらず網いらず蚕糞抜かず桑扱かず」といわれた粗放な飼育方法が各地で次第に行われるようになった。これは地方によって棚飼い、櫓飼い、安楽育、放任育と称されていたが、1905 年静岡県農事試験場にてこれの試験を行うに当たって、「条桑育」と命名し、以後条桑育と称されるようになっていく。条桑育は、稚蚕期には普通の飼育法によって釧葉を与えるが、壮蚕期になると刈り取った桑を枝のまま蒔の上に 4, 5 寸置きに縦横十文字に積み、これに蚕を放養するのである。給桑は積み上げた桑の枝の上にまた枝のままの桑を積んでいくのであるから、摘葉、釧葉、給葉の手間を省き、除渣もおこなわず、枝のままであるから桑葉の乾燥も遅く給葉量が少なくてすむ等、労力、桑の節約いちじるしい飼育法である。しかしこの飼育法の欠点は棚を作って蚕泊を段々に置く飼育法に比べて広い蚕室を要し、また上簇にあたっても一つ一つ熟蚕を拾うことをせず大体 5 割くらいの熟蚕があらわれたときに一度に上簇せしめるので、繭が大小不齊の多い欠点があり、東京蚕業講習所製糸部において試験の結果は良好でなく、「殊に解舒の如きは不良なり」と判断された。しかしその後条桑育に改良が加えられ、第一次大戦中から戦後にかけての労働不足、労賃の高騰により繭の品質を二の次にして量を多く得ることを目標としてますます普及するに至った。

以上のような科学的な養蚕技術は明治末期から大正の初めにかけてその基礎ができたのであるが、これらの技術進歩の成果は養蚕の中農的な性格の故に、比較的速やかに吸収され経営のうえに反映されている。特に夏秋蚕の発展は蚕糸業における先進国フランス、イタリアに見ることのできないもので、わが国の蚕糸業がこれら先進国を追い越して飛躍した原動力はここにあったのである。



家蚕の飼育を行うビニールハウス

5 令期は条桑育でハウス内全体が飼育場になる。

沖縄県浦添市シルバー養蚕事業所

上簇

簇器

明治・大正時代は折藁簇（島田簇）、大正～昭和 20 年代は改良藁簇、昭和 30 年代以降は回転簇が普及した。今日の回転簇や自然上簇の構想は大正末期から昭和初期に芽生えており、板紙簇の発明（齋藤直恵）。区画簇利用による自然上簇（河野幹雄）、回転簇、平行簇を利用した飼育上簇兼用器（石塚富太郎）、三山簇（井出善雄）、区画簇を利用した「玉繭を作らせる簇」（長瀬光発）がある。

昭和 30 年代、条払法または自然上簇法の普及この時代に回転簇の普及もいっそう前進した。

昭和 38 年の回転簇の使用率 70%に達した。これは年間条桑育の浸透によって、上簇棚を必要としない回転簇が歓迎されることである。

省力上簇法

昭和 30 年代における年間条桑育の普及にともない、省力的な自然上簇法があらためて焦点となって研究が進められ、条払いなどの省力上簇法が導入され、上簇作業の能率は一挙に約 3 倍に向上した。昭和 37 年に条払い台および動力条払い機が考案され、上簇作業をいっそう省力化された。昭和 40 年には自然上簇用の簇器が開発され、また自然上簇の効果を高めるための薬剤として、昆虫脱皮ホルモン（20-ヒドロキシエクダイソン）による熟化促進およびドデシルアルコールによる登簇促進が有効であることも確かめられ、昭和 45 年から実用化された。昭和 58 年ころには区画簇の普及率は 95%以上に達した。昭和 40 年において全国の 62%の農家は 1 頭拾いを主体とした上簇法であった。この時期の省力的上簇法は条払い法が大部分で自然上簇法はわずか 3%にすぎなかった。農村労働力の著しい減少という社会的背

景の下にあって、短期間に多くの労力を要する上簇作業は規模拡大を阻害するものとしてその省力化は大きな課題とされた。そして自然上簇法こそが規模拡大に対応できる最も省力的な方法と考えられ、行政、研究、普及の各部門をあげてその推進が行われた。以上の事情を反映して、自然上簇法を中心とした試験研究が昭和 30 年代に引き続き行われた。除沙の方法としては条払いが省力的であるという結果から、条払い法と自然上簇法（条払い自然上簇法）が合理的方法として提案された。

昭和 30 年ころから作業に便利で繭質にも良い区画簇が普及。収繭作業も藁簇時代にはもっぱら手作業であったが、回転簇の普及にともなって手押し脱繭機から足踏み収繭機、さらに昭和 48 年には電動式自動収繭機に変わり、自動収繭毛羽取機（昭和 54 年）へと変化してきている。

中里延

昭和 20 年代、第二次世界大戦の終戦を迎え、輸出生糸の生産が再開され、ヨーロッパ各国の要請に沿って、育種目標も生糸品質の向上に向けられるとともに、生産性の高いものへと転換し、戦時中の特殊用途品種の陰に隠れていた品質優良な品種が表舞台に登場した。『輸出再開に対応し育成され、高品質多糸量系の基礎を築いた戦後復興期の蚕品種』

代表的なものには「太平×長安」、「日 122 号×支 122 号」（繭質、糸質ともすぐれ、画期的な品種として注目を浴び、現代品種の基となった画期的な一代交雑種蚕品種である。最高普及率が 29%に達した（昭和 27 年）。「日 122 号」は前述の「日 9 号」が育種素材として使われている。夏秋用として「日 122 号×支 115 号」「日 124 号×支 124 号」「日 122 号・日 124 号×支 115 号・支 124 号」が選出され、蚕糸試験場育成品種の普及率は 40%に達し隆盛期を迎えた。これらは蚕糸試験場の中里延らにより育成されたものである。中里はそれらの他に、ラウジネスフリーの品種や黄繭品種など、特徴ある蚕品種を次々と選出したが、育成の初期世代には強度の個体選抜を避けるため、数蛾区の個体を混合飼育して、6～7 世代経過してから、1 蛾区別に飼育して育成を進める方法が主体で、F1 世代から強度の個体選抜を行った秦の方法とは大きな違いがあった。

外山亀太郎 1867-1918

明治 29 年から 3 年間福島蚕業学校の初代校長を務めた後、東京農科大学で教育や遺伝の研究に従事。タイ国養蚕技術指導に参画。明治 44 年に国立原蚕種製造所が創設とともに、技師として招かれて併任となり、蚕糸技術史上で最大の業績とされる「一代交雑種の有利性」を提唱、その普及、実用化に貢献した。大正 4 年（1915）、蚕の一代交雑種の実用化の端緒をひらいた功績と蚕の遺伝学に関する研究の業績により、帝国学士院賞を医学の野口英世とともに贈られた。



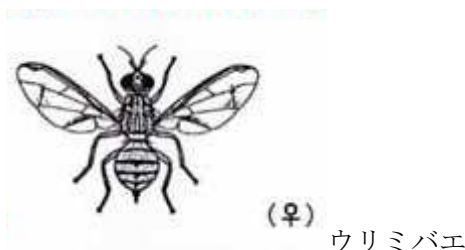
この胸像は初代校長を務めた福島蚕業学校の後身である福島市の福島明成高校に建立されている。

- 様々な形質（カイコの体の模様、繭の色など）を見きわめ、その遺伝様式がメンデルの法則に従うことを示した。植物については実証されつつあったメンデルの法則再発見（明治 33 年、1900 年）からまもなく、その法則が動物（カイコ）にもこれがあてはまることを世界に先がけて明らかにした。
- 明治 39 年（1906）、すぐれた形質をもつ品種の親と、それとは異なる品種のすぐれた形質をもつ親を掛け合わせて作られた一代限りの交雑雑種はすぐれた形質が最も強く現れる、いわゆる雑種強勢現象（ヘテローシス）を発見し、一代交雑種の有利性を訴えた。
- 明治 44 年に設立された原蚕種製造所において事業開始とともに始まった雑種試験により、その有利性が立証され、大正 3 年(1914)、同所の加賀山所長は国策として一代交雑種を採用することを発表。ただちに一代交雑種用の蚕の原種を各府県の原蚕種製造所に無償配布して、普及をはかった。
- 同じ一代交雑種を作るためには、同じ原種を 2 種類用いないと蚕種の製造ができないので、蚕品種保存の重要性にもなった。
- 普及推進の結果、春蚕ではわずか 10 年の間（大正 7 年、1918）に、夏秋蚕では昭和初め（1927）に、一代交雑種の普及率がほぼ 100%に達した。この結果、繭の生産量は一挙に 2 倍以上に増加し、養蚕業に大きな利益をもたらした。以降、わが国の実用蚕品種はすべて一代雑種が用いられており、品種の変遷に対して大きな影響を及ぼしている。
- 江戸時代においても異なる種類のカイコの交配は行われていたが、掛け合わせをする蚕の原種がまちまちだったり、掛け合わせカイコをまた掛け合わせたりしたため、飼育が難しくなったり、繭質が一定にならないなどの問題があった。
- 動植物のなかで一代雑種の利用は、わが国のカイコが世界に先駆けた技術であると同時に、普及の迅速さと蚕糸業の発展に対する貢献は、世界の農業技術発達史のなかで画期的なもの。

530 億匹の闘い ウリミバエ根絶の歴史

- 沖縄県では早くも夏の観光シーズン。若者らが訪れ、マンゴーやニガウリを何気なく、本土に持ち帰る。こうできるようになったのは最近のこと。野菜や果実の大敵ウリミバエが 1993 年に根絶されたから。
- 同害虫は、19 年に八重山群島に侵入後、72 年に本島で見つかり、75 年にはトカラ列島中之島まで北上。本土に侵入すれば園芸農業は壊滅する危機にあった。

- それを 20 年もの歳月をかけて、根絶した。不妊虫を放ち、野生虫の子孫を絶やす壮大、そう絶な闘いだった。
- 放射線照射「不妊虫の放飼法」によるミバエ類根絶は世界で初めての成功例であった。
- この経緯は元農水省蚕糸・昆虫農業技術研究所長、小山重郎氏の「530 億匹の闘い」（築地書館）に詳しい。



- 害虫をあまり弱らせることなく不妊化する方法として、害虫（ウリミバエ）の蛹にコバルト 60 による放射線を照射すると不妊化することがつきとめられました。
- 不妊虫を野外の虫を上回る数だけ空中散布して放す。
- 自然に放たれた不妊虫は野生のウリミバエと交尾し、孵ることのない卵がウリ類に産みつけられる。

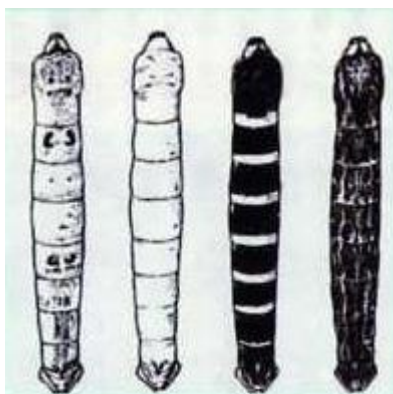
日本農業新聞「四季」欄（2000 年 4 月 19 日）

築地書館ホームページ [築地書館](http://www.afftis.or.jp/ayumi/index.html)

<http://www.afftis.or.jp/ayumi/index.html>

限性品種

- 蚕の雌雄は、雌性を決定する W 染色体の有無によって決まります。この W 染色体に優性遺伝子の座位を含む染色体を転座させた系統は、雌は常にその遺伝子による形質を発現し、雄には現れません。このように、一方の性に限って特定の形質が発現する品種を「限性品種」といい、幼虫斑紋によって雌雄が判別できる品種を「斑紋限性品種」と呼びます。
- 蚕に X 線や γ 線をあてて、雌だけにある W 染色体上に雌雄識別できる標識遺伝子を転座させた変異蚕が作り出されました。田島弥太郎（昭和 16 年、1941）は、雌性を決定する W 染色体に斑紋遺伝子を転座させ、斑紋の有無により雌雄が簡単に識別できる W 転座系統を開発しました。
- 田島の W 転座系統に改良が加えている過程で、転座染色体の突然変異による限性黒色蚕が出現し、その後代から「形蚕」に近い斑紋の系統が分離しました。その後、幼虫斑紋について「形蚕^{かたこ}」「姫蚕」「虎蚕」「黒色蚕」「褐円斑紋」など多数の突然変異が発見されています。



蚕の代表的な幼虫斑紋

(左から) 形蚕、姫蚕、黒縞くろしま、暗色

田島弥太郎著「生物改造」、裳華房より

- ・ 現在、幼虫斑紋 (♀は斑紋のある形蚕、♂は斑紋のない姫蚕) や卵色 (♀は黒卵、♂は白卵)、および繭色 (♀は黄繭、♂は白繭) などの可視形質が雌雄で異なる限性品種が作出されています。
- ・ このうち、限性黄繭品種は昭和 44 年(1969)に作出されました。蛹の時期にγ線を照射して、人為突然変異を起こさせたものです。蚕の黄血遺伝子(Y)を W 染色体に転座させたもので、♀は黄血、♂は白血となる。黄血遺伝子(Y)は繭色遺伝子(C)と共存によって、♀は黄繭、♂は白繭となるから、繭色によって雌雄鑑別が容易にできるものである。この方法は蛹の生殖腺による蛹体鑑別に比べ 10 倍、幼虫による生殖腺法にくらべて 4.5 倍能率が上がり、かつ誤りも少ない。
- ・ 形蚕斑紋系統と黄繭では、転座染色体の影響と考えられるような生理的障害は少なく、前者はすでに実用品種として利用されており、後者についても繭の色に特徴ある「黄白」が指定品種されています。
- ・ 人為突然変異が容易に誘発することができて品種育成に利用できる道が広げられたことは育種に無限の可能性を与えてくれました。蚕の遺伝学の蓄積と染色体工学ともいわれる遺伝子操作の先駆的技術の成果であります。
- ・ 染色体転座とは、染色体の一部がちぎれて、または全部が、他の染色体に結合した状態です。X 線を受けると染色体は所々で切断されるが、切断端はまたつながる性質をもっている。切断端の再結合の際、もとの染色体の他の部分につながるもののほか、中には他の染色体に付着するものもある。
- ・ 斑紋限生蚕品種としては、真野保久氏育成の「日 131 号×中 131 号」(昭和 42 年指定)以来、「芙蓉×東海」「朝日×東海」(昭和 51 年指定)、「日 201 号×中 202 号」(愛称;新山彦、平成 6 年夏秋用、平成 7 年春用として指定,)、「日 202 号×中 203 号」(愛称;梓、平成 7 年指定)など、多くの実用的な品種が育成されている。



支那種(支115号) 5 齡盛食期 ♀

5 齡盛食期 ♀



日本種(日115号) 5 齡盛食期 ♀

5 齡盛食期 ♂

突然変異の種類

田島弥太郎著「生物改造」、裳華房

学士院賞を受賞した人

- ・ 外山亀太郎博士

- ・ 田島弥太郎博士
- ・ 橋本春雄博士 昭和8年、カイコの雌雄を決める染色体Z W 型の中で、W 染色体をもつカイコが雌になることを明らかにした。
- ・ 吉川秀男博士 日本における遺伝生化学の開拓者で、カイコの眼色および卵色を決める化学的因子の存在を明らかにし、その後におけるカイコの遺伝生化学発展の端緒をつくった。
- ・ 鈴木昭憲、石崎宏矩 1990年、蚕蛾から抽出した前胸線刺激ホルモン（脳ホルモン）の化学構造を解明と活性本体の機作について明らかにした。
- ・ 土居養二、石家達爾、興良 清、明日山秀文 1967年、長年にわたって接木およびヒシモンヨコバのウイルス病伝染とされていた桑の萎縮病にマイコプラズマ様微生物を発見した。

カイコ幼虫のからだ

■カイコ幼虫のからだ

カイコは繭を得る目的で飼うだけあって、他の昆虫に比べても劣らないほど、カイコの幼虫の体の構造は詳しく調べられています。

体表面を覆う外皮（クチクラ）は、タンパク質とキチンからできている。そのため、傷つきにくく、また体の形を保ち、外骨格を形成するのに都合がよい。脱皮が近づき古い外皮を脱ぐ前に、毎回、それまでのものよりも一回り大きい外皮を内側に新生している。これによって体を肥大させることができるのである。カイコが食べるのは桑の葉ですが、カイコをただ誘引するだけの植物なら、桑よりも茶、ダイズ、夏みかん、サクラ、イチジクなどに引き寄せられることが実験的に証明されています。このようにカイコは桑以外の匂いにも誘引されるので、「カイコは自分を誘引する匂いも持つものを食べる」という結論は下せないことになります。言い換えれば、「桑の匂いがカイコを誘引するから、それでカイコは桑を食べる」という言い方は正確ではないわけです。

- ・ カイコが全く食べない植物の葉の匂いでもカイコに対して強い誘引力を持っていることから、誘引されることと、摂食を始めることとは、異なった情報によって処理されていると考えられます。
- ・ カイコの摂食行動では味覚が重要な役割をもっていることが明らかにされました。桑の葉に含まれる摂食促進物質としては、イソケルシトリン（フラボン化合物）、クロロゲン酸（フェノール酸）、n-キサコサノール・n-オクタコサノール（長鎖アルコール）が知られています。これらの物質は、桑の葉にだけ含まれているものではなく、多くの植物に含まれています。桑科植物にのみに含まれる摂食促進物質は、まだ発見されていません。
- ・ 桑以外にカイコが食べる植物としては、柘^{しや}、カカツガユ、コウゾ、オオイタビ、イチジクなどがありますが、同じカイコでも飼うカイコの品種で大きな違いがあります。いずれにせよ、桑以外の植物で飼育しても、カイコも繭も小さく実用的ではありません。
- ・ 蚕糸試験場生理部では、カイコにとって必要な栄養素の種類は一体何であるのかを明らかにする試験をずっと行ってきました。これはカイコの健康と食物との関係を明らかにすることにもなります。必要な栄養素の種類を明らかにすることを「栄養要求を解明する」といいます。この目的のために最も有効であったものは、ほかならぬ人工飼料でありました。人工飼料ではその組成内容を人為的にコン

トロールすることができます。必要に応じて、特定栄養素をその飼料から除いたり、または加えることができます。また、加える量を増減することもできます。このようにしてカイコの必要とする栄養素の種類がほとんど明らかにされたのであります。

- 桑葉を構成する主成分は水分の外に、蛋白質、炭水化物、脂質、ビタミンおよび無機物であって、これら諸物質がカイコの栄養に必要なことは、栄養学的結果から明らかとなっています。桑葉の成分のうちで他の植物葉の成分と異なる特徴は、蛋白質含量が非常に高い点であって、カイコは桑葉の蛋白質をきわめて能率よく消化し、カイコ自身の体を作ると同時に、絹蛋白質合成の素材として利用しています。（桑の葉の乾物中には粗蛋白質が 23～30%あります）
- カイコにとり必要な栄養素は、人間などと同様に、大別すると 5 グループになります。なお、下図のようにカイコの人工飼料には、5 つの必須栄養素のほかに摂食刺激物質、さらには防腐剤などが加えられています。
- カイコの体内には、桑から摂取した多量の蛋白質（アミノ酸）が貯まります。アミノ酸過剰蓄積症という生理的障害を救うため、絹蛋白質の合成を行うカイコ体内の幼虫器官である絹糸腺が、排泄と同じ役割を果たしているに違いないという考えが赤尾博士によって提唱され、現在では一般に容認されています。カイコが繭をつくるのは、アミノ酸過剰蓄積症からの脱却であるという生理的な仕組みの存在が示唆されたわけでありす。

蚕糸研究の貢献

- 近代化への貢献 ： 大正末期から昭和初期にかけて、輸出総額に占める農産物の比重は漸減傾向にあったが、生糸輸出だけはますます増大の一途を辿る。1921 年には、生糸・絹織物の輸出金額はわが国輸出総額の中で 49%にも達し、1930 年～1934 年までの平均で見てもその輸出金額は総輸出金額の 24.1%を占めていた。養蚕業は我が国の経済発展のために必要な資材の見返り物資として、外貨獲得に大きな役割を果たした。
- 動物遺伝学や生理学の進展に貢献 ： 昆虫（カイコ）の変態、休眠、ホルモン、化性制御、一代交雑種、転座（突然変異）、雌雄識別法、塩酸人工孵化法、在来種および輸入種の系統分離やそれらの交雑固定、染色体の倍数体誘発、食性、人工飼料、蚕病防除、年間条桑育などなど、動物遺伝学や生理学、生命科学、技術開発の進展に大きく貢献した。
- フェロモンの化学的研究の幕開けに貢献 ： 昆虫種内のコミュニケーションにはたらく物質を、単離・同定した人物は、ヒトの性ホルモンの研究でも知られるドイツの有機科学者 A.F.J. ブーテナントです。ブーテナントは第二次大戦中に、研究材料として日本から旧西ドイツのマックスプランク研究所の同博士のもとに輸出された 500, 000 匹のカイコ蛾から 6.4mg のカイコの性フェロモンを単離同定しました。この生理活性物質は初期研究から 20 年の歳月をかけて、1959 年に化学構造が解明されたということです。16 個の直鎖状の炭素鎖を持つ不飽和アルコールで、カイコの学名 *Bombyx mori* にちなんで bombykol（ボンビコール）命名されました。のちに化学的に合成され、自然物と同じくオスを興奮させる効果が確かめられ、カールゾーンによって「pheromone、フェロモン」と名付けら

れました。フェロモンの名前の由来はギリシャ語の pherein (運ぶ) と hormon (興奮させる) という意味から pheromone とされているそうです。

- 昆虫ホルモンの研究に貢献 : ブーテナントらは、またカイコの前胸腺で生産される前胸腺ホルモン(脱皮ホルモン)を結晶として取り出し、「エクジソン」(脱皮ホルモン)と命名しました(1954年)。この昆虫ホルモンの化学研究に用いられたカイコの雄蛹もまた日本から輸出された材料だったそうです。→ ブーテナントは弱冠 36 歳で 1939 年ノーベル化学賞者に決定したが、第二次大戦中、ナチス政権下の圧迫で辞退。終戦(敗戦)後になった 1949 年受賞。
- 昆虫の研究 : カイコは飼育が容易で、しかも繁殖力が旺盛で多数の個体を得ることができ、また世代交代が早く、形質が多様で、研究対象としては最適な素材です。昆虫は人工的には合成困難な有用物質の生産など様々な特殊機能を有しています。自然の厳しい環境に適応しながら、生命の維持を図っています。昆虫の適応能力のメカニズムを解明し利用する研究のなかで、今後とも未知の機能性物質や成分が発見されると期待されています。
- モルフォ蝶の羽の色の見える仕組みである「構造色」: 世界で一番美しいといわれるモルフォ蝶の羽はメタリックブルーに輝き、本当にきれい! 実は、モルフォ蝶の羽には青い色はついていない。光の回折により、ある波長の光だけを強く反射して、きれいな青に見える。羽の銀粉の横断面を電子顕微鏡で見ると、同じ間隔でギザギザが並んでいて、このギザギザで光が反射するとある色だけが強まる。モルフォ蝶の発色法を使った繊維も開発されている。

<http://www.jst.go.jp/kisoken/seika/zensen/08matsui/index.html>

<http://www.keddy.ne.jp/%7Escitech/color/menu/StructuralColor/Molfo.htm>

桑葉の成分

- 桑葉を構成する主成分は水分の外に、タンパク質、炭水化物、脂質、ビタミンおよび無機物であって、これら諸物質が蚕の栄養に必要なことは、栄養学的研究結果から明らかである。桑葉の成分のうちで他の植物葉の成分と異なる特徴は、タンパク質含量が非常に高い点であって、蚕は桑葉のタンパク質をきわめて能率よく消化し、蚕自身の体タンパク質を作ると同時に、絹糸腺における絹糸タンパク質の素材として利用している。すなわち、蚕は摂取したタンパク質の約 64% を消化吸収し、吸収したタンパク質の約 50% を絹タンパク質の合成に利用しているのである。吐糸後、蛹体中に残ったタンパク質の約 1/2 は、さらに蚕卵の形成に利用されているのであるから、いかに蚕が桑葉中のタンパク質を効率よく消化利用しているかがわかるであろう。
- タンパク質にくらべて炭水化物の場合では、利用の様相が著しく異なっている。桑葉の炭水化物の約 40% が消化利用されるが、その約 80% は蚕の運動などのエネルギー源として消費されるとともに、脂肪酸や非アミノ酸の生合成に利用される。
- 脂質については、桑葉脂質の約 60% が消化吸収されるのであるが、桑葉由来の脂質量の約 70% (雄では 100% 以上) が体内で合成される。豊富に貯えられた脂質はやがて蛹期後期および成虫期のエネルギー源として消費されるとともに、蚕卵へも相当量が移行する。蛾の体内に留存している脂質量は雄のほうが雌より著しく多いから、この高い含量の脂質が雄蛾の活発な運動量の支えになっている。

- ・ 桑の葉の乾物中には、粗タンパク質が 23～30%あります。
- ・ 国立健康・栄養研究所食品機能研究部から、「桑の葉とその成分について」の解説論文集が国立健康・栄養研究所ホームページ ↓ に掲載されています。

http://www.nih.go.jp/eiken/chosa/hirahara_kuwanoha.html

蚕の必須栄養素

- ・ 一般に栄養研究には、まず化学的に規定された物質からなる合成飼料を完成し、これを基本飼料として、その飼料から栄養価を検定したい物質のみを除いた飼料（単一欠如飼料）で動物を飼育して、当該物質の栄養価を検定する方法が確立されている。蚕の場合も合成飼料の完成が栄養研究を進める前提であった。
- ・ 一方、蚕の摂食に関する感覚器は、触覚が桑の香りを感知し、小顎^{さい}という突起が味を識別することが明らかになされた。そして噛み付き因子の誘導体であるモリンが摂食促進に有効で、桑葉粉末の代わりにモリンを加えると、蚕が飼料を少し食べるようになり、念願の合成飼料の開発研究を一歩進めることができるようになった。
- ・ 種々の試行錯誤の末、栄養研究のために満足できる合成飼料が開発され、蚕の成長に必要な栄養物質の種類や最小必要量が求められた。その結果は、10 種類のアミノ酸、9 種類のビタミン、少なくとも 4 種類の無機物、そしてステロールが蚕の成長と生存にとって必須栄養素であることがわかり、最小必要量も決定された。また、5 齢の蚕を供試して単位重量当たり、1 日間の栄養素の摂取量も決定した。
- ・ 昭和 45 年（1970 年）ころには、人工飼料育による蚕の成長は際立ってよくなり、立派な繭をつくるようになった。
- ・ しかし、残された問題点としては、人工飼料が腐敗しやすく、そのため飼料を食べた蚕が下痢症状を起こして死亡蚕が多発するが多かった。その原因は飼料に乳酸菌の一種が増殖し、それが蚕の腸内で異常増殖するためだということが明らかにされ、スクリーニングによって有効な抗生物質と防黴剤を選定し、それらを飼料に添加することによって問題が解決された。
- ・ カイコの摂食誘起物質の組成（浜村保次、1935 年）

シトラール	1m リットル (10mg/100m リットル、エーテル)
β シトステロール	5 mg
モリンまたはイソクエルシトリン	3 mg
セルローズ	700 mg
第 2 リン酸カリウム	10 mg
しょ糖	30 mg
イノシトール	5 mg
シリカゾル	40 mg
2%寒天液	3 mg

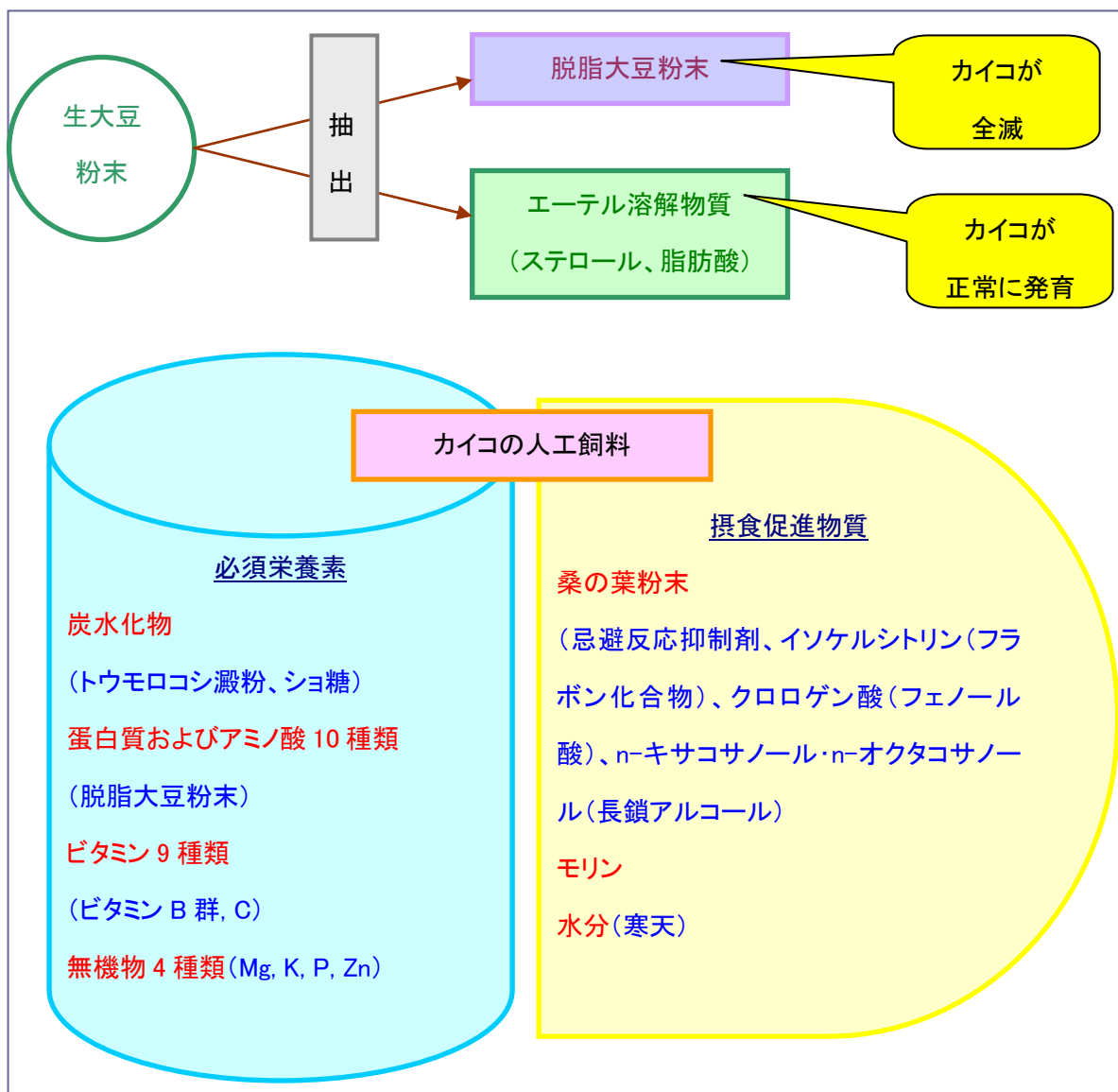
- 炭水化物は主にエネルギー源として体内で消費される重要な栄養素であり、一般にはそのままの形で蚕体内にとどまることはほとんどなく、呼吸のために使われたり、一部は脂肪に変化する。なお炭水化物は一旦分解された後に再びグリコーゲンとして体内に貯蔵される。蚕にとり栄養価のとくに高いものは、ブドウ糖、果糖、蔗糖であるが、中程度の栄養価を示すものは多い。なお、全く栄養価のない糖もある。なお、蚕として最も適当な炭水化物が1種類だけ飼料に添加してあれば栄養的には十分であり、何種類も炭水化物を同時に飼料中に加えておく必要はない。
- タンパク質は体質を構成する基本物質の一つであり、かつ他の物質と結合して（例えば酵素）、体内の物質代謝を調整する機能を有している。蚕は桑葉中に含まれるタンパク質を消化利用し、蚕体組織の成長をはかるとともに、絹タンパク質の生合成を行っており、とくにタンパク質の利用ということは基礎研究のみならず実用の面でも重要視されている。蚕も他の動物と同じくタンパク質を必要とする理由は、タンパク質を構成するアミノ酸そのものを必要としているのである。タンパク質の種類により構成アミノ酸の内容が異なっている。蚕が桑葉タンパク質を利用して成長していることから考えれば、桑葉タンパク質は栄養価の高いものと考えられる。市販品として、あるいは比較的容易に入手できるタンパク質の中では、大豆タンパク質、たんぱく質、牛乳タンパク質などは蚕により栄養価が高い。一方、小麦タンパク質、とうもろこしタンパク質ゼインなどは栄養価がきわめて低い。人間にとり必須アミノ酸があると同じく、蚕にとっても必須アミノ酸があることが明らかにされた。それはアルギニン、ヒスチジン、イソロイシン、ロイシン、リジン、メチオニン、フェニルアラニン、スレオニン、トリプトファン、バリンの10種類のほかに、プロリン、アスパラギン酸またはグルタミン酸の合計12種類である。この最初の10種類は他の昆虫においても必須であると認められているものと全く同じである。必須アミノ酸とは、この中でどの1種類が欠けても蚕は全く成長も生存もできないもののことである。プロリンが欠けたときには、この10種類のアミノ酸に比べれば影響の程度が軽いが、欠けると成長が著しく遅れるので、むしろプロリンは準必須と考えたほうが良い。アスパラギン酸またはグルタミン酸はアミノ酸の供与体としての意義が大きく、この2種類のいずれかを人工飼料に加えておかないと蚕は成長することができない。なお、必須アミノ酸の量的バランスは非常に重要であって、比較的バランスの良い大豆蛋白質、牛乳カゼインや卵白アルブミンの栄養価は高い。また必須アミノ酸、酸性アミノ酸および非必須アミノ酸の3者の量的バランスも成長や繭生産に重大な影響がある。このようにアミノ酸の栄養は蚕の成長に不可欠な内容のものであるとともに、直接間接に繭の生産とも深く関連を有しており、とくに蚕という昆虫での栄養的意義は大きい。
- 脂質とは主に脂肪酸またはその誘導体を構成成分としているもので、エーテル、クロロフォルムなどには溶けるが、水には溶けず、一般にタンパク質や炭水化物と並んで生体の重要な成分をなしている。蚕にとり最も不可欠な脂質はステロールである（蚕はステロールを必須栄養素として要求する）。ステロールには多くの種類があり、桑葉中にも含まれているが、従来その生理的意義は不明であった。ステロールが欠けると、蚕の成長が全くみられないという事実は、人工飼料を用いた試験によりはじめて明らかにされた。ステロールが蚕に必要であることは、昆虫全般を通じてみられるステロール要

求性の事実と一致しており、高等動物ではステロールを体内で生合成するが、昆虫ではその能力がないことと一致している。 β -シトステロール、スチグマステロール、カンペステロール、コレステロールなどはいずれも有効であり、また、大豆油や菜種油から分離した未精製のステロール（混合物）も有効であった。ステロールは一部蚕体内でホルモン活性物質に変えられてもおり、また生体内の物質の透過などとも関連があると考えられている。

- ・ 蚕にとり必要なビタミンは、いずれも人間などにとっても必要なビタミンと同じ種類である。すなわち、ビタミン B₁（チアミン）、ビタミン B₂（リボフラビン）、ビタミン B₆（ピリドキシン）、ニコチン酸、パントテン酸、コリン、イノシット、ビタミン C（アスコルビン酸）、チアミン、ピオチン、葉酸などの水溶性ビタミンが必要であり、このいずれが欠けても蚕は成育できない。この中で、コリンとイノシットが著しく多く必須とし、乾物飼料 g 当たり 1mg 以上必要であり、ビタミン C（アスコルビン酸）は 20mg 程度あるのが望ましく、ビタミン C は栄養上重要な役割をもっている。そのたのビタミンは微量あればよい。なお、桑葉中にはこれらのビタミンが比較的十分に含まれている。
- ・ 一般に酸素、水素、窒素以外の元素を無機物と呼んでおり、無機物は桑葉中にも、また蚕体中にもかなりの量が含まれている。人工飼料の調整に際し、無機物をまったく添加しなければ蚕は全く成長することができず、これに無機塩混合物（ウェッソン）、桑葉灰化物などを添加すると成長が正常になり、無機物の必要性が証明された。一般に言って、無機物の栄養試験は容易ではなく、とくに微量元素の効果を確認するには試験の方法に困難さがある。その後、個々の無機成分につき、検討が加えられ、現在までのところ、無機物として重要なものはカリウム、リン、カルシウム、マグネシウム、鉄であるが、亜鉛も成長を促進する。
- ・ 以上は蚕の栄養要求の大要であり、人工飼料を用いてはじめて明らかにされた結論である。これらの栄養要求量は他の昆虫や脊椎動物とも共通する点が多く、また桑葉中の各種栄養物質の含量とよく一致している。

蚕の人工飼料の組成

- ・ 蚕の人工飼料の組成は蚕の食性と同時に栄養要求性を満たすものであることが必要であることはもちろんであるが、蚕の成長過程に応じて内容を変える必要もある。稚蚕期の飼料は水分量を増す必要があり、5 齢期には蛋白質を増し、水分量を減らす方が成長はよい。
- ・ 飼料の水分量を高め、飼料のゲル状の物理性を保つには、飼料に寒天を添加するとよいのであるが、寒天は高価であり生産量も限られているという欠点もある。また人工飼料は腐敗しやすいので、飼料の pH をかなり酸性（pH4.5～5.0）にした方がよいが、酸性条件下では飼料のゲル化を妨げるので、以上の諸要因の組み合わせによって飼料組成が定められる。
- ・ さらに飼料中の蛋白質として通常脱脂大豆粉末が添加されているが、魚粉や石油酵母などを蛋白源として利用が可能である。
- ・ 下図に典型的な飼料の組成を示した。この飼料には約 22%の桑葉粉末が添加されており、さきの 7 県で行った共通試験に用いたものである。
- ・ カイコの人工飼料「必須栄養素と摂食促進物質



資料作成の目的

見学者への案内資料として作成したものです。参考文献、ホームページリンクは明記させていただきました。

何卒ご了解を賜りますようお願い申し上げます。

ご意見などはメールでお願いします。 katohiro@affrc.go.jp 加藤 弘(元農業生物資源研究所)