

講義録

生物学から見るメスとオス

遠藤 知二

Biological View of Female-male Phenomenon

ENDO Tomoji

○司会 皆様、お集まりいただき、どうもありがとうございます。

女性学インスティテュート提供の連続セミナーのきょうは第3回目で、ほかの回では文系の先生方が講演されるわけですが、私も第1回目にやった者ですが、きょうは、理系の立場から女性学と男性学をお話いただくということで、人間科学部環境・バイオサイエンス学科の遠藤知二先生にお話いただきます。

講演のタイトルは「生物学から見るメスとオス」です。

これの最後には質疑応答の時間を少し設けますので、質問などをお考えになりながらお聞きいただければと思います。

それでは、よろしく願います。

○遠藤 どうもご紹介ありがとうございます。

ただ今、紹介していただいた、環境・バイオサイエンス学科の遠藤と申します。

きょうは「生物学から見るメスとオス」というタイトルで、生物学の立場から性の現象はどんな形で現れるかということをお話したいと思います。「女性学と男性学」というシリーズの中では、私の話はかなり浮いているかもしれませんが、ご容赦ください。

最初にお見せするタイトルページの絵は、何かと言うと、私も実物を見たことがないのですが、ヒルガタワムシという生物です（図1）。ほとんどの方は多分名前も聞いたことがないかと思います。ワムシの仲間は、一応多細胞生物ですが、その中でもいちばん小さい方になります。いろいろな種類がありますが、実は進化上の一大スキャンダルだと言われている生き物です¹。何がスキャンダルなのかというと、ヒルガタワムシはおそらく8,000万年ぐらい前からずっと性がなく、つまり無性生殖だけをくり返して、いろいろな種に進化してきたと言われています。このことが、ヒルガタワムシを生物学者には困った存在にしています。どういうことかと言うと、無性生殖をしている生物は他にもいる。ただし、これらは、あまり進化的には長続きしていないようだし、大々的に存在もしていない、マイナーな存在である。大

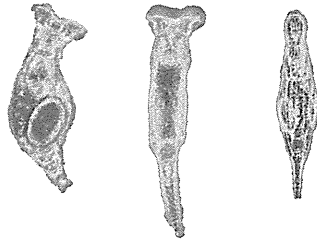


図1. ヒルガタワムシ。

部分の生物は、性があって、有性生殖をしている。この性の偏在こそが、有性生殖は生物にアドバンテージをもたらすことの証とも言える。生物学者はそう考えて、有性生殖のもつ進化的、適応的意味を探ろうとして、それなりの答えにたどり着いている。にもかかわらず、ヒルガタワムシは8,000万年にわたっておそらく一度も有性生殖をしないまま、けっこう栄えている。そんなことが可能なら、いっそ性などなくてもよかったのではないか……。というわけで、もちろん半分はジョークですが、ヒルガタワムシは、生物学者が構築してきた性に関する理論をぶち壊してしまいかねない、スキャンダラスな存在だというわけです。とはいえ、ヒルガタワムシのような存在はごくごく例外で、地球上の生き物の、少なくとも多細胞生物の大部分は性というものがあるわけです。きょうは、なくてもなんとかなるのに、生物は性という、ある意味しち面倒くさいシステムを維持している、そういう話をしたいと思います。

ドロバチの巣に入る便乗ダニのメスとオス

私はおもにハチの仲間を対象にして生態学をやっています。その中で、私知っているたいへん奇妙なオスとメスの関係の例から話を始めたいと思います。

これは、オオフトオビドロバチというドロバチの仲間です（図2）。このハチは、自分の子のえさとしてアオムシを捕まえて、竹筒などに巣をつくり

ます。泥で仕切りをつくるので、ドロバチと言います。こちらの巣では、各部屋に詰め込まれたえさをハチの幼虫が全部食べ尽くしてしまっていて、ハチの幼虫とか蛹だけになった状態です。このハチの場合には、もちろんオスとメスがいて、ふつうは交尾をしてメスが巣をつくります（ただし、ハチの仲間は半倍数性という性決定のしくみをもつため、未交尾でも産卵ができて、未受精の卵はオスになります）。

さて、このハチには便乗ダニというのがいます²。たくさんのハチや巣を見ていると、ハチの体表にダニがいっぱいしがみついていることがあります。それは偶然ではなくて、このような巣をつくるハチには、しばしばそれぞれに特化したダニがいて、ハチにしがみついて、巣まで運んでもらうということをしています。オオフタオビドロバチにも、そのような便乗ダニがかなりの頻度でついています。ドロバチは、竹筒の中に順次泥の仕切りで部屋をつくっていきます。すると、その部屋がつくられるたびに、ダニがハチの体からちょっとずつ降りていきます。降りていった先には、ハチの卵とか、えさのアオムシとか、あるいはアオムシの糞とか、ダニが利用できる有機物がいっぱいあります。この資源の詰まった密室で、ダニは繁殖をしてその数

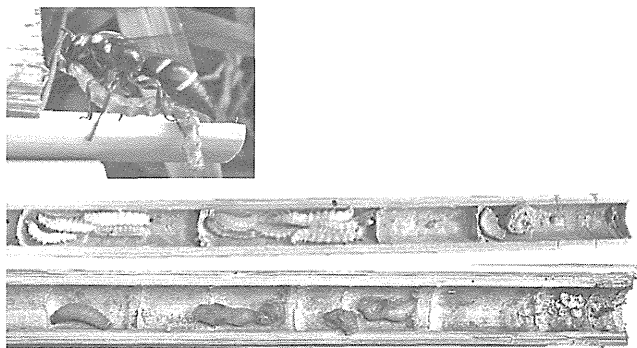


図2. オオフタオビドロバチとその巣。母バチは巣にえさのアオムシを運び込む（上：辻井美咲氏撮影）。巣の中には、泥壁で仕切られた部屋の中にえさのアオムシが詰め込まれている（中）。ハチの子はアオムシを食べて巣の中で幼虫（下・左）、蛹になって（下・右）、羽化する。

を増やします。

ちょっと気持ちの悪い光景かもしれませんが、ハチの幼虫の、人間で言えばのど元みたいな場所にダニがびっしりしがみついています。これは、巣づくりした母バチの体から降りたダニが増殖して、子ダニがいっぱいついて、いずれハチに便乗して飛び立つのを待っている状態です。ダニにはハチの巣を探して移動するための効果的な手段がありません。そこで次世代のダニのために次の巣にたどり着くには、ハチに便乗することが欠かせないのです。ただし、このまま幼虫にしがみついても、自動的にハチとともに飛んでいけるわけではありません。ハチの幼虫は、蛹になって、最後に羽化して成虫になって巣から出ていきます。そのときに、幼虫や蛹に脱皮されると、ダニのしがみついていた体の外層が本体から剥がれてしまうので、ダニは脱皮殻からぞろぞろ離れて、一生懸命乗り遅れまいとハチに飛び乗っていく。見た人に話を聞くと、まるで船出の際に船に飛び乗るような、そういう雰囲気なのだそうです。ダニにしてみれば、ここで乗り遅れたら最期ですから、ちょっと悲壮感が漂います。ところが、必死で飛び乗ったハチ、というのは自分のいた部屋で育ったハチですが、これがたまたまオスだったら、どうなるか。ハチのオスは、巣づくりはしません。手伝いもしません。だとすると、これもそのままと先のない旅路になってしまいます。おそらく、ハチのオスがメスと出会って交尾をするときに、オスの体に乗っていたダニはメスの体に移るのではないかと、研究者はアクロバチックな想像をしています。

さらに問題なのは、最初にハチから降りたときに一つの部屋にダニがどれくらいいるかです。このドロバチとダニを研究した森林総研の岡部さんと牧野さんによれば、平均1.7匹ぐらいだそうです。すると、一つの部屋に降りるダニは、1匹か2匹ですから、オスとメスがいっしょに降りるチャンスはととても限られています。

つまり、メスだけが部屋の中に閉じ込められてしまう確率はかなり高いことになります。そのとき、暗い小部屋に閉じ込められたメスのダニはどうす

るか。実はこのダニも、ハチと同じように、未交尾でも子供を残すことができて、未受精の卵はオスの子になります。閉じ込められたメスダニは、息子を産んで、その息子はすぐに育って、小さなオスの成体になる。そこで、メスはその息子と交尾をして、それから受精卵、つまりメスの子供を産むということをするのだそうです。

オスなしでメスの卵を産めたら、そんなややこしいことをしなくても済みます。実際、先ほど述べたとおり、そういうことをしている生き物もいるわけです。ダニの中でもそういう種はあるのですが、このダニの場合は、それはできない。仕方がないと言えば仕方がないのかもしれないですが、息子を産んで、息子と交尾をして、子孫を残すという有性生殖のかたちはとっているものの、遺伝子をシャッフルするという意味では、あまり実質的には有性生殖の体をなしていないようなことをしている。芳しくない状況に置かれた中で、精いっぱいましな行動をとることを、生物学ではベスト・オブ・バッドジョブなどと言っていますが、このダニがしているのは、まさにそういうことかもしれません。

「奇妙な」生物の性から何を学ぶか

巷の本屋さんに行くと、「奇妙な生物」とか「変な生物」を扱った本がいっぱい並んでいます。出版社の編集者のポキャブラリーがすごく貧困なのか、「すごい」「変な」「奇妙な」などといったタイトルがついていて、もうちょっと何とかしてよという気がするのですが、1回それで売れると、2匹目、3匹目のドジョウを狙うということなのでしょう。それはさておき、人間の観点からするとひじょうに変わったと思えるような生き方をしている生き物がたくさんいるわけですが、そういうものを知ること、特に、ほかの生き物の性のあり方を知るのにどういう意味があるのかも考えながら、お話をしていきたいと思います。

性のあり方を知るには、うってつけの本があります。『性淘汰 ヒトは動物の性から何を学べるのか』、マーリーン・ズックという女性研究者が書いた

本の翻訳です³。この人は自らをフェミニストにしてダーウィン主義者と位置づけています。フェミニストでありながら、同時にダーウィン主義者であることが、一般には矛盾すると受け取られるのが前提で語っているわけです。なぜこの2つの立場が矛盾するのは、本を読んでもらうとして、一般通念としては、フェミニストでダーウィン主義者は両立しづらいと考えられているらしい。

さて、その本の題名の通り、動物の性からは、いろんなことが学べるはずなのですが、一方でいろいろな誤解もされやすい。そこで、できるだけ誤解を避けるための指針も、3つほど挙げられています。

1つめは、「自然には頭がない」です。これは、ある詩人の詩からとった言葉らしいのですが、要するに自然とか、生き物とかを見たときに、何でもこうなっているのだろうか、あるいはやっているのだろうか、人間はそこに意識を投影して見てしまうところがありがちです。しかし、自然にはそういう意識はもちろん一切ないわけです。善悪も当然ない。よいか悪いかという判断は人間がすることであって、自然にはそもそもそういうものは一切ないということに、気をつけておかないといけないぞという戒めです。

2つめは、『『氏か育ちか』の二元論に陥るな』です。人は、ある性質が遺伝的に決まっているのか、それとも文化によって決まっているのか、クリアな線引きをしがちです。よく、遺伝子決定論、つまり遺伝で決まっちゃっていて、どうしようも変更できないんだみたいな考え方をする人もあるし、その反対に、人間の多くの性質は文化によって決まっているという考え方をする人もある。文化決定論と言ってもいいかもしれません。そういう極端な二元論に陥るのは、まったく生産的ではありません。どちらの側面もあるというのは当然のことです。人間という生き物の場合、文化がすごく勝っているように見えますが、遺伝的に決まっているところは当然あるわけですね。両者には相互作用もあって、ひとつひとつどちらかに分けられるかどうかよくわからないようなものです。そんなことを二元論的に考えてもじゃあないぞということですね。

それから3つめは、「ステレオタイプを超える」。これは、ある見方をしてしまうと、みんなそういうふうに見えてしまうということがいろいろな場面ではありますが、そういう見方は避けたほうがいいぞ、ということです。このような指針を念頭に入れながら、見ていくことにしましょう。

性と雌雄性の違い

まず、性と雌雄性という現象には、違いがあることを了解するところから始めましょう。つまり、性があるということと、オスとメスがいるということは、別のことだということですね。言い換えれば、性があってもオス、メスがいない生き物もいるということです。例えば、原生動物の有孔虫、胞子虫、また緑藻類、菌類などの単細胞生物などは、有性生殖をしているけれども、オスとかメスの区別はありません。

では、オスとメスの定義はどのようなものでしょうか。次の4つの定義のうち、どれがオスとメスの定義として正しいのか、考えてみてください。

1番目は、体の小さいほうがメスで、大きいほうがオス。性は単純に体の大きさだという定義。

2番目は、子供を養育するのに一生懸命エネルギーをかけるのがメスで、そうじゃなくて子供を増やそうとする、自分の子孫を増やそうとするのによりエネルギーをかけるのがオスだという定義。

3番目は、大きな配偶子をつくるのがメス。配偶子というのは卵とか精子のことです。小さな配偶子をつくるのがオスだという定義。

それから性染色体ってありますね。4番目は、XXを持つのがメスで、XYを持つのがオスだという定義です。

では、4択で聞いてみましょう。まず1番だと思う方は手を挙げてください。1名ですね。2番が正しいと思う方……、これはさすがにいないようです。3番が正しいと思う方。7人。最後に4番、染色体による定義。8人ですね。3番と4番でけっこう意見が分かれたようです。答えから言うと、3番ですね。

生物学的な定義で言うと、基本的に大きい配偶子というのは卵のことで、小さな配偶子とは精子のことです。卵をつくるのがメス、精子をつくるのがオスと言ってしまうとあまりにも簡単なので、配偶子という言葉を使っていますが、だから3番が正解です。

4番も一見正しそうに思えます。哺乳類型の性染色体では、性決定はそうなっていますが、鳥類のように同じ性染色体をもつとオス、異なる性染色体をもつとメスのような生き物もあります。また、性が染色体で決まっていな生き物もあります。性染色体では必ずしも決めることはできないので、定義としては、4番は不適切ということになります。

動物の性はどろどろしているか

実は、私がこのセミナーを依頼される前に、植物を研究されている同僚の先生のほうに、最初、話が行きました。植物も生物ですから、当然、性があります。なので、植物の先生が性のお話をする、それはそれでまたおもしろい話が聞けると思うんですが、性といった「どろどろ」した話は、動物を対象に研究している先生にお願いした方がいいですとおっしゃったらしく、それで私にお鉢が回ってきたという経緯がありました。私は、引き受けるのは引き受けたのですが、きょうはちょっと「どろどろ」した話をしないといけないのかと、変なプレッシャーがかかってしまいました。

困って、「どろどろ」しているってどういう意味だろうと思って、わざわざ辞書を引いてみました。といっても、手近なところでインターネットのデジタル辞典を見ただけなので⁴、「辞書を引く」という動詞を使うにはちょっと気が引けますが。さて、「どろどろ」というと、「遠くのほうで雷とか大砲が鳴る音」を表すという意味がまず出てきます。「たくさんの人が移動する、どやどやとか、どろどろ」がその次。「歌舞伎の下座の音楽で太鼓をどろどろとたたくやつ、幽霊とか妖怪が出てくるときの音」……。なるほどと思いましたが、これは違いますね。

「どろどろ」にはもう一つありまして、「固形物が溶けて粘液状の流動物に

なっているさま」とある。よく血がどろどろになると言いますが、あれはもともとサラサラした流動物に粘り気が出てくるイメージで使うから、別に固形物が溶けてと言う必要があるのかどうかわかりませんが、ともかく、とろりとした状態になるのがどろどろですね。このことか？ いや、そんなこともないですよ。

2番に、「欲望や感情などがもつれ合って、奥底にわだかまっているさま」。ああ、なるほど、こういう状態が「どろどろ」なのか。お昼のドラマみたいな、動物の性がどろどろしてるって、こういうことか。3番には、「泥にまみれて汚れているさま」という説明があります。動物はけっこう泥の中にもいますが、そういうことではないだろう。

動物の性現象は、「欲望や感情などがもつれ合って」、どろどろした状態になりがちだと何となく思われているのは、いったいなぜかという問題も確かにあります。後でちょっと出てきますが、動物は植物と違って、基本的には動けるわけです。動けるようになることによって、いろいろなところに行けるようになる。そのことと、性のあり方は、けっこう大事なところでリンクしています。どろどろした話は得意分野ではないのですが、何がどうしてどろどろしてくるのか、最後のほうで話がつながれば、と思っています。

性の起源と進化的ステップ

地球上の生物は、単純なものからだんだん複雑なものが生まれてきたと考えられています。そこには8つの大きな進化的ステップがあったと言われています。45億年の地球の歴史の中で、生物が誕生してからおよそ38億年が経っています。メイナード・スミスとサトマーリという有名な進化生物学者によれば、単純な生物から、我々人間社会といった、ひじょうに複雑なものが自然選択によって生まれてくるには、後からみれば、大きな8つのステップを踏まえることで可能になりました⁵。

それを手短になぞってみると、最初の生物は、生物とも言えないかもしれませんが、複製する分子のようなものでした。どんなものかは具体的にはわ

かりませんが、結晶とかが最初の存在だったのかもしれませんが。最初のステップは、そういうものが内側と外側の環境を隔てる膜をもち、その中に複製する分子が入って細胞のようなものができた段階です。外界とは違って、内部では存在しやすい環境が整えられ、さらに複製する分子が染色体の構造を持つという次の大きなステップがあったらう。

最初の染色体はどういうものかはもちろんわかりませんが、最初の複製する分子で複雑なものはDNAではなくてRNAだったらうと考えられています。それがDNAに置き換わり、現在の生物に見られるように、DNAからRNAに遺伝的な情報がコピーされ、さらにたんぱく質をつくるというシステムができたというのが3番目のステップですね。

さらに、原核細胞と言われているものから、真核細胞ができたのが4番目のステップ。これは、細胞共生説として有名ですが、いくつかの原核細胞が一緒になってできたと考えられています。今、我々が見るような細胞ができあがってきた。さらに、その後のステップで、性というものが生まれたらうと考えられています。

性というのは、少なくとも2つの細胞が合体して遺伝情報を交換しないとけません。そこから、6番目のステップで、単細胞生物から多細胞の体の大きな生物が出てこられるようになった。さらにそういうものが進化して、長い時間かかっていくと、いわゆる単独の個体ではなく、女王やワーカーなど個体の集まりが緊密な社会をつくるミツバチやスズメバチのような、いわゆる真社会性の生物が生まれてきた。この7番目の段階では、細胞ではなく個体がコロニーと呼ばれる一つの単位になっており、それは超個体になったと考えられています。

最後のステップは、必ずしも直接の系列を表しているわけではないですが、言語を使ったコミュニケーションにより、個体間で密接に意思疎通のできる生き物の登場です。今こうやっておしゃべりをしているのは、我々が幸運にも38億年の年月をかけて、8つの大きな進化的ステップを経ることができたからだというわけですね。

これら8つのステップの中で、性は5番目の大きなステップだったと考えられています。なぜ、どのようにして性ができたのかというのは、実は生物学の一番の難問で、それを説明するのはとても難しいですが、いったん有性のシステムができると、後はいろいろな事柄が起こっただろうと考えられています。

性的カスケード

それはジョフ・パーカーによって性的カスケードと表現されています⁶。カスケードは、小さな滝が次々に連続して現れるようなものを指しますが、しばしばある滝の落ち込みが連鎖的に次の滝の落ち込みを用意するというニュアンスで使われます。性的カスケードのあらましを述べましょう。まず、性というしくみ、有性生殖が進化した。最初は、オスとメスの区別がない、つまり同型配偶をする単細胞の生物ができあがった(図3A)。そこができると、次は異型配偶。先ほど、オスとメスの違いは配偶子の大きさの違いだと言いましたが、違う大きさの配偶子をつくる異型配偶の生き物、オスとメスのいる生物が必然的に誕生する(図3B)。さらに進んで、オスメスができると、オスとメスの比率、性比が1対1になるように自然選択が働く(図3C)。性比が1対1になるのは、数の側面ではなくて、投資量についてなので、小さな精子は実はたくさんつくられるという話になります。

そうすると、異型配偶をする多細胞生物が現れて、それは精子とか卵を一生涯つくるように、大きな生殖腺をつくるようになっただろう(図3D)。より多くの子孫を残すための当然の帰結です。その中から運動能力を持っているものが出てくる。要するに、それまでの生物は固着性で、海の中で貝とかサンゴとかのように、ある場所に定着している生き物だった。そこから自分で動き出す生物が出てきた。そうすると、メスとオスが出会うということが起こるようになって、むしろ生殖腺は小さくても済むようになる(図3E)。そして、今、我々が見ているような普通の生き物で、いろんな「ど

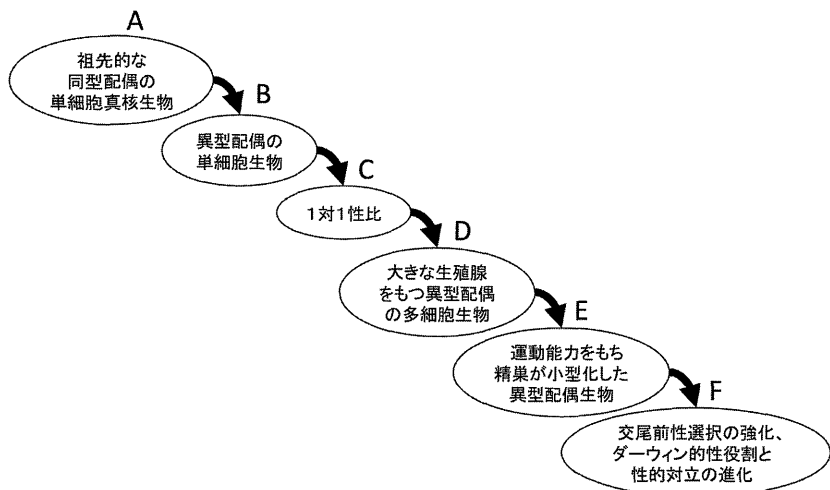


図3. 性的カスケード。性をめぐる適応戦略は、次のステップの進化のための条件を整え、必然的な帰結として次々に進化していった。Parker (2014) を改変。

ろどろ」したことをやっているものが出てきた…… (図3F)。性が生まれた結果、こういう一連の事象が必然的に次々と起こったにちがいないと、パーカーは言いました。

性の生物学的意味

もう少しその流れを詳しく追っていきたいと思います。

まず、最初に性ができる場所ですね。性というものはどういう意味があるのかと言うと、これは学校で習う事柄の復習みたいなものですが、親の世代から子供の世代へと遺伝情報のかたまりである染色体が受け継がれます。染色体には相同染色体がありますが、父親と母親から1本ずつもらって、2本の同じような相同染色体を持つわけですね。相同染色体には同じ種類の遺伝子が乗っていますが、同じ種類でも少しずつ変異が生じている。卵とか精子をつくる時に、減数分裂が起きて2本の相同染色体が1本になる。その過程で、交差、乗りかえが起きます。その結果、一つずつユニーク

な違いのある相同染色体をもった卵や精子ができる。子世代である受精卵はいろいろな組み合わせのできるの、親世代と違った遺伝子の組み合わせをもつことになる。これが有性生殖の意義だと考えられています。それに対して、性がない、ただ増える生き物の場合は、親と同じ遺伝子を持っているクローンをつくるだけです。

単純に考えると、進化を長い目で見れば、性があることによって進化のスピードは速まります。例えば、ある集団の中で、突然変異はいろいろな個体に起きます。その集団の個体が有性生殖をしていて、遺伝子を交換するならば、いろいろな遺伝子の組み合わせをもった子孫ができます。だから、ある個体で起きた突然変異が、どんどん別の個体にも組み合わせられていく。そのうち、よい突然変異は残るといふ自然選択がかかり、よい遺伝子の組み合わせが広がっていく。それに対して、無性生殖の場合、それぞればらばらの個体に起こった突然変異は、同じ個体に一緒になることはありません。ですから、同じ個体の子孫の系列の中で突然変異が起らないと、よい遺伝子の組み合わせができあがってこない。それに比べて、遺伝子の交換を通じて、いろいろ有利な突然変異を共有できるということが、性の重要な働きになるわけです。しかし、これは、実は、長い目で見たときの話なわけです。ところが、進化を推進する力は、長い目で将来の有利性をもたらすような、ゆっくりした働き方は弱いのです。

性はオスというものをつくるので、性を持たないものに比べると、増え方としては半分オスをつくることで無駄をしていることとなります。数としては、無性でどんどんメスをつくることのできる連中は倍のスピードで増える。そうすると、性をもつタイプと性をもたないタイプが競争したら、性をもつタイプは半分のスピードでしか増えられないので、圧倒的に負けてしまうわけですね。これを性の「2倍のコスト」と言います。これに打ち勝つくらいに有性生殖が有利でないと、性ができてもすぐに無性のものに負けてしまいます。性は、長い目では確かに有利になるのですが、短期的にはたいへん不利である。そこで、短期的な利益がないと、今の地球上のほとんどの生

物が性をもっているという現象を説明できないだろう、というのが生物学者の抱えた一番の問題だったわけです。

性には短期的な利益があるはずだということで、多くの生物学者がものすごく頭を悩ませました。諸説がありますが、いちばん有望と考えられている説は、「赤の女王」仮説と呼ばれているものです。ルイス・キャロルの「鏡の国のアリス」に出てくる、あの赤の女王です。とにかく赤の女王はずっと走り回っているのです、女王に出会ったアリスは一生懸命ついていって、「どうしてこんなに走っているのですか」と聞きます。「私の国では、大抵どこかほかのところへ行き着きます。私たちのように、長い間、どんどん走ったら」と言うアリスに対して、赤の女王は「それはのろい国じゃ！ここでは、同じ場所にいるためには、力の限り走らねばならぬのじゃ。どこかほかのところへ行きたければ、少なくともその2倍の速さで走らねばならぬのじゃぞ！」と言うわけですね。一生懸命に走っているように見えるけれども、同じ場所にとどまっている。周りの世界が動いていれば懸命に走っていないと、とどまっていられない。

進化生物学者のファン・ファーレンは、生物の世界も同じで、例えばえさになる動物と捕食者がいた場合、えさになる動物は食べられにくくなるように進化する。すると、捕食者は食べられないので、何とかそれをうまく捕まえるように捕食者も進化する。えさ動物は、また食べられるようになるので、さらに食べられにくくなるように進化する……というふうに、ぐるぐると共進化が進みます。どんどん共進化が進んでいくと、逃げ方もひじょうに巧妙だけど、捕まえ方もとてもうまく、結果として関係はあまり変わらない。この共進化のレースから脱落すると、えさ動物であれ、捕食者であれ、いずれは進化の舞台から消えてしまう。そのような生物の世界を、ファン・ファーレンはアリスの話になぞらえて赤の女王仮説として描きました⁷。

このえさ動物と捕食者の共進化レースは、別の呼び方では「軍拡競争」という怖そうな名前がついています。一方がミサイルを開発したら、他方が迎撃ミサイルを開発するというふうに、双方がどんどん軍備を拡張していくと

いうプロセスですね。どちらにも軍事費がかかりすぎてこれ以上無理、というところまで行き着いてしまうのが軍拡競争なわけです。

ファン・ファーレンはえさ動物と捕食者について赤の女王仮説を考えましたが、生物と病原体の間でくり広げられる赤の女王レースの中で、実は性がひじょうに重要だったのではないかと考えたのが、ハミルトンという人です⁸。病原体とかパラサイトは、基本的には小さな生き物で、細菌などはとても世代が速く回ります。そのため進化速度はすごく速いわけですね。そうすると、速く進化する病原体に対抗しようにも、ホストになっている生物は1世代が長いので、自然選択が働いてもなかなか追いつけません。そうすると、ホストの方が圧倒的に負けてしまうことになりましたが、大きな多細胞生物は有性生殖をして、遺伝情報を交換することを通じて、新しいタイプの遺伝子の組み合わせをつくり出して、病原体に対抗するようになったのではないかと、これが性の存在するいちばん重要なポイントではないかと、ハミルトンは唱えました。これが性についての赤の女王仮説と言われているものです。なかなか証明しがたいことのように思えます。ちょっと細かい話になりますが、この仮説を支持する証拠を得た研究を紹介しましょう。

デカーステッカーという研究者らが、ミジンコとかの棲んでいる池に注目しました⁹。ミジンコには、有名な病理学者のパスツールの名前をいただいたバズツリアという細菌の病原体がいます。ミジンコがその細菌に感染すると、病気になってミジンコは死んでしまいます。池の底には泥が堆積している。どろどろしているわけです。

その池では、過去39年分くらいの泥が、しま模様みたいになって、古い層から新しい層まで堆積しています。このしま模様一つが大体2年から4年分くらいなのだそうですが、驚いたことに、ミジンコとか細菌は死んだ状態ではなくて、休眠状態で堆積しているのです。つまりタイムカプセルみたいなもので、いちばん底のほうには39年前のミジンコと細菌が眠っている。それらを採用して、ある条件に戻してやると、もう一回活性化するわけです。

研究者らは、ある年代層のミジンコを取り出して、同じ年代の細菌と一緒に

にしたり、一つ前の年代の細菌と一緒にしたり、一つ後の年代の細菌と一緒にしたりして、それぞれの感染率がどうなるかを調べました。感染率は、細菌の感染力、ミジンコの抵抗力の指標です。すると、過去の細菌に感染したときの感染率はだいたい低い。同時代の細菌に感染したときに、感染率はたいていいちばん高くなる。その後の時代の細菌に感染したときは、また感染率が下がる。例外もありますが、基本的にはそのようなパターンになりました。どういうことかと言うと、ミジンコは急速に抵抗性を発達させたので、ちょっと昔の細菌にはかからないようになっていて。ところが、細菌のほうも負けじと対抗進化するので、同時代のミジンコには感染できるようになっている。ただしそれは続かなくて、その後の時代の細菌になるとあまり感染しなくなっている理由は、よくわかりませんが、感染力はあくまで同時代のミジンコに対しては発揮されるが、別の時代にも有効にはならない、ということらしい。

いろんな年代のミジンコと細菌の感染率を調べていますが、同時代のものでは感染率はそんなに大きく変わりません。つまり、「同じ場所にとどまるために」ミジンコも細菌も走っている、特にミジンコは有性生殖をすることで走っていると考えると、この現象は説明がつくのではないか。だからこのミジンコと細菌が赤の女王レースを実際に演じていることの証拠になるのではないか、というわけです。

この研究は、直接に性の短期的な有利さを証明するというところまではいっていないようですが、病原体がこの場合はミジンコに対して大きな脅威になっていて、ミジンコの病原体に対する対抗性がどんどん変わっていることを示しています。その変化はおそらく性によって可能になっているだろうと、考えられているわけです。

以上のように、我々はようやく性がなかなか説明しづらい問題であることを認識し、そしてなぜ性が存在するのか、その理由についても理解し始めたところなのです。

先にお話したように、性があっても、必ずしもオスとメスがいるわけでは

ありません。有名なのはゾウリムシです¹⁰。ゾウリムシは原生生物で接合します。ゾウリムシの集団はふだんばらばらな状態ですが、接合型という性に近いものがあって、自分と違う接合型のゾウリムシを入れてやると、一気に集まって接合状態になります。

接合したときに何をしているかと言うと、ゾウリムシには小核と大核があって、その遺伝情報を複雑なプロセスで交換していきます。この過程で、小核の遺伝子型 AA のゾウリムシと、aa のゾウリムシが接合し、新しくできたゾウリムシの小核の遺伝子型が Aa になる、というようなことが起きます。しかし、これは全く同じような形をしているものなのでオスメスというようなものではない。接合型にも、あるタイプはこのタイプとは接合が起きるが、別のタイプとは起きないといった具合に、たくさんの種類があるらしい。接合型が8つくらいあったりするというので、複数の性があるとも言える。

雌雄性の誕生

次に、オスメスが出てきます。性が生まれたあとで、どうしてオスメスが出てくるのか。大きな配偶子をつくる側の性をメス、小さな配偶子をつくる側をオスと呼ぶということは先にお話しました。異型配偶の起源を説明している理屈はおおむね以下のようなものです¹¹。いろいろな大きさの配偶子をつくれる時代があったとする。その時代の集団中に、大きな配偶子をつくるものと小さな配偶子をつくるものがいたとする。大きな配偶子でも遺伝情報は一緒なので、大きくなった分は基本的には栄養のスープみたいなものが入っている細胞質です。ただし、大きい配偶子をつくるには多くの栄養が必要になるので、それほどたくさんつけれない。つくる数は少数になります。小さな配偶子をつくる場合は、栄養とかほとんどない状態なので、たくさんつくれるでしょう。そして、大きい配偶子と小さい配偶子をそれぞれの個体がぱっと放出します。海みたいなところで大小の配偶子が漂って、たまたま配偶子が出会うと、そこで接合が起きます。その過程で、どういう組み合わせ

せのものが有利になっていくかと考えると、大きい配偶子同士はとて大きな接合子ができるので、栄養たっぷりのため、できたら生存率はすごく高くなるだろう。でもそんな組み合わせはめったに起きないでしょう。小さい配偶子同士は、たくさん存在するので、それらの接合子は大量に生じるだろう。しかし、その接合子は小さいので、生存はきわめて難しいだろう。あと、生じるのは、大きい配偶子と小さい配偶子の組み合わせで、これはそこそこでできるはず。しかも、ある程度栄養があるので、生存率も高くなるだろうと考えられる。

コンピューターでこのプロセスをシミュレーションしていくと、中間的なサイズの配偶子があるよりは、両極に振れて大きいほうと小さいほうの2つが存在する状態が安定になると考えられています。

つまり、生物の中で、大きな配偶子をつくる戦略と小さな配偶子をつくる戦略が共存することになり、大きなもの同士、小さなもの同士ではくっつかないで、違うタイプの配偶子同士がくっつくことでうまくいくシステムができあがってくる。要するに、オスとメスができると考えられています。これが異型配偶の起源です。

性比の問題

異型配偶の生き物で、大きな配偶子と小さな配偶子が出会うのが当然ということになると、そこから性比の問題が発生します。精子ばかりつくるオスと、卵ばかりつくるメスがいて、どっちがいいのか、という話になります。

ここで、フィッシャーという、数学がとてよくできる生物学者が、1930年代ですけれども、性比は1対1になるべくしてなるという理論を唱えました¹²。フィッシャーの原理と呼ばれています。

とて単純な話で、自分の子をいちばんたくさん残す生物が自然選択によって有利になるわけですが、例えば、集団中にオス8匹とメス4匹、オスのほうが多い状態にあるときに、娘と息子のそれぞれの適応度がどうなるかを考えます。つまりうまく大人になってちゃんと子孫を残せる子がどれだけ

育つかということなのですが、ここでは大まかに、娘は4個体いて、4個体とも交尾をして子供を残せるとすると、4分の4イコール1になると考えます。一方、息子は8個体いますが、息子の方は、メスと交配してメスに子供を産んでもらうというかたちで繁殖が成功します。メスが1回交尾だとすると、オス8個体のうち、メスと交配できる機会は4回しかありません。つまり、オスでは8分の4で、0.5になってしまう。要するに、少ないほうの性であるメスのほうが平均的には高い適応度をもちます。したがって、この場合には、全体としてはメスに偏って産むほうが有利な状態にあります。

すると、メスが増えていきます。メスが増えて、今度は4対8と性比が逆転したとする。適応度を考えると、娘のほうは8個体で、どれも1回は交尾をして子孫を残せるだろうから、8分の8でやっぱり1である。ところが息子のほうは4個体で、8個体の娘と交配できるわけだから、平均すると4分の8、2回交尾できる。それぞれのメスが子供を産んでくれれば自分の子ということになりますから、適応度は2になって、娘よりも息子のほうが有利になるわけですね。

やはり、少ないほうの性が有利になるわけです。そうすると、今度はオスが増える。結果として、バランスがいちばんいい状態は性比が1対1のときです。集団が1対1の性比のときには、オスの子もメスの子も適応度が等しくなる。偏った性比をもたらすような産み方では、適応度は下がってしまうので、1対1の性比が進化するという話になるわけですね。これがフィッシャーの原理と呼ばれる、1対1の性比が達成される理由です。フィッシャーは、後年メイナード・スミスらが提唱した進化的に安定な戦略と呼ばれる概念を先取りしていたのでした。

性染色体XYがオス、XXがメスとすると、オスのつくる精子にはXの性染色体とYの性染色体をもつものがそれぞれ2分の1の確率ででき、メスのつくる卵はすべてX染色体をもっているので、XYとXXができる確率が1対1になる。だから性比が1対1だと考える人もいるかもしれないですが、それは性がしくみとしてたまたま染色体で決まっているから、それで

よかったわけです。でも、それは性比が1対1になる進化的な理由ではありません。

今、説明したのはオスとメスの数の話ですけれども、フィッシャーが偉いのは、数の話ではなくて、正確に言うと、投資性比で考えたことです。つまり、どれだけの量の物質やエネルギーをオスやメスの生産に費やすかというふう考えたのです。例えば、息子に娘の2倍の生産コストをかけたとします。息子として産み出す子のほうを娘より2倍大きくして娘と同数産むというやり方をすると、数の上では1対1でも、生産コストでは2対1になります。

こういうやり方でも性比は数の上で1対1になるはずでしょうか。変な言い方になりますが、もし娘を安上がりにつくって、それで同じ適応度になるのなら、娘をたくさんつくったほうが有利だということになります。それなら、息子を2、娘を8みたいなつくり方をしたら有利になるかと言うと、結局、次は娘が過剰になって、娘の適応度が下がり、逆にオスの適応度が上がります。生産コストを考えていくと、最終的には生産コストで1対1にするやり方が、いちばん有利になるということを、フィッシャーは考えました。これを、フィッシャーの性の等配分投資と言っています。

そう考えると、配偶子をつくるときに、精子は同じ投資量からたくさんつくれることになります。総量として同じコストをかけたとしても、1個1個が小さいので、精子の数は圧倒的に多くなるというのが、逆説的ですが、1対1の性比、フィッシャーの原理の秘訣なわけです。

生殖腺を大きくする

次の段階では、生殖腺をできるだけ大きくすることが有利になるという競争が本格化します。そこで登場するのは、精子競争という現象です。例えば、サンゴの仲間は、満月とか大潮のときに一斉に卵と精子を海の中に放出します。大量の卵や精子で見えなくなるくらいに海水が濁るというようなシーンを、テレビでときどきやっているの、そういうのをご覧になった方

も多いでしょう。こういうことをするのは、サンゴなどの固着性の海の生き物です。このとき何が起きているか。精子のほうからすると、ものすごい数の精子が何とかして卵にたどり着こうとして、漂っているわけですね。ほとんどの精子は卵にたどり着くことができず、卵にたどり着いて受精できるのはほんの一握りなので、これは精子競争と呼ばれています。

ただ、卵にたどり着けるかどうかは、ほとんど運まかせのようなものではないでしょうか。そこで精子にできることは限られている。ひたすら大量に放卵と放精をやっているだけで、あまりどろどろはしていません。

動物らしくなる

そこで多細胞生物が、生殖腺を大きくするだけでなく、運動能力をもつ方向に進化し始めます。えさをとったり、資源を見つけたり、あるいは天敵から逃げたりするときに運動能力があったほうがいいし、何よりもメスとオスが出会うというときに運動能力が大きく効いている可能性があります。

ヒトデの仲間はふだん海の中でべたっとして生きていますが、繁殖のときには足を高くした状態で、一斉に放精、放卵をするそうです。それぞれが自分のいるところでわあっと卵や精子を放ち、海の中で卵と精子が漂って出会うということをしている。しかし、ヒトデの中にも、カスリモミジガイのように、あたかも交尾のようなことをする種類もいる¹³。メスが下のほうで5本の足を伸ばし、オスはちょうどその上に乗かって、足と足の間に入ります。正確には擬交尾というそうです。メスを探してオスがうろうろして、メスがいるとべたっとくっついて、この段階で放精、放卵をします。体外受精だけれども、受精はかなり確実に起きることが容易に想像できます。かなり運動能力をもつようになると、そういうことができるようになってくるわけですね。ちなみに、カスリモミジガイは1分間に10センチから45センチ動けるといいます。ゆっくりしているといえはゆっくりしていますが、けっこうなスピードともいえます。

こういう生物が出てくると、確実に子孫を残すのであれば、海の中に精子

と卵をまき散らすなどという大胆なやり方よりは、近くにオスとメスがいて、同時に精子と卵子を出して受精させるやり方のほうが、よさそうです。少なくとも、オスの側から言えば、精子をたくさんつくって精子競争でほとんど無駄にするより、なんとかメスの近くに寄って、そこで精子を出すやり方が有利になるわけですね。ぐっと動物っぽくなります。

水中で体外受精をする多くの生き物でも、魚はしばしば産卵ペアをつくります。サケ科の魚では、メスが産卵床という、砂利などを掘ってうまく卵が産めるようなくぼみをつくります。オスはそこでおもにメスを他のオスからガードして、たまに産卵床づくりを手伝うようです。実際にペアオスがやっているのは、劣位オスのようなよそのオスがやってきたときに、それを追い払うことです。縄張りをもったペアみたいになって、この2匹でできるだけよそのオスを排除して、ペアで産卵しようとしします。

ただし、必ずしもうまくはいかなくて、後ろのほうにいる魚がぱっと飛び込んで受精をさせる、いわゆるスニーカー行動はどうも防ぎ切れならしい。したがって、同じ産卵床で同じメスが産んだ卵でも、何匹かのオスが関与している。そういう複数の父性があることがけっこう起きることになります。ちょっとどろどろしてきましたね。

体外受精をする脊椎動物でも、カエルになると、今度は鳴き声でオスが一生懸命メスを呼びます。たいていの場合、どうも大きい声のほうが魅力的らしいです。だからカエルは近くで聞くとものすごく大きな声で鳴いていたりします。オスはものすごいエネルギーを使って懸命にガーガー鳴いていて、そこへメスがやってくるわけです。オスはじっとしていますが、鳴くことによってメスがやってくる。

そうすると、カエルの中にサテライトオスと呼ばれるような個体が出てきます。体の大きさと鳴き声は比例しますから、体の大きなカエルは自分で大きな声で鳴いて求愛をすることができます。あるカエルの鳴き声の大きさと、隣で鳴いているカエルの鳴き声の大きさを比べた上で、そのカエルの行動を調べてみると¹⁴、自分の声のほうが大きい場合には、基本的には自分で

鳴いて求愛をしています。ところが、隣のカエルの鳴き声が大きいこともあります。自分の体が小さいとか、隣に大きなカエルがいるとかいうときには、鳴いても負けてしまう。そういうときは、自分は鳴かないで、サテライトオスになって、大声で鳴いているカエルのそばにちょこんといる。メスがやって来たら、うまくいけば交尾ができる。そういうやり方をするオスが出てくるわけですね。そういう複数のやり方を代替配偶戦略と行動生態学では言っています。先ほどの魚のスニーカー行動の例も、それにあたります。

以上のように、体外受精であっても、運動能力をもち始めると、動物の性はかなりいろいろな現象が立ち現れてくるようになります。

ダーウィンからダーウィンを超えて性を理解する

性的カスケードもだいぶん最後のほうまで来ました。最終段階は、体外受精ではなくて、体内受精をする動物です。この段階の動物では、交尾のために、何とかしてメスとペアになるというところに持てるエネルギーの大部分を費やすやり方になってきます。

ダーウィンの性役割という言い方をすることがあります。ダーウィンは19世紀に、自然選択によって進化という現象を説明できると言いましたが、性選択（性淘汰）という概念もダーウィンが考えだしました。オス同士で競争することによって、とても派手な特徴がオスの間に広がる。あるいはメスがそれを好んで選ぶことによって、そういう性質がさらに広がる。そういう性をめぐる生物の進化的特徴で、自然選択ではふつう説明できないようないろいろな現象が、性選択で説明できると言ったのです。

ダーウィンが考えていた性選択は、交尾する前までの話でした。交尾してから何があるかと言うと、精子競争は交尾後でもメスの体内で起こる可能性がある。メスが複数のオスと交尾をしたりすると、その複数のオスの精子が体の中で精子競争を起こす。そういうことは、ダーウィンの時代にはさすがに考えられていませんでした。交尾以前のところで説明として適用した性選択をダーウィンの性選択と呼んでいます。

ダーウィン・ベイトマン・パラダイムという、名前はあまり流布していないパラダイムがあります。パラダイムというだけあって、けっこう重要なことです。ダーウィンが性選択を唱えて、その後理論としては一般化されていきました。でもそれを実証するデータがほとんどないという状態が長らく続いたのです。そこでベイトマンは、シヨウジョウバエを何代も飼育をして、交尾回数を増やすと、オスとメスはそれぞれどれくらい自分の子が増えるのか、オスとメスで差があるのかという、かなり基本的なことを初めて検証したのです¹⁵。

ベイトマンの論文の図は、交尾の回数が増えると、それぞれの子の数が増えるかを、オスとメスに分けて示しています（図4）。彼は左図の実験がもう一つうまくいっていないので、右図を見てほしいなどとやや恣意的なことを言っていますが（ここでは右図だけを示しています）、ともかく、交尾回数が1回だけであれば、オスとメスの子供の数は同じになります。メスに2回交尾させても産む卵の数はあまり変わらないので、子の数はそんなに増えません。でも、オスの場合は2回交尾をすると、次のメスが卵を産んでくれるので子の数は当然倍くらい増えています。3回交尾すると、オスではさらに増える。メスは何回交尾しても自分の子供の数を増やすこと、つまり適応度の増加にはつながらないが、オスは交尾回数とともに自分の子の数を増やせることを明らかにした。あたりまえといえばあたりまえのことで

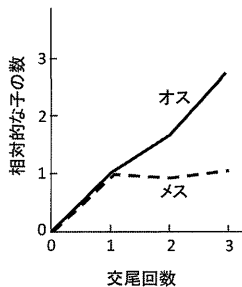


図4. 交尾回数と適応度の関係を示すベイトマンの実験結果。
Bateman (1948) を改変。

すけれども、このことを実験的に明らかにした人がベイトマンです。メスは子供を育てるほうに一生懸命になり、オスは自分の子供を増やすほうに一生懸命になるといったダーウィンの性役割がこのあたりで忍び込んできます。

野外でも交尾回数の違いによって、オスとメスの間で適応度に極端なばらつきが生じていることが知られています。皆さんたぶんご存じのゾウアザラシは、オスがとても大きくて、ハーレムをつくります。ハーレムオスになるために、オス同士は血みどろの闘いをします。勝ち残ったオスは大勢のメスと交尾をして、たくさん子孫を残せます。1頭のオスが一生の間につくった子供の数を横軸にとって、そういうオスがどれくらいの割合でいるかを調べたら、大部分のオスは子供を残せていません。その一方で、100匹とか多くの子を残す少数のオスがいます。極端な1人勝ち、ナントカー強みみたいな状態になるのがオスですね。メスのほうでも子供を残していない個体もいますが、子の数は0から10までの幅しかなくて、オスに比べると、平均的に子供を残せています。

つまり、オスとメスというやり方を普通にしてしまうと、残せる子孫の数にこんなに差がついてしまうわけです。オスという生き物で、適応度を上げようと思ったら、できるだけあるメスとペアになって子供を大きくなるまで育てようとするよりは、たくさんのメスと交尾をしていくやり方のほうが子孫は残しやすい。そういうふうには自然選択が働くと、ダーウィンの性役割が多くの動物で普通にみられるということになります。

ところが、もちろんそのような性役割の進化を阻む、いろいろな環境とか社会条件があります。例えば、一夫一妻制の生き物ではオスとメスが協力して子育てをしたり、一妻多夫制の生き物では、いわゆる性役割が逆転したりしている事例も、自然界にはたくさん存在しています。

ちょっとまた別の話になりますが、鳥の場合は、ふつうは一夫一妻が多いと考えられていました。ところが、もともと一夫一妻ではなくて一夫多妻、つまり1羽のオスに複数のメスがつがいをつくると言われていたハゴロモガラスという鳥で、詳しく個体の繁殖成功を調べたところ、意外なことがわ

かってきました¹⁶。この鳥は湿地みたいなところに縄張りをつくる。縄張りの幅は、数10メートルから100メートルあまり。研究者は縄張りの境界を一生懸命見きわめて、縄張りの地図をつくります。個々のオスの縄張りの中にいくつかのメスが巣をつくって、そこで子育てをします。オスは、それらの巣で子育てを手伝ったりもしますが、すべての巣に手はまわらない。そのときに2番目、3番目のメスよりは、1番目の、最初に交尾したメスの方がたくさん手伝ってもらえとか、いろいろあるらしいですが、まあそれはまた別の話です。研究者は、縄張りの中で生まれたヒナのうち、どれだけが縄張りオスの子であるのかを、親鳥やヒナの血液からDNA鑑定によって調べました。それまでは、縄張り内にある巣のヒナの父親は、その縄張りオスだろうと考えられていたわけですが、調べてみると実は違っていた。

ある縄張りの中に巣をつくったメスは、その縄張りのオスとだけ交尾しているわけではなく、けっこう隣やそのまた隣の縄張りオスと交尾をしていたのです。ある縄張りでは、自分の子供が全然いなかったというオスもいるし、全部自分の子だったオスもいた。いろいろいるわけですが、研究者は縄張りオス以外のオスとの交尾をつがい外交尾と呼んでいますが、その割合はかなり高かったのです。

特定のオスとペアになったからといって、人間みたいに契約して結婚しているわけではありません。「つがい外」といったり、もっと通俗的には「浮気」などといわれたりしているのですが、最初の方で紹介したズックさんは、これを浮気だというのは人間の通念を当てはめているだけであって、別に浮気でも何でもない、それが常態なのだという言い方をしています。実際、一夫一妻と思われていた鳥でも、同様のつがい外交尾は相当たくさんあることがわかっています。このことは、鳥の研究者の間でも最初少なからずショックだった、と言ったら変かもしれませんが、驚きだったようです。しかし、今ではそれが特殊なものではないと考えられるようになってきました。

なぜそういうことが起こるのかについても、いろいろな説明がされています¹⁷。代表的な考えは、メスが縄張りオスよりも良い遺伝子をもったオスと

交尾しているとか、あるいは複数のオスと交尾することで子の遺伝的多様性を高めているといったものです。

次は、霊長類、人間を含んだサルの中間のデータを見ることにしましょう。よく出てくる図に、横軸に体重、縦軸にオスの精巣重量を示したものがあります¹⁸。その図に、いろいろな種類のサルについて、平均値をプロットします。全体としては、体が大きければ大きな精巣を持つという結果になりますが、霊長類にはいろいろな社会形態の種類があります。例えば、チンパンジーが典型である複雄複雌型。これは複数のオスと複数のメスが1つの社会をつくっています。次は一夫多妻型。オスが単独でメスがたくさん周りにいる。ゴリラやオランウータンなどはこのカテゴリーです。それから、一夫一妻型もあります。テナガザルなどが代表的ですが、単独のオスと単独のメスがいて、その子供がいるといった社会の単位をもっています。

社会形態別にこの図を見てみると、明らかに複雄複雌型の社会をもつ種のほうが、全体的に上にあります。つまり体に対してより大きな精巣をもつ傾向にある。複雄複雌型の社会では、メスが複数のオスと交尾をする可能性がけっこう高いわけです。そういう場合は、オスの間で精子競争が起こりやすい。それなら、オスはできるだけたくさんの精子をつくり出したほうが有利になるだろう、だから大きな精巣をもつようになっているのではないか、というのがこれの説明です。

一夫多妻型とか一夫一妻型の場合では、メスからすると、交尾相手は1匹のある特定のオスになるので、その場合の精子競争は比較的弱いはずですが、大きな精巣をもつ必然性はない。ヒトはこの図の中でどのあたりに位置するかというと、微妙なところですが、少なくとも複雄複雌型ではなさそうです。一夫一妻型と一夫多妻型のどちらの社会を反映しているかという、それはわかりません。

最近の研究では、霊長類の精子の形態が調べられました¹⁹。精子にはいわゆる頭と尾があり、その間に中片部という膨らんだところがあります。いろいろな霊長類で、精巣の相対的な大きさに対して、中片部の大きさが調べら

れた。中片部には、ミトコンドリアというエネルギーの貯蔵庫が詰まっている。そうすると、中片部が大きいということは、精子の運動能力が高いということだと考えられます。

一般に、大きな精巢をもっている種は中片部も大きく、精巢が小さい種は中片部も比較的小さいという傾向がありました。さらに、性的に複数のパートナーをもつ種と単独のパートナーをもつ種で比較すると、前者の方が大きな中片部をもっていた。つまり、精子競争のためによく動くような精子をつくりだしているのではないかと考えられています。ちなみにヒトは、精巢の相対的な大きさはやや平均を下回り、中片部も精巢の大きさに対していえば、比較的小さい方です。基本的には単独パートナーをもつ種の方に近い値となるようです。

さて、そろそろ時間が終わりに近づいてきました。性選択によっていろいろな性質ができてくる。それも種によって、その社会のあり方によって、性選択のはたらき方も変わり、さまざまなやり方が進化してきます。

最近では、オスとメスの間にも対立があるということがわかっています。ショウジョウバエでは、交尾をしたときに、オスから精子だけでなく、いろいろなたんぱく質が放出されている。そのたんぱく質の中には毒性のあるものが含まれていて、交尾をするとメスの寿命が短くなるというようなことが知られています²⁰。

なぜそんなことをしているのかと言うと、やはりここでも精子競争が関係しているらしい。メスが複数のオスと交尾をするときに、後で入ってきた精子を殺してしまうために、そういう毒を出すのではないかと考えられている。その副作用としてメスにも影響が出てしまうのではないかと言われています。必ずしもオスとメスの利益が一致しない場合があって、そうすると悪いほうへ悪いほうへと適応度は下がるけど、それでもやらないとだめ、といった状況が起こる。これはチェイスアウェイ性選択と言われていますが、そういう現象さえ起こっているようです。

おわりに

生物学のほうからオスとメスの現象を追ってみると、生物がいかにいろいろなことをしているかということがわかる、というお話をしました。最初に言いましたように、それらの現象を人間に直接当てはめて考えるという見方をするためにやっているわけではありません。人間の示す現象には、もちろんそういう側面もありますが、単に当てはめるのではなく、そこに複雑に絡みあった要因を解きほぐして、誰がどんな利益を得ているのか、あるいは損失を被っているのかを分析する手法を与えてくれたことに意味がある。そう言ったのは、長谷川真理子さんという、進化に関する本をたくさん書いておられる日本の女性研究者です²¹。

それから最初に出てきたズックは、生物学とフェミニズムという2つの、それぞれ独立した見方をすることによって、生物学とフェミニズムのお互いに利益をもたらすのではないかと、その本の最後の方で語っています。

ということで、どういう見方ができるかは、いろいろですが、まずは生物学的な理解に立つことが重要だと思います。性に関する問題を扱う生物学は、大きく科学的に進展してきています。人間にも当てはまる部分は、当てはめて考えればよい。そういう冷静な見方が必要になるのではないかと思います。

以上、かなり早口で飛ばしてきましたが、これでおしまいです。何かご質問があれば、お願いいたします。

○司会 遠藤先生、ありがとうございました。

質問を受け付けたいと思いますが、質問のある方は挙手をお願いできますでしょうか。感想とかでも……でしょうか。

そしたら、私のほうは1つ質問が出たのでちょっとお聞きしたいんですが、フィッシャーの原理のところ、丁寧に説明していただいて、1対1の性比で子の産み分け方はどんな状況でも有利になるという結論になっているんですが、これとダーウィン・ベイトマン・パラダイムを重ねて考えると、

要するに、オスのほうは交尾の回数がふえればふえるほど子孫を残しやすいということになりますよね。なので個数としては、オスは少なめでも、全体としては子孫が早くふえていくというか、サバイバルの可能性は高まるというふうにもちょっと感じるんですが、その点いかがでしょうか。

○遠藤 性比の問題もけっこう複雑なところがあります。実は、性が偏る状況もありえるんですね。それはどういうときか。メスは、おっしゃっていただいたように、少数だけオスを産んで、後は全部メスにしちゃう。必要なだけオスにして、そのオスが交尾をすれば、ものすごく効率がいいわけですよ。そういう状況というのは、近親交配というか、血縁間だけで交配が起きるようなときで、それで大丈夫なときは、そういうふうに性比が偏って、メスを多く産んでもオーケーみたいなことはあります。オスはちょっとでも、必要なだけオスにするみたいな。最初のダニの例、息子と交尾するみたいな極端な例がありましたけれども、ああいうダニだったら、閉じ込められた環境の中で少数の必要なだけオスがいて、というのだったら今の話に当てはまりそうです。

けれども、そうではなくて、基本的にどんな個体とも交配する可能性がある場合は、少ないチャンスを持てたオスが何倍もの遺伝的な利益を得られるわけですね。あとの大半のオスは無駄になったとしても、平均値では結局、オスとメスの利得というか、利益は同じになっちゃうんですね。だから進化の過程では、通常は1対1で産むほうがいいんだと考えられています。

○司会 わかりました。どうもありがとうございます。

ほかに質問ございますでしょうか。

○遠藤 最後のところに読書案内を載せています。上2つは女性が書いたものですね²²。3番目は男性が書いたものですが²³、書き手はいずれもみんなダーウィン主義者で、説明としては同じような説明なんですけれども、いかにも女性と男性の書き手の違いがあります。男性の書いたものには、そのままここで言葉にするのにはちょっと辟易するような部分もあります。同じような理論から同じようなことを言っているんですけども、その中でも

ズックはけっこう厳しい目をもっています。ダーウィン主義の中でも、女性の見方でさらにもっと突っ込んでいくと違った見方ができるんだとも言っていますので、読み比べてみたりするのもおもしろいかなと思います。

○司会 そういう生物学のような科学でも、書き手が男性と女性で、大分見方や印象が変わってくるのはなかなかおもしろいことだなと思います。

それでは、御質問がないようでしたら、本日は遠藤先生、本当にありがとうございました。もう一度拍手をお願いします。

○遠藤 どうもお粗末でした。

○司会 それでは、きょうの連続セミナーはこれで終わります。

来週の最終回は奥野先生の担当になっていますので、ぜひまたいらっしゃってください。

どうもありがとうございました。

-
- 1 Maynard Smith, J. (1986) Contemplating life without sex. *Nature*, 324: 300-301.
 - 2 Okabe, K. & Makino, S. (2003) Life history of *Jurosaia jiju* (Acari: Winterschmidtidae) symbiotic with a mason wasp, *Anterhynchium flavomarginatum micado* (Hymenoptera: Eumenidae). *Ann Ent Soc Amer*, 96: 652-659.
 - 3 マーリーン・ズック (2008) (佐藤恵子訳) 『性淘汰 ヒトは動物の性から何を学べるのか』白楊社.
 - 4 コトバンク デジタル大辞泉 (<https://kotobank.jp/word/どろどろ-586494>).
 - 5 ジョン・メイナード・スミス, エオルシュ・サトマーリ (2001) (長野敬訳) 『生命進化8つの謎』朝日新聞社.
 - 6 Parker, G. A. (2014) The sexual cascade and the rise of pre-ejaculatory (Darwinian) sexual selection, sex roles, and sexual conflict. *Cold Spring Harb Perspect Biol*, 6.10: a017509.
 - 7 Van Valen, L. (1973) A new evolutionary theory. *Evol Theory*, 1: 1-30.
 - 8 Hamilton, W. D. (1981) Fluctuation of environment and coevolved antagonist polymorphism as factors in the maintenance of sex. In: R. D. Alexander & D. W. Tinkle (ed.) *Natural Selection and Social Behavior*. Chiron Press., マーク・リドレー (2014) (長谷川真理子訳) 『赤の女王 性とヒトの進化』早川書房.

- 9 Decaestecker, E. et al. (2007) Host-parasite 'Red Queen' dynamics achieved in the pond sediments. *Nature*, 450: 870-873.
- 10 樋渡宏一 (1986) 『性の源をさぐる』岩波書店.
- 11 Parker, G. A., Baker, R. R. & Smith, V. G. F. (1972) The origin and evolution of gamate dimorphism and the male-female phenomenon. *J theor Biol*, 36: 529-553.
- 12 Fischer, R. A. (1930) *The Genetical Theory of Natural Selection*. Clarendon Press.
- 13 西平守孝・向井宏・神里裕夫・藤本裕 (1975) 石垣島川平湾におけるカスリモミジガイの生態. *ベントス研連誌*, 9/10: 21-23.
- 14 Arak, A. (1988) Callers and satellites in the natterjack toad: evolutionarily stable decision rules. *Anim Behav*, 36: 416-432.
- 15 Bateman, A. J. (1948) Intra-sexual selection in *Drosophila*. *Heredity*, 2: 349-368.
- 16 Gibbs, H. L. et al. (1990) Realized reproductive success of polygynous red-winged blackbirds. *Science*, 250: 1394-1397.
- 17 江口和洋 (2017) 『目立ちたがり屋の鳥たち 面白い鳥の行動生態』東海大学出版会.
- 18 Harcourt, A. H., Harvey, P. H., Larson, S. G. & Short, R. V. (1981) Testis weight, body weight and breeding system in primates. *Nature*, 293: 55-57.
- 19 Anderson, M. J. & Dixson, A. F. (2002) Mobility and the midpiece in primates. *Nature*, 416: 496.
- 20 Holland, B. & Rice, W. R. (1998) Chase-away sexual selection: antagonistic seduction versus resistance. *Evolution*, 52: 1-7., Holland, B. & Rice, W. R. (1999) Experimental removal of sexual selection reverses intersexual antagonistic coevolution and removes a reproductive load. *Proc Natl Acad Sci USA*, 96: 5083-5088.
- 21 長谷川真理子 (1993) 『オスとメス = 性の不思議』講談社.
- 22 註3および21参照.
- 23 宮竹貴久 (2011) 『恋するオスが進化する』メディアファクトリー.