

蚕の遺伝子工学の幕開け —田島弥太郎先生—

東京農工大学農学部蚕学研究室

准教授 横山 岳

蚕の雌雄鑑別

筆者は「蚕学研究室」にいるため、時々「蚕の話」を頼まれる。先日、ある市民講座を受け持ったところ、受講者の老婦人から「昔、私は蚕の雌雄を分けていました」と声をかけられた。そして図1のような修了証書を見せていただいた。「修了証書 何某 第七回蚕児雌雄鑑別法講習ヲ修了セシコトヲ証ス 昭和三十年五月十九日 神奈川県蚕種共同組合理事長 瀬戸徳孝」

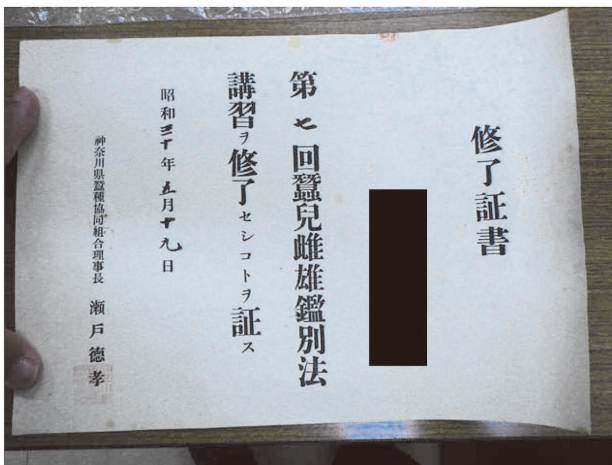


図1：蚕児雌雄鑑別法講習の修了証書

かつて蚕の雌雄鑑別士がいたことは蚕種屋さんから聞いたことはあったが、実際に雌雄鑑別を行っていた人にお会いしたのは今回初めてであった。いろいろ尋ねてみたいことがあった。「幼虫の雌雄鑑別はワリの良い仕事だったのか?」「大変だったか?」「どんな人達が雌雄鑑別士になっていたのか?」「いつまで続いたのか?」等々。老婦人曰く、残念ながら、「半世紀以上の前のことなので幼虫の尾部腹側の所で雌雄を分けていたことしか覚えていない」とのこと。ただ、修了証書を大切に保管されておられたので悪い思い出ではなかったことは確かだろう。蛹期ではなく、幼虫期で雌雄鑑別していたのは一寸意外であった。幼虫の尾部腹側の点での雌雄鑑別は脱皮して1、2日しか見えず、また一頭ずつ尾部を見て分けなくてはならない。図2を見ていただければ分かるように慣れていないと大変見難い。

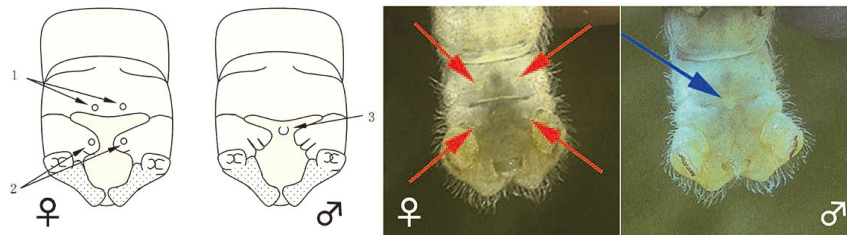


図2：幼虫の雌雄鑑別 模式図(左図)は、(一財)大日本蚕糸会蚕業技術研究所HP(鶴井祐治作画)より。5齢起蚕から2日目まで♀では石渡氏腺(1, 2)、♂ではヘラルド氏腺(3)が判別できる。鱗翅目の幼虫は共通してこの腺で雌雄を分けることができる。

それに対して蛹の雌雄鑑別では蛹期を通して見分けることができる（図3）。蛾になる前に雌雄を分ければ良いのだから蛹期の方が楽で、効率的だろう。

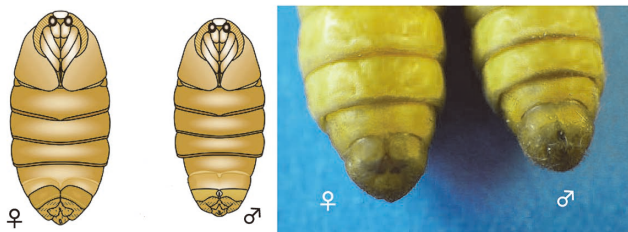


図3：蛹の雌雄鑑別 左♀、右♂。
 模式図（左図）は、（一財）大日本蚕糸会
 蚕業技術研究所HP（鶴井祐治作画）より。

蛹では化蛹後から羽化直前まで判別できる。蛹期間は25℃で約10日間あるので、その間に繭を切り、中から蛹を取り出して雌雄を分けることができる。幼虫での雌雄鑑別よりは楽ではあるが、やはり繭を一個一個切開し、中の蛹を取り出して、尾部を見なければならぬので面倒は面倒である。時々「繭から蛹を出しても大丈夫？」「死なないの？」と尋ねられることがある。虫によっては繭から出すと上手く羽化できないことがあるが、蚕は問題なく羽化できる。ただし蛾は排尿する。繭があると繭が尿を吸い取ってくれる。繭から出して蛹がむき出しの状態だと、先に羽化した蛾がした尿が蛹にかかることがある。大量の尿をかけられた蛹は羽化しにくくなる。筆者は千切った新聞紙を入れておく。新聞紙は尿を吸い取ってくれるので残った蛹に影響がなくなる。

蚕は世界で初めての^{ざっしゅきょうせい}雑種強勢利用

さて、では何故蚕の雌雄を分ける必要があったのか。それは大正期から始まった^{こうざっしゅ}交雑種の利用のためである。1906（明治39）年^{とやまかめたろう}に外山亀太郎先生が交雑種の利用を提唱された。蚕では2つの品種（系統）間の交雑で、雑種強勢が強く現れる。交雑種は親系統より大きくなるだけでなく、遺伝的組成も各個体同一となることから幼虫経過、繭の大きさもよく揃う。このため、交雑種の飼育が進められ、1930（昭和5）年には農家で飼育されている蚕はほぼ100%交雑種となった。現在ではトウモロコシ、ナス、カボチャなど多くの農作物が交雑種であるが、その一番に実用化したのが蚕である（シルクレポート No.45,p17-22）。

A系統とB系統の交雑種の卵を作るためには、当たり前だがA系統のメス（♀）蛾とB系統のオス（♂）蛾が、またはその逆のA系統の♂蛾とB系統の♀蛾が必要になる（図4）。

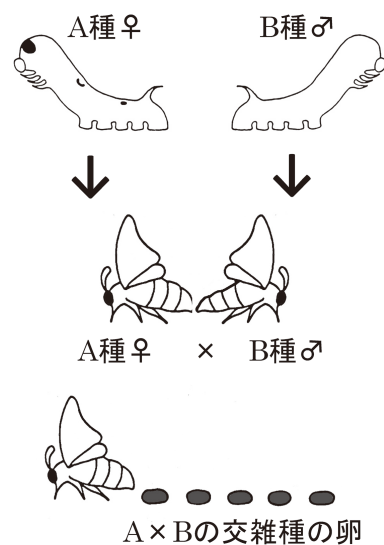


図4：交雑種の作り方（1）
 A系統の♀蛾とB系統の♂蛾を交尾させ、
 産卵させると交雑種の卵が産卵される。

これまた当たり前の話だが、A系統にもB系統にも雌雄がある。カイコの♂蛾は近くに♀蛾が居るとその♀の性フェロモンに反応してすぐ交尾行動をとり、すぐ近くの♀蛾と交尾する（図5）。つまり、成虫になる前に雌雄を分けておかないとAとBを交雑する前に、A系統ではA×A、B系統ではB×Bで交尾してしまう。Aの♀蛾とBの♂蛾を交尾させようと思っても未交尾の♀蛾と交尾済の♂蛾は区別ができない。既にA同士で交尾してしまった場合、交雑種の卵が得られない（図6）。放っておいては交雑種ができない。成虫になる前に、雌雄を分けておく必要がある。



図5 雌雄鑑別せずに発蛾させた場合
その場で雌雄が交尾する。

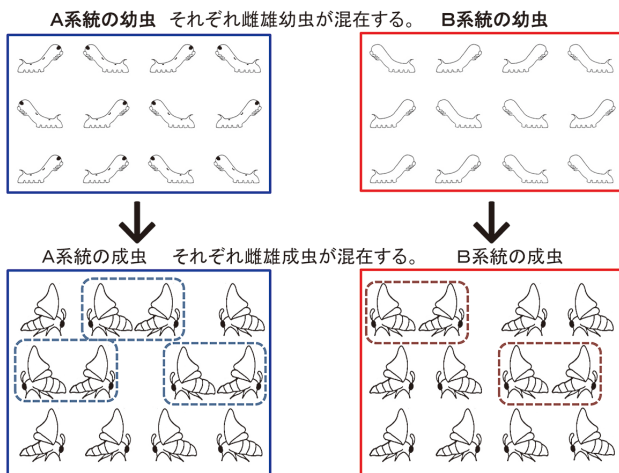


図6：雌雄鑑別しない場合
左向きが♀、右向きが♂

雌雄を蛾になる前に分けておけば、A系統の♀蛾とB系統の♂蛾を、B系統の♀蛾とA系統の♂蛾を交尾させることができる。そして、それぞれの♀蛾の産卵した卵はA×B、B×Aの交雑種である（図7）。

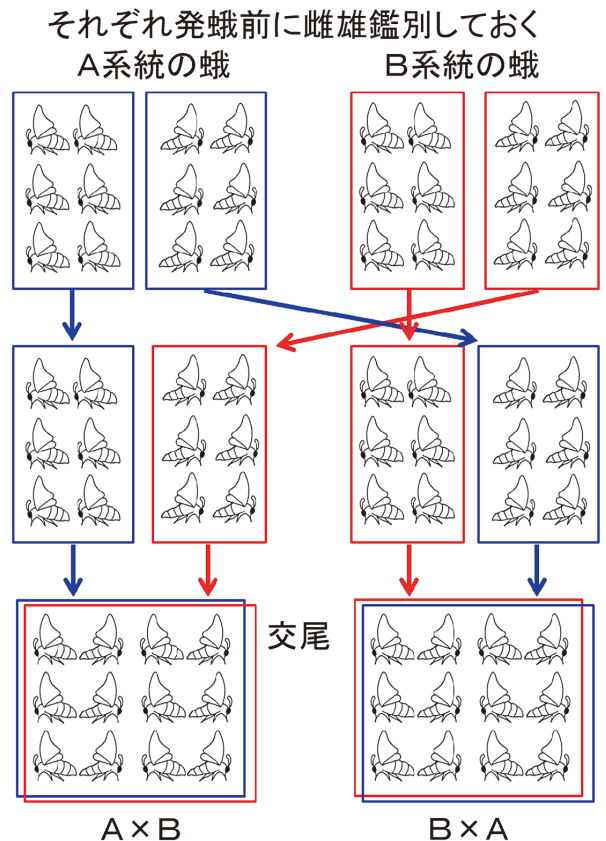


図7：交雑種の作り方（2）
左向きが♀、右向きが♂

昨年（2015年）、全国の蚕種屋では9,663箱飼育されていた。「箱」は蚕の単位で、1箱は蚕卵が2万粒の筈だが、地方によって粒数が異なっている。昭和の終わりくらいから、どこでもだいたい2万粒以上になり、その後年々増え、現在では3万粒近くになっているらしい。一応、単位なので1箱は2万粒として、9,663箱×2万

粒 = 19,626 万粒。昨年、日本では約 2 億頭の蚕が飼育されていた（日本の人口より多い！）。これらの卵を産んだ雌親は、1 蛾が 500 粒の卵を産んだとすると、9,663 箱 × 2 万粒 ÷ 500 粒 = 約 39 万頭いたことになる。蚕の雌雄は 1 : 1 なので、雄親も 39 万頭。日本の蚕種屋さんでは 78 万頭以上の雌雄を鑑別したことになる。最も繭生産量が多かった 1930（昭和 5）年は現在の約 3 千倍もの繭生産（40 万 t）をしていた。当時、孵化させるのに使った卵の重さを調べてみると 173,691,197g（大日本帝国統計年鑑）。なんと蚕の卵だけで 173 t である！ 5g で 1 万粒相当なので、その卵数は $173,691,197g \div 5g \times 10,000 \text{粒} = 3,473 \text{億} 8,239 \text{万} 4,000 \text{粒}$ （農家で 3 千 5 百億頭も飼育されていた！）。それを産んだ雌蛾の数は約 7 億。雄蛾同数で、雌雄鑑別された数は 14 億個体！ 孵化させなかった売れ残りの卵があるわけだから、数としてはこれ以上である。これを 1 年で雌雄鑑別して採卵していたらしい。いやはや、まさに気が遠くなる蚕が雌雄鑑別されてきたのである（計算していて桁がもう良くわからない）。

ちなみに先の老婦人が雌雄鑑別の講習を修了した頃（1955（昭和 30）年）、採卵された卵は 4,685 千箱分。1 箱を 2 万粒として 937 億粒、これを産んだ雌蛾が約 1 億 8,740 万蛾、雄蛾が同数なので雌雄鑑別した蚕の頭数は 3 億 7,480 万蛾。確かに鑑別士が必要であったのもうなずける。このように蚕は交雑種を利用するのに伴って大

量に雌雄を分けることが必要になった。

斑紋などによる簡単な雌雄の鑑別

現在では斑紋などで簡単に雌雄を鑑別できる蚕が田島弥太郎先生（図 8）によって育成されている。



図 8：田島弥太郎先生
（1913（大正 2）年 - 2009（平成 11）年）
（一財）大日本蚕糸会蚕業技術研究所提供

図 8 は国立遺伝研究所所長を退官され、大日本蚕糸会蚕業技術研究所時代の写真らしい。お歳は分からないが還暦を過ぎているだろう。田島先生は晩年まで矍鑠とされており、日本蚕糸学会の学術講演会では最前列にどっしりと座られ、バシバシと鋭い質問をされていた。若輩の筆者は怖くて怖くて仕方が無かった。

田島弥太郎先生は東京高等蚕糸学校（現東京農工大学）の学生時代（1933（昭和 8）年）、小暮楨太先生に師事され、卒業論文

として「カイコにおけるX線誘発突然変異の研究」を行った。黒縞蚕くろしま（図9）にX線を照射したところ、次代で黒縞ではない斑紋の蚕（図10）が出現した。黒い蚕から灰色の蚕が出現したのでびっくりされた筈である。黒縞の遺伝子に突然変異が起こり、体色が灰色になったわけである。1927（昭和2）年、アメリカのマーラー博士がX放射線によって人為的に突然変異が起ることをショウジョウバエで発見したばかりの時期である。マーラー博士はこの業績でノーベル賞を受賞している。田島先生はわずか20歳で、遺伝の最先端の現象をつかまれた。図11は当時の田島先生である。



図9：黒縞蚕



図10：セーブル蚕（灰色の模様）と姫蚕（斑紋が無い）

田島先生は突然変異によって生じた灰色の蚕に、模様が動物の「貂てんの模様」に似ていることから「貂」の英語名「Sable（セーブル）」と名付けられた。筆者は学生に「セーブルとは貂のことだよ」と教えるのだが、教える方も教わる方も貂は馴染みがないのでどうもピンとこない。灰色の方が分かり易かったのではと思う。当時「貂」は一般に良く知られた動物だったのであろうか？

田島先生はこのセーブル蚕の出現が斑紋の遺伝子の突然変異によるものであることに気が付き、九州大学に進学する際この蚕を持参し、蚕室こうだいが使えるまで下宿で飼育を続けたそうである。九州大学でも、更に就職後もこのセーブル蚕の研究を継続された。田島先生はこのセーブル蚕の後代において雌雄で斑紋の異なる系統を得ている。それが♀がセーブル蚕、♂が普通の蚕の系統である。幼虫の体色を見ただけで簡単に雌雄鑑別かたごができる系統ができたわけである。さらに♀が形蚕かたご（斑紋がある）、♂が姫蚕ひめこ（斑紋が無い）の系統が育成された（図12）。この系統は図2や図3のような雌雄鑑別を



図11：若き日の田島弥太郎先生
東京高等蚕糸学校の卒業アルバム（1934（昭和9））より

せずに、幼虫を見ただけで、雌雄鑑別できるわけである。この系統を基に1967（昭和42）年、日131号×中131号が実用化されている。セーブル蚕については田島先生の著書「生物改造-私のシルクロード-/裳華房（1991）」に詳しく書かれており、興味のある方は是非一読されたし。このように放射線照射によって雌雄で見た目が異なる蚕を作れることが田島先生により明らかにされたので、現在では斑紋だけでなく、卵色や繭色で雌雄が異なる系統が作成されている（図13、14）。研究室の学生には簡単に雌雄鑑別ができるので大好評である。

■横山 岳（よこやま・たけし）の紹介
 東京農工大学農学部
 生物生産学科蚕学研究室
 〒183-8509：東京都府中市幸町3-5-8
 TEL：042-367-5681
 FAX：042-367-5786
 E-mail：ty.kaiko@cc.tuat.ac.jp
 HP：http://www.tuat.ac.jp/~kaiko



図12：限性形蚕系統 げんせい ♀：形蚕（斑紋有り）、
 ♂：姫蚕（斑紋無し）



図13：限性黒卵系統 黒い卵が♀、白い卵が♂
 孵化する前に卵の色で雌雄が分かる。



図14：限性黄繭系統 黄繭が♀、白繭が♂
 収繭時に雌雄鑑別できる。