

2018年度 第4回 創発セミナー 報告

筑波大学生存ダイナミクス研究センター
小林 悟

大隅基礎科学創成財団の第二期 第4回創発セミナーは、田町の東京工業大学キャンパスイノベーションセンターにて行われました。

「魚の性 と 社会 ～メダカからマグロまで～」というテーマで、以下の2人の方に話をさせていただきました。魚の性や養殖をテーマにした親しみやすいテーマだったので講演後は企業の方からも沢山の質問があり、財団研究者も交え盛会のうちに終了となりました。



『性のゆらぎ』

田中 実 氏 (名古屋大学大学院理学研究科)



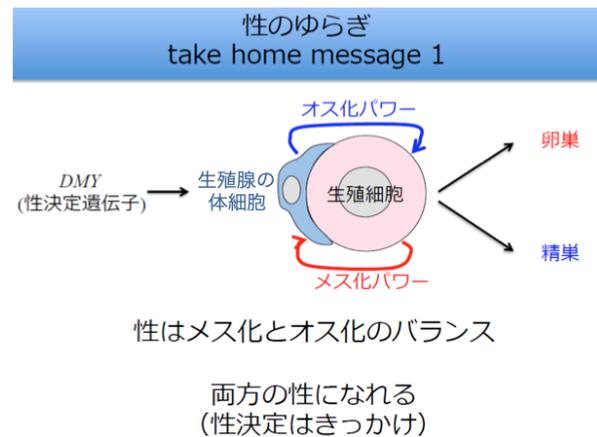
私たちは、性の問題といつも深く関わっています。子供の性別から始まって、恋愛、結婚、職場でも常に性の違いを意識しているのではないのでしょうか？しかし、異なる性がどのように作られるのかにまで、想いを馳せることは少ないように思えます。性は生まれた時に決まって、一生変わらないと思込んでいる方も多いのではないのでしょうか。しかし、生き物を見渡してみると、生まれた後でも柔軟に性を変える、すなわち性転換をする生き物も多くいます。田中さんは、生まれた時に性が決まっているマウスや、性を柔軟に転換する生き物を取り上げて、性を語り始めました。

ヒトやマウスでは、性染色体の組み合わせによって生まれた時に性が決まります。性染色体の組み合わせがXYだとオスに、XXだとメスになります。これは、Y染色体に個体をオスにする働きがあるからです。そのY染色体には、*SRY*と命名された遺伝子があります。*SRY*遺伝子が働くと、Y染色体を持たない個体であっても、その個体はオスになってしまうことが30年ほど前に報告されました。*SRY*遺伝子は、生殖細胞を入れておく袋である生殖腺でONになります。この遺伝子が生殖腺でONになると、生殖細胞は精子になり、生殖腺は精巣となります。一方、*SRY*遺伝子が生殖腺でOFFの場合は、生殖細胞は卵子となり、生殖腺は卵巣となります。このように性染色体にある1つの遺伝子の働きでオスとメスが決まってしまうのです。

それでは、*SRY*遺伝子は、ヒトやマウスに限らず、多くの動物においてオスとメスを決める働きがあるのでしょうか。答えはノーです。*SRY*は哺乳動物で性を決める働きを持っていますが、その他の動物では、違う遺伝子が性の決定にかかわっているそうです。また、爬虫類の仲

間では、卵の時にさらされた温度の違いによって、性が決まってしまう。さらに、驚いたことに、体の大きさに依存して性を変える魚がいます。例えば、ニモで有名なカクレクマノミは、集団の中で一番大きい個体がメスに、それ以外がオスになります。一番大きな個体が居なくなると、その次に大きい個体がオスからメスに変わるそうです。どのようにして、他の魚と体のサイズを比べているのか、それによってどうやって性を変えるのか、疑問はつきません。

古くは浮世絵にも登場するメダカは、性染色体で性が決まる動物の一つです。マウスの *SRY* 遺伝子のように、オス化を引き起こす遺伝子として *DMY* がメダカで明らかになっています。*DMY* 遺伝子は Y 染色体にあるので、この染色体を持つ XY 個体がオスとなり、XX 個体がメスとなります。XY 個体では、*DMY* の働きによって生殖腺の体細胞が精巢になり、そこからの信号（田中さんは「オス化パワー」と呼んでいます）を受けて生殖細胞は精子を作ります。しかし、XY 個体であっても、生殖腺の中に生殖細胞が過剰に存在すると、生殖腺の体細胞が卵巣を、生殖細胞が卵を作るようになることを田中さんは見つけました。このことは、生殖細胞から生殖腺に向けてメス化の信号（これは「メス化パワー」と呼ばれています）が送られていて、生殖細胞の数が増えると「オス化パワー」に打ち勝って、生殖腺の体細胞も生殖細胞もメスになってしまうようです。では、逆に生殖細胞がなくなったらどうなるのでしょうか？生殖細胞からのメス化パワーが消滅し、*DMY* がなくても生殖腺の体細胞は精巢を作ってしまう。このように、生殖腺の体細胞からのオス化パワーと、生殖細胞からのメス化パワーの間のバランスによって、どちらの性になるかが決められているのです。*DMY* は、このパワーバランスをオス化の方に傾けているだけのようです。



それでは、生殖細胞は精子にも卵にもなれるのでしょうか？答えはイエスです。生殖細胞の中でも生殖幹細胞と呼ばれる細胞がこの二つの能力を兼ね備えています。生殖幹細胞は、精子や卵を作り続けるために必要な細胞です。メダカには、卵巣にも精巢にも生殖幹細胞があることを田中さんは突き止めました。生殖腺で *DMY* が働いてオスの方にバランスが傾くと生殖幹細胞は精子に、メスの方にバランスが傾くと卵になります。

では、生殖幹細胞の中で精子になるか卵になるかを決めているものはなんなのでしょう。答えは、*foxl3* と呼ばれる遺伝子です。通常、オスの生殖腺に含まれる生殖幹細胞では、この遺伝子が OFF になり、生殖幹細胞が精子になります。一方、メスの生殖腺の生殖幹細胞では *foxl3* が ON になり、その働きにより生殖幹細胞が卵となります。*foxl3* 遺伝子の働きをメスの卵巣の生殖幹細胞で抑えてしまうと、卵巣の中であっても生殖幹細胞は精子を作るようになるのです。このように生殖幹細胞は、細胞単位で性を持つことがわかってきました。

性というと身体の性がまず思い浮かびます。しかし、個体の性は、身体の性、生殖腺の性や、生殖細胞の性の集合だったのです。そしてそれぞれの性は、環境や遺伝子の影響を受けてとても「うつろいやすい」もののようです。普段から意識している性の本質が垣間見えた気がします。

『海水魚の完全養殖』

家戸 敬太郎 氏（近畿大学水産研究所）

おいしいお魚を作る。これが完全養殖の近大マグロで有名な家戸さんの目標だそうです。日本人の食生活はここ、15年ほどで大きく変化し、一人当たりの魚介類の摂取量は肉類に抜かれてしまいました。それでも魚介類を食べる量は、世界の中でもトップクラスです。さすが！海に囲まれた国の伝統です。



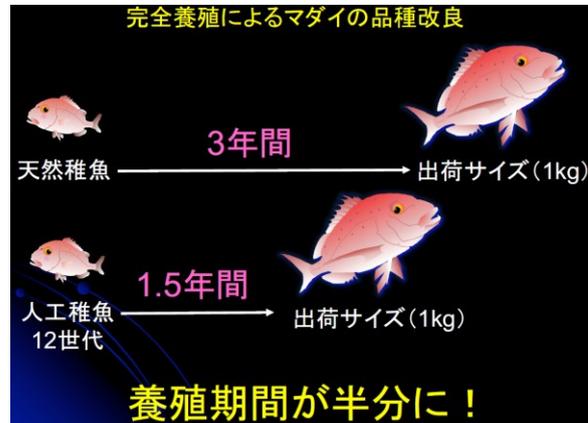
しかし、海から獲ってくる天然魚だけが食卓にのぼる訳ではありません。養殖魚もかなりの割合を占めています。1980年台後半から養殖生産量が世界で伸びはじめ、我が国では漁業生産量の4分の1程度にまでなっています。しかし、世界の中では、養殖生産量は、いまだトップの中国にははるかに及ばないレベルです。日本における海水魚の養殖生産量は、ブリに次いで、マダイ、クロマグロ、トラフグなどが続きます。その中でも、ブリ、マダイ、クロマグロの養殖生産量は、天然魚の漁獲量よりも多くなっています。つまり、養殖されたお魚を、かなりの頻度で口にしていることになります。

「天然物は常に養殖物よりも美味しい」と刷り込まれていました。確かに、天然物は歯ごたえや色味で養殖物に勝るものの、脂や味に関しては個体差が大きくハズレを引いて養殖物よりも美味しくないということもあります。そして何より養殖物は天然物に比べて安定供給ができ、価格が安定して低いというメリットがあります。つまり、養殖物は安く味も悪くないということでしょうか。それならば、いろんな種類の魚を養殖するようにしたらいいのではないかと思ってしまう。けれども養殖の対象となる魚には条件があります。飼うのが簡単で、育ちが早く、商品価値があり、何より稚魚（種苗）が簡単に入手できることが必要です。その中でも特に、種苗を天然から獲ってこようとすると、安定供給できない、時期が限られる、価格が不安定といった壁に当たってしまいます。これを打破する一つの方策が完全養殖技術による人工種苗の供給です。これは、簡単にいうと、親魚から卵と精子をとって、受精させて、その卵から稚魚を、稚魚から再び親魚まで育てるサイクルを繰り返すことです。この完全養殖による人工種苗の生産は、天然資源を気にすることなく、また時期的にも価格的にも安定供給可能であり良いことづくめだそうです。

完全養殖技術の中で重要な段階は、親魚からどうやって受精した卵を取るかという点です。クロマグロやマダイのように人が手をかけずに自発的に産卵・排精して受精卵を採れるもの、サケのように川に上がってきた親魚から卵と精子を採って人工受精するもの、ブリのようにホルモン投与した後に自発的に、あるいは人の手で産卵・排精して受精卵を得るなどいろいろな方法があるそうです。このなかでも、人の手を借りることなく自然産卵した卵は質が良いそうです。そのために魚の飼育環境をうまく調節して、その気にさせるのだそうです。

もう一つのポイントは、生まれたての仔魚の育て方です。魚種に応じて、また成長段階に応じて、動物性プランクトンの種類を変えたり、配合飼料を足していったりと多くのノウハウが集約されていると感心しました。稚魚まで育つと養殖業者が出荷サイズにまで育てます。私たちがよく目にするイクスがここでやっと登場するのです。

最後に完全養殖により品種改良が可能だそうです。成育が早い魚を完全養殖のサイクルの中で選び続けることによって、天然物のマダイの稚魚だと出荷サイズまで育つのに3年間かかるところ、このような改良を施した稚魚は1年半で出荷サイズにまでなるそうです。



魚の完全養殖を現実のものにする過程に、多くの研究者、漁業関係者が関わり、また多くの試行錯誤が繰り返されてきたことは想像に難くはありません。これからも、養殖の割合は高くなっていくと思いますが、天然物と養殖物のそれぞれの欠点をお互いに補い合って、私たち日本人が、そして世界の人々が、末長く魚を食べ続けられることを祈ってしまいました。

ちなみに、セミナー後の交流会にはお寿司が出ました。そのマグロが天然か養殖かは詮索いたしません。