

クローンと蚕

— 動物の発生工学 —

東京農工大学農学部蚕学研究室

准教授 横山 岳

春は桜

春先は日本中で薄いピンクの桜の花が満開になる。「春は桜だねえ」と妻に言うと「西行法師、如月ね」と答えてくれた。

ねがはくは 花のもとにて 春死なむ
その如月の 望月のころ

桜の満開の頃、人生を全うしたいという西行法師の有名な歌とのこと、筆者は無粋なため頭の片隅にもなかった。如月というと2月で、花（桜）というと変な感じだが、旧暦の如月（2月）は新暦の2月末～4月上旬にあたる。筆者の務める東京農工大学（東京都府中市）でも3月下旬～4月上



図1：桜と農工大の学生
(未成年の飲酒は禁止されている)

旬に桜が満開になる。卒業式の頃に咲き始めて、入学式の頃に散っている。あまり知られていないが府中市は数キロに亘る桜並木、多磨霊園などは大変綺麗である（図1）。

栄養生殖

日本中を薄ピンクにする桜は江戸時代に育種された“染井吉野”である。残念ながら誰がどのように育種したかはっきりしていないが、今私達が愛でているソメイヨシノは園芸家が育てた1本のソメイヨシノを挿し木で増やしたものである。挿し木で増やしているソメイヨシノはすべて同じである。すべて同じ性質を持っているので、同じ時期に一斉に咲くし、同じ時期に一斉に散ることになる。何故同じ性質を持つかということ、すべて同じ細胞が分裂して増えているからである。こういう増え方を“栄養生殖”という。球根や挿し木で増えていくジャガイモなどの芋類やイチゴなどがこのように増えている。花が受粉して実ができて、種で増えていくものは親がいるわけで、有性生殖という。それに対して挿し木や球根のように体が分かれて増えていくものは親らしい親がないので無性生殖という。体が分かれて増えていくので親も子も

同じ遺伝子を持っており、このようなものは“クローン”と呼ばれる。もともと“クローン (clone)”という単語はギリシャ語の Klon (小枝) が由来で、挿し木などによって作られた同じ遺伝子を持つ生物個体群を指している。“クローン”と言うと何だかSFじみたことを想像するが、実は身近にクローンがいっぱい育っているのである。世界で愛でられているソメイヨシノや普通に食べられているジャガイモはクローンなのである。

動物のクローン

植物は挿し木や球根で増えていくものが多数あるが、動物ではどうかというと、分裂して増えていく動物はあまり多くない。植物は1個の細胞を培養して、きちんとした個体を作ることができるが、今のところ動物は細胞を培養しても個体を作るのは不可能である。しかし、これまた身近に動物のクローンはいる。双子の兄弟はクローンである。ただし、一卵性の双子に限る。1つの受精卵が発生の早い時期に2つに分かれるとそれぞれは同じ細胞が分かれたものなので、全く同じ遺伝子を持ったクローンとなる。ちなみにアルマジロは必ず1卵性の子供たち(4つ児)を産むそうだ。同時期に生まれた兄弟みなクローンになるのだが、何故そのように進化してきたか不明である。人間の双子だと遺伝子が同じクローンではあるが、当然それぞれ別の人格を持っており、同じ人生を歩むわけではない。しかし同じ遺伝子を持っているので生物学

的な性質は非常に似ることになる。筆者の研究室に数年前在籍したS田君は双子で、もう一人は北海道大学の農学部にいた。双子兄弟揃って同じ農学部を志向したが、同じ大学を選んだわけではなかった。どこまで生物が遺伝的に決まって、どこからが環境で決まっていくのかは興味が尽きないところである。「ヒットラーのクローンが作られれば、また独裁者になるのでは？」とよく問われるし、昔から皆興味があるようだ。“ブラジルから来た少年”という小説(1978(昭和53)年映画化)はナチスの残党がヒットラーのクローンを作る内容であった。しかし、ヒットラーのクローン君が居ても社会情勢が違っているので総統や独裁者になるのはまず無理だろう。

クローン作出方法

人為的に動物でクローンを作ることが現在できるようになっている。方法が2つある。一つが、早い時期の受精卵を分割する方法で、これは双子を人為的に作る方法で、受精卵がなければできない。そして1つの受精卵で一回きりの方法である。

もう一つが、細胞の核(遺伝子が詰まったところ)を卵子に入れてやる方法である。この方法では個体には多くの細胞があるので、卵子に入れるだけでクローンができ、卵子の数だけクローン個体を作ることができる。この技術を利用すれば非常に多くの乳を出す乳牛や絶滅危惧種などの細胞から同じ個体を作ることができる。しかし、昔から試みられてきたが、個体の細胞はそれ

どれ何かの眼や皮膚や消化器などに分化しているのだからただ卵子に入れても難しい。皮膚の細胞は皮膚の細胞にはなるが、眼にはならないし、胃にはならない。クローン個体を作るには“何にでもなれる細胞”でないと不可能である。2012（平成24）年にノーベル賞を受賞した山中伸弥博士が作りだしたiPS細胞はこの何にでもなれる細胞のことであり、応用が非常に期待されている。この時一緒に受賞されたのがジョン・ガードン博士で、この方は蛙の細胞から核を取って、それを卵子に移植してクローン蛙を作った。これは蛙の細胞の中の遺伝子は受精卵の時と同じで、すべて揃っていることを示していた。このことが、後のiPS細胞の開発に繋がっていき、山中博士と一緒にノーベル賞を受賞されることとなった。ガードン博士は1962（昭和37）年に体細胞からクローン動物を作り出しているが、それから長い間クローン動物の作出は困難を極めていた。

体細胞由来のクローン

ジュラシック・パークは恐竜の遺伝子をワニの卵子に移植して恐竜を現在に再生する小説（1990（平成2））で、1993（平成5）年にスティーヴン・スピルバーグ監督により映画化されて大ヒットした。これは恐竜のクローンを作る話で夢のそのまた夢の話であった。しかし、1997（平成9）年に羊の体細胞と卵子からクローンが作られ、クローン羊のドリーが生まれた。当時の新聞の一面を飾ったので覚えている人も多いだ

ろう。その後、体細胞から続々とクローン動物ができるようになってきた。現在では牛、豚、犬、猫などの哺乳類で体細胞由来のクローンが作ることができるようになっている。では、人間は？とえば、倫理的に研究が行われていないことと、猿などの霊長目では何故か体細胞由来のクローンが作り難いとのこと。

哺乳類でクローンが出来るようになったので、猫のクローンを作る会社が2004（平成16）年アメリカで設立された（ジェネティック・セービングス・アンド・クローン社）。亡くなった猫のペットのクローンを5万ドルで作りますと始めた。死んですぐの猫の細胞から核を取り出して、卵子に入れる。それを他の猫の子宮に移植してクローン猫を産んでもらうという方法である。この会社は2年で2匹しか売れずに倒産したとのこと。クローン猫を作ったが、死んだ猫と模様の柄が違くとクレームがあり、うまくいかなかった。猫の模様の柄は胚の時にアトランダムに決まっていく。例えば三毛猫の黒、茶、白になるかは胚の時にそれぞれの細胞で何色になるか勝手に決まっていくので同じ遺伝子を持っていても同じ模様にならない。その後、韓国で犬のクローン販売が行われた。これも1匹、15万ドル（約1,600万円）で産まれた。この研究を進めていた研究者が研究の捏造等^{ねつぞう}で失職しているのでこの後にクローン犬の販売は行われていないようである。

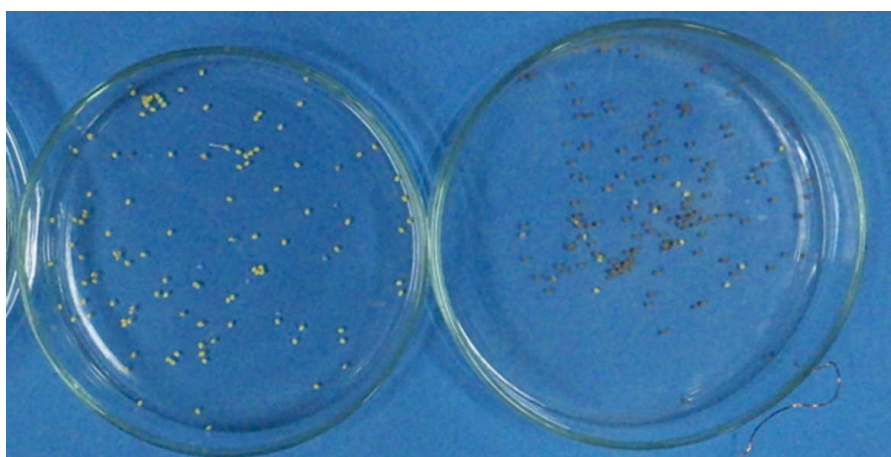


図2：蚕の未受精卵と単為発生した卵
左のシャーレ；未受精卵（薄黄色） 右のシャーレ；単為発生した卵（黒い色）
未受精卵に温湯処理すると単為発生して黒い卵になる。発生していないと薄黄色のまま。

カイコのクローン

哺乳類のクローン作製は数百万～数千万円で作成が可能である。では、昆虫はクローンを作れるか？蚕はクローンを作れるか？と言えば、蚕は簡単にクローン蚕を作ることができる。なんと1940（昭和15）年代から作成が可能となっている。ソ連（現ロシア）のアスタロフ博士がクローン蚕を作る方法を開発している。蚕の卵子（未受精卵）の中には雌親の核が1つ入っている。未受精卵をお湯に漬けると（46℃、18分）、雌親の核がそのまま発生する。このように精子が入っていない未受精卵が発生するのを単為発生という。雌親の核がそのまま単為発生すると、その子は雌親と同じ遺伝子を持っているのでクローン蚕となる。

筆者の恩師の須貝悦治教授も単為発生の誘発について研究され、アスタロフ博士の方法を改良して、安定した誘発方法を開発された。現在、お湯と恒温器さえあれば簡単にクローン蚕が作れるのである。私の研

究室でも学部の学生が簡単にクローン蚕を誘発している。全部の蚕系統でクローン蚕を作れるわけではないが、交雑種なら簡単にクローン蚕を作ることができる。私の研究室のHPに須貝先生の方法を載せてあるので興味のある方はご参考に。

<http://web.tuat.ac.jp/~kaiko/03/parth.html>

図2は蚕の未受精卵（図2の黒色）である。9割位の卵が単為発生している。これが孵化してくると雌親と同じ遺伝子を持ったクローン蚕のできあがり。哺乳類なら数百万円、新聞一面にデカデカと載るのに…。

昆虫のクローン

アスタロフ博士や須貝先生の方法では雌のクローンしかできない。この雌のクローンを飼って、その蛾の未受精卵からまた単為発生させれば、代々クローン蚕で継代していくことも可能である。（国研）農研機構 農業環境変動研究センターの廣川昌彦

博士は須貝先生の教え子であり、クローン蚕の誘発の第一人者である。かれこれ30年以上、1985（昭和60）年から代々クローン蚕を40世代以上継代している。私の後輩であるが、その熱意には頭が下がるばかりである。

クローン蚕の継代は人の手を借りて代々雌のみで行われる。自然界では爬虫類、魚類等々多くの動物で雌しかいない種が多々ある。例えば、銀ブナは関西では雌雄いるが、関東では雌しか居ないそうである。

昆虫ではすべての目^{もく}で単為発生が起こり、数万種が単為発生を行っている^と推測されている。あまりに多くて何種類いるのか数えられない。稲の害虫であるイネミズゾウムシは1976（昭和51）年にアメリカから日本（愛知県）に侵入してきた。アメリカには雌雄いるらしいが、日本には雌のみが侵入してきて、これが単為発生して日本全土に広まっていった。そのため日本には雌しか居ない。田植えをするとイネミズゾウムシはすぐ飛来してくる。そして苗を食べ、卵を産む（図3）。幼虫は根を食べるため稲の成長に大きな被害がある。現在、

イネミズゾウムシは日本だけでなく、朝鮮半島、中国、台湾と東アジア全域に雌だけで生息域を広げている。

作物の大害虫であるアブラムシは単為発生で大量に増えていく（冬前には雄が現れて交尾する）。ナナフシは動かないので雄雌の出会いが無く交尾する機会がないためか、雌しか居らず、単為発生で増えている。島や高地など生息地が限られた所に住むナナフシは雌雄が会う機会があるため雌雄がいる。このように雌だけしか居なくても、その未受精卵が単為発生して次代雌が生まれてくる。このような種では雄が居なくても不都合がない。雄は必要なのか？男は必要なのか？考えると複雑な気分になる。

■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

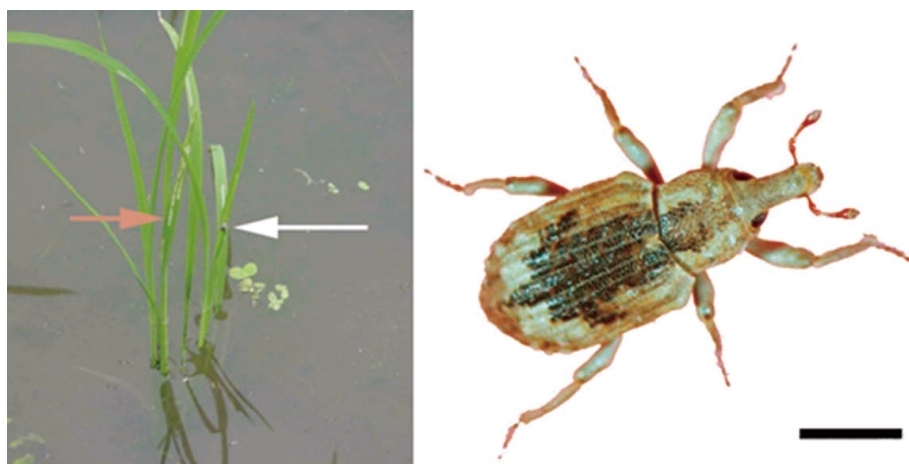


図3：田植えしたばかりの苗に飛来したイネミズゾウムシ（白矢印）、食痕（オレンジ矢印）、黒棒：1mm

No.52号 2017.1月号の記事の訂正

『シルクレポートNo.52 (2017.1)』の「シルク豆辞典 蚕の語源について」の記事に誤りがありました。訂正するとともにお詫びいたします。

①P15 「図2：姫蚕：斑紋が無い蚕」→天地逆転

<誤>



<正>



②P18 「図3：白きょう病に罹り孢子に覆われた蚕」→図の差し替え

<誤>



<正>



(なお、上記の訂正につきましては、2017.1月号に別紙を差し込みしております。)