

蚕の遺伝

—外山亀太郎先生—

東京農工大学農学部蚕学研究室

准教授 横山 岳

蚕の絵本

最近、アマゾンで気軽に外国の本が手に入るようになった。“silkworm”で検索すると「蚕」に関する本の一覧が出てきて便利である。子供向けの蚕の絵本を数冊手に入れてみたところ、蚕の幼虫は縞のある蚕（虎蚕）であったり、繭は黄色だったりする（図1）。現在、日本の養蚕農家で飼育されている蚕は胸部に目の模様、腹部に半月紋と星状紋のある形蚕（標準型の斑紋を持つ蚕）か、斑紋の無い姫蚕なので、「一般的な蚕」として虎蚕の画像が出されると少々違和感がある。しかし、東南アジアではこの縞々の蚕が普通に飼育されている。また、繭の色も黄色が多いので一般的な蚕として虎



図1 蚕の絵本などの洋書

蚕や黄繭でもおかしくはない。おかしくは無いと頭では分かっていても違和感が拭えない。

外山亀太郎先生の実験

化学繊維が普及されるまでは世界中で蚕糸業が行われており、それぞれの地域で特色のある蚕品種が長い年月をかけて育成してきた。大きく分類すると日本の「日本種」、中国の「中国種」、インド・東南アジアの「熱帯種」、ヨーロッパの「欧洲種」があり、その中でさらに様々な蚕品種があった。日本では明治時代に蚕糸業が盛んになると、それまで飼育していた日本種の蚕品種より良い品種を求めて世界中から蚕品種が集められた。日本種よりも中国種、欧洲種の方が大きな繭を作るので、明治時代には異国の蚕品種が違和感無く養蚕農家で飼育されたようである。それらの蚕品種は国立研究開発法人農業生物資源研究所で現在も維持されているが、その地域では絶えてしまったものも多い。

どの地域の蚕品種ももともとは中国種が各地域に渡ったものであり、どれも「蚕」である。大きさ、模様、色などが違ってい

りんしもく
ても鱗翅目の同じ種 (*Bombyx mori*) である。同じ種ということは異なった地域蚕品種間で交配でき、子孫も残せる。中国の蚕と日本の蚕も交雑できるし、ヨーロッパの蚕とインドの蚕も交雑できる。

明治後期に外山亀太郎先生（図2）は欧洲の**黄繭**の品種と日本の**白繭**の品種を交雑したところ、子供はすべて**黄繭**になり（図3）、さらにその子供同士を交雑したところ孫には**黄繭**と**白繭**が89個と29個、約3:1の割合で出現したことを1900（明治33）年に見出している（図4、5）。その後、9世代まで、膨大な数の繭色を調査されている。



図2 外山亀太郎先生肖像画
(東京大学農学部昆虫遺伝研究室所蔵)



図3 黄繭(左上)と白繭(右上)を交雑した子世代の繭(下)
注：子世代はすべて**黄繭**となる。



図4 黄繭と白繭を交雑した孫世代の繭
注：孫世代の繭は黄繭：白繭 = 3:1

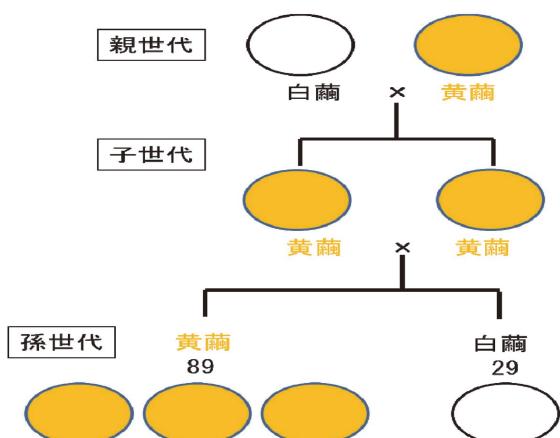


図5 黄繭と白繭の子と孫の繭色
注：数値は外山先生の実験結果

優性遺伝と劣性遺伝

黄繭と白繭の子世代がすべて黄繭になつたことは黄繭の遺伝子は白繭の遺伝子に対して優性である。高校時代に習つたやり方で記述すると、黄繭品種の繭色の遺伝子が優性で A A、白繭品種の繭色の遺伝子が劣性で a a、子世代は両親の遺伝子を一つずつ受け継いで A a となる。子世代のオスは A の遺伝子を持つ精子と a の遺伝子を持つ精子を 1 : 1 の割合で作る。子世代のメスも同じように A の遺伝子を持つ卵子と a の遺伝子を持つ卵子を 1 : 1 の割合で作る。そうすると孫世代の遺伝子型は A A : A a : a a = 1 : 2 : 1 の割合となり、A A と A a は黄繭、a a は白繭となるので黄繭と白繭が 3 : 1 の割合で生じることになる。

また、縞模様の虎蚕と斑紋の無い姫蚕を交雑すると子世代は皆、虎蚕になり、その孫世代は繭色と同じように虎蚕と姫蚕が 3 : 1 の割合で出現することを見出した(図6)。



図6 虎蚕と姫蚕を交雑した孫世代の幼虫
注：孫世代の幼虫は虎蚕：姫蚕 = 3 : 1

2形質の遺伝様式

さらに斑紋と繭色(血色)を組み合わせて調査したところ、虎蚕・黄繭 : 虎蚕・白繭 : 姫蚕・黄繭 : 姫蚕・白繭がそれぞれ 3038 頭 : 1078 頭 : 1003 頭 : 347 頭 出現した。虎蚕 4116 (=3038+1078) 頭と姫蚕 1350 (1003+347) 頭が 3 : 1 、黄繭 4041 (=3038+1003) 頭と白繭 1425 (=1078+347) 頭が 3 : 1 であり、両方を組み合わせると 9 : 3 : 3 : 1 の割合で出現した。斑紋と繭色の遺伝子はお互いに関わりなく孫に伝わったわけである(図7)。

動物におけるメンデルの法則の発見

これは大変な発見であり、外山先生は動物で初めてメンデルの法則が成り立つことを見出した。遺伝子が親から子へ、子から孫に受け継がれていくことを動物で初めて明らかにしたのである。高校時代に生物で習うメンデルの法則はオーストリアのグレゴール・ヨハン・メンデルがエンドウ豆を用いて発見した法則である。メンデルは 1865 年に論文を出したが、当時は注目されることは無かった。メンデルの死後、1900(明治 33) 年に植物で再発見され、再発見に関わった 3 人の研究者はその業績でノーベル賞を受賞している。

丁度、外山先生が蚕の繭色の実験を開始したのも再発見と同じ 1900(明治 33) 年で、1906(明治 39) 年東京帝國大學農科大學學術報告に "Studies on the hybridology of insects I. On some silk-worm crosses, with special reference to

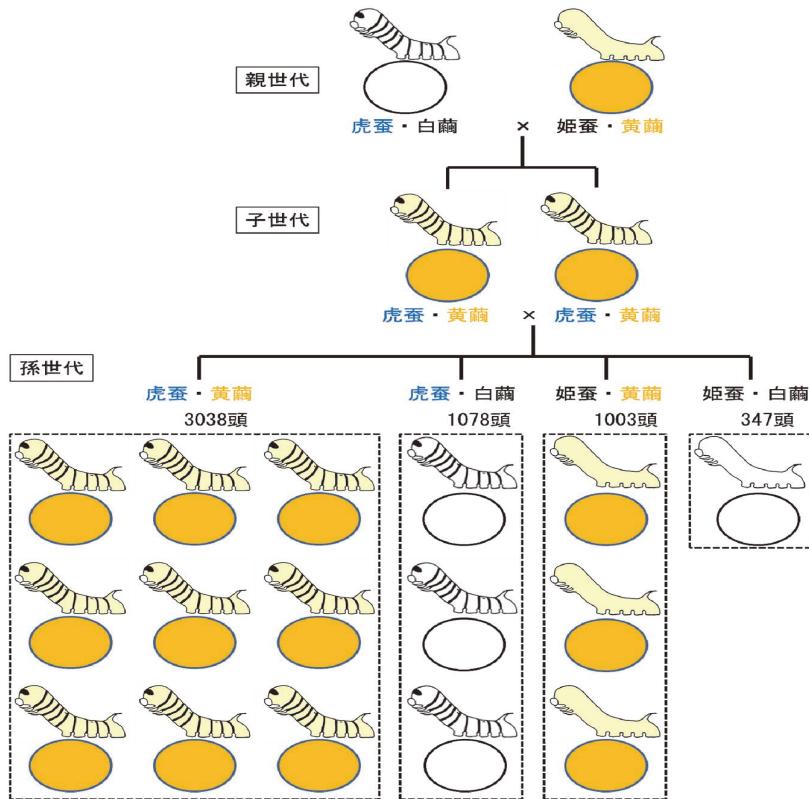


図7 虎蚕・白繭と姫蚕・黄繭の子と孫の斑紋と繭色
注: 数値は外山先生の実験結果

Mendel's law of heredity" という 124 頁もの論文で報告している。英語の論文なので日本語の題をつけるとしたら、「昆虫の雑種の研究 I . 数種のカイコの交雑を用いたメンデルの遺伝の法則に関して」だろうか。

大発見の論文を提出するまでに 1902(明治 35) 年から 1905(明治 38) 年にかけてシャム(現在のタイ)に養蚕の指導に招聘されている。筆者は何故大発見の実験の最中に異国へ行かれたのか疑問だった。

しかし、考えてみれば当時はまだ蚕の卵を自由に孵化させる方法が確立されておらず、日本で日本の蚕や欧州の蚕を使って研究していると、蚕は卵で休眠してしまい 1 年間で 1、2 世代しか実験ができなかった筈で、遺伝の実験をするにはやり難かったと思われる。その点シャムの蚕は、冬が無

いので卵で休眠することなく(多化性) 1 年中飼育が可能であり、1 年間で 5、6 世代は継代でき、遺伝の実験をやるには最適だったのであろう。外山先生はシャムへ招聘された時に「シメタ!」と思ったのではないだろうか。論文ではシャムの蚕を使って実験が進められている。斑紋や繭色の遺伝は綺麗にメンデルの法則に当てはまったが、卵が休眠する蚕、休眠しない蚕についてはメンデルの法則に当てはまらず一寸困ったようだ(卵の休眠については遺伝的要因だけでなく環境要因が関わることは 1933(昭和 8) 年に明らかになった)。

また、日本の蚕とシャムの蚕の交雑種の繭の大きさについても調査し、親よりも雑種の子の繭が大きいことを報告している。遺伝の実験を進める上で色々な交雑種を作

成して、どれも子世代が飼い易く大きくなることを実感されたはずである。これが養蚕業の一代交雑種の利用の提唱に繋がっていったのであろう。

再現実験と福島県立蚕業学校

筆者は外山先生にあやかるべく大学の実験実習でこれと同じ実験をしてみた。繭色の実験では孫世代で **黄血(黄繭)** と **白血(白繭)** が 573 頭 : 216 頭で 3 : 1、繭色と斑紋の実験では孫世代で **虎蚕・黄繭** : **虎蚕・白繭** : **姫蚕・黄繭** : **姫蚕・白繭** が 790 頭 : 289 頭 : 232 頭 : 93 頭で 9 : 3 : 3 : 1 と外山先生と同じ結果を得た。外山先生と同じ実験を行うことができ、学生以上に喜んでしまった。

外山先生はこれらの遺伝の実験を本格的にする前、福島県立蚕業学校の初代校長をされていた。なんでも実験に夢中になっており、大変実験設備が整った学校だったらしい。学校は現在、福島県立福島明成高等学校となっており、校内に外山先生の銅像が建っているというでお会いしに出来てみた。学校は南福島駅から徒歩 10 分弱。校門のすぐ近く、綺麗に手入れされた芝生の中に銅像が建っていた。並んで写真を撮っていると女子高生から「本人ですか?」と声をかけられた(図 8)。最近の若い娘は無邪気におじさんに声をかけるものだ。さて、筆者と外山先生の銅像、似ているといえれば似ているかも。外見が似ているのも嬉しいが、外山先生の業績に少しでも近づけるようにならないと、反省。外

山先生は 51 歳で亡くなられているので、筆者はいつの間にか外山先生より歳上になっていた。

植物でメンデルの法則を再発見したことでノーベル賞を受賞できるのだから、外山先生が動物で初めて遺伝学の基礎となるメンデルの法則が成り立つことを発見したことはノーベル賞の受賞に値する業績である。外山先生が早逝されていなければ、日本人初のノーベル賞者となっていたかもしれない。ちなみにこの頃、ノーベル賞の受賞候補者となっていたという野口英雄も 51 歳で亡くなっている。残念ながらノーベル賞は死者には授与されない。



図 8 外山先生の銅像と筆者

記事に誤りがありました。訂正(削除)するとともにお詫びいたします。

① p.46 の右欄の下から 10 行目

誤:メンデルの死後、1900(明治 33)年に植物で再発見され発見に関わった3人の研究者はその業績でノーベル賞を受賞している。

正:メンデルの死後、1900(明治 33)年に植物で再発見された。

② p.48 の右欄の上から 4 行目

誤:植物でメンデルの法則を再発見したことでノーベル賞を受賞できるのだから、外山先生が動物で初めて遺伝学の基礎となるメンデルの法則が成り立つことを発見したことはノーベル賞の受賞に値する業績である。

正:外山先生が動物で初めて遺伝学の基礎となるメンデルの法則が成り立つことを発見したことはノーベル賞の受賞に値する業績である。