

4章 水産資源としての魚類の生物学

魚類には、他の脊椎動物と比べて、資源生物として見たときの特異な点が多くある。例えば、水中を生息場所とすること、非常に多くの種が含まれ、実際に利用されていること、基本的に自己更新性の野生生物を漁獲すること、非常に小型で生まれ、変態を経て発育し、途中でほとんどが死亡すること、様々な発育段階の個体が漁獲利用されることなどである。このような特徴のため、資源としての魚類の持続的利用・増殖をはかる上では、生理学・発生学・分類学・集団遺伝学・生態学・行動学など、多岐にわたる分野における基礎的知見が必要となる。本稿では、そのなかでも特に、分類学（多様性の把握と整理）、生理学（水中環境と陸上環境の違い）、発生学（変態による生活様式の変化）について概説する。

4.1 魚類の多様性と系統的位置

魚類には、現生種だけでも2万数千種が知られ、全脊椎動物の半数以上を占めている。その中には最初期の脊椎動物に近い形態を残すものから、陸上四足動物に近縁なものまでが含まれている。グループ内の形態的・生態的な多様性はきわめて高く、魚類とはなにか、という問いに簡単な答えを与えることが困難なほどである。実際に、系統学的には“魚類”は単一のまとまりではない。

系統学においては、ある祖先から派生したすべての子孫を含むグループ（単系統群）のみを分類学上の単位として認める。しかし、“魚類”は、それに含まれる1群である硬骨魚類のなかから陸上四足動物が派生してきているため、単系統群とはならない。哺乳類や鳥類が単系統群であり、そのすべてのメンバーが共有する形質をもつのに対し、“魚類”は単系統群ではなく、そのような共有形質をもたない。逆に見れば、“魚類”は全陸上脊椎動物を内包するほどの多様性を持っていると言える。

近年、遺伝分析法の発達もあり、これまでは近縁種と形態的に似ているために混同されていたもの（隠蔽種）が別種として認識される例が非常に多くなってきている。魚類の真の多様性を把握し、各種について適切な資源管理をするために、魚類においては現在でも分類学の重要性は高く、研究が進められている。種の記載だけではなく、それらの系統関係の研究に関しても、大量の分子マーカーを用いた推定がなされるようになった近年では特に進展が著しい。系統関係の射影としての高次分類体系も魚類ではまだまだ流動的であり、「魚類図鑑」に書かれている内容は今後も大きく変わることが確実なほどである。

4.2 水中に生息することの意味

魚類は水中を主な生息場所としている。そのため、系統的には極めて近いものの、陸上の脊椎動物とは大きく異なる生理学的特徴を持っており、生物としての魚類を把握する際にはカギとなる。以下、本稿では硬骨魚類を対象として話を進める。

1) 水中という環境

我々が日常的に接している地球上の環境、即ち、ほぼ一気圧の大気圧下にある陸上および水深1m程度までの水中、を考えてみる。我々が普通に「空気がある」と言っている空間の殆どの体積を占めているのは「何もない空間」である。その極めて空疎な空間を窒素・酸素・二酸化炭素などの分子が自由に飛び回っている。一方、「水中」と呼んでいる環境の殆どの体積を占めているものは、まさに「水」である。そのため、圧倒的な量の水の間

間に、窒素・酸素・二酸化炭素などがはさまっている状態である。従って、空気中とは異なり水中では分子はその場から自由に動けないため、溶解している分子は拡散しにくい。陸上生物と水中生物で生理機構を考える上で、この基質の差異（何もない空間か水か）が極めて重要となってくる。

2) 呼吸器官

空気中には酸素が約 21%含まれている。即ち、空気中を飛び回っている分子を無作為に抽出すると約 1/5 が酸素分子である。一方、水の殆どを占めているのはまさに水であるため、水中には酸素分子は約 0.64%しか含まれていない。つまり、1/150 しか酸素分子が無い。さらに、拡散のしやすさが空気中の 8000-9000 分の 1 しかないため、体表と直接に接している、ほとんど膜状の水からしか酸素を取り入れることが出来ない。これらのため、水中では酸素を体内に取り込むことが空気中よりはるかに困難となっている。ヒトは肺を使って空気中の酸素を体内に取り込んでいる。しかし、肺では水中からは十分量の酸素を取り込むことが出来ないため、水中では溺れてしまう。魚類が必要とする酸素量はヒトよりも少ないが、エラという呼吸器官を使うことで十分な量の酸素を取り込むことが出来る。

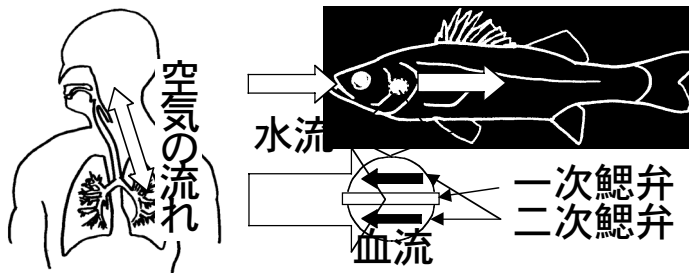


図 4.2 ヒトと魚類の呼吸器官の比較。

魚類のエラには、肺よりも効率的な酸素交換を可能としている構造的な特徴がある。一次鰓弁や二次鰓弁により表面積を増やしている点は、肺における肺胞と同様である。魚類では酸素を含んだ水は口、エラ、鰓蓋へと一方向に通らぬける。さらに、エラの呼吸上皮直下の血流はこの水流とは反対方向となっている。これは熱交換機などに用いられている交換効率の高いシステム（対向流；counter current）と同じである。一方、ヒトでは、鼻、気管、肺へと空気を取り入れ、同じ経路を逆にたどって空気を排出しなければならない。この構造では、デッドスペースが出来てしまう上に対向流が形成できない。呼吸器官としては、哺乳類の肺よりも魚類のエラのほうが完成度が高いと言える。逆に言うと、酸素の豊富な空気中であるからこそ、肺程度の呼吸器官でも十分に機能していただける。

もともと肺は魚類の浮き袋と共通の起源を持つとされている。空気中であれば不完全な呼吸器官でもかなりの量の酸素を取り入れることが可能なため、現在でも浮き袋由来の器官を補助的な呼吸器官として利用している魚類も存在する。肺という器官は、陸上にあがった脊椎動物が浮き袋を呼吸のためにいまだに転用し続けている器官であり、これは呼吸にとって楽な空気中だからこそ許されていると考えることもできよう。

3) 発生初期の体の大きさ

次に水について考えてみる。生物の体を構成する細胞は水を必要としているため、体内の水が不足すると死んでしまう。空気中では生物個体の周りには「何もない空間」が広がっているため、体内の水が蒸発し乾燥してしまう危険に常にさらされている。それに対して水中では乾燥する心配がない。即ち、脊椎動物のなかでも両生類と魚類は水中で産卵す

るため、一生で一番小さく未分化な発生初期に乾燥にさらされる心配が無い。

爬虫類・鳥類・哺乳類では、最も小さい時期に乾燥にさらされる。このため、卵の殻を厚くしたり母親の胎内で過ごすこと等により、空気に触れること自身を減らしている。もう一つは体の大きさを大きくすることである。体内に持っている水分量が多く、かつ空気に触れる表面積が小さいほど乾燥しにくい。仮に生物体の形を半径が r の球だとすると、体積は $\frac{4}{3}\pi r^3$ 、表面積は $4\pi r^2$ である。即ち、乾燥しにくさは体積を表面積で割った $1/3r$ に比例する。つまり半径が大きければ大きいほど乾燥しにくい。逆に言うと、陸上の脊椎動物では体が小さいことは、特に乾燥しやすいという点で不利となる。

一方、水中で生まれる魚類では、いくら小さな体でも乾燥する心配がない。たとえば魚類では卵から孵化したときにわずか 2mm の体長・1mg の体重しかない種類も希ではない。これほど小さな体で卵から孵化する、あるいは母親から生まれる陸上脊椎動物はいない。即ち魚類では水中で卵から孵化するため、小さい体からスタートするという多くの無脊椎動物が取ってきた選択枝を踏襲することが可能であったと考えられる。

さらに、水中では体が小さいほど酸素の摂取では有利となる。孵化直後にはエラのような呼吸器官、および心臓や血管のような循環系が完成されていない魚種も多い。しかし個々の細胞は当然のことながら酸素を必要としている。このときに役に立つのが体の小ささである。ごく大まかに考えると、酸素の絶対的な必要量は細胞の量、つまり体の大きさに比例する。従って体が小さいほど酸素の要求量は少なくて済む。また小さな体であれば血流という酸素の供給システムが無くても拡散のみで酸素を行き渡らせることも可能である。

4.3 成長・発達

魚類には、サケ類のように大きな卵を産む種もある一方で、小さな卵を産む種も多い。たとえばヒラメでは受精卵の直径は約 1mm、孵化直後でも約 2.5mm しかない。これが成魚となると体長約 70cm、即ち約 280 倍も大きくなる。この比率を親が子供の世話をしない陸上脊椎動物たとえばカメに当てはめてみる。大人のカメの体長を 30cm とすると、孵化した直後の子ガメの体長はわずか 1mm となる。体長 1mm では親ガメと似たものを食べ、似たような生活をおくること、つまり少なくともカメとしての生態的地位 (ニッチ, niche) を持つことことは不可能であり、生きていけないと推測できる。しかし、小さな卵から孵化する多くの魚類では、このような困難を克服して生きている。それが変態である。

例えばヒラメでは、孵化直後には、他の魚と同様に眼が体の左右に位置し左右対称な体を持つ。このような親とは異なる形の魚の幼生を「仔魚」と呼ぶ。それが「変態」と呼ばれる変化を経ると、右眼が体の左側へ移動し眼のある側のみが着色し、いわゆるヒラメの親と同じ形になる。この発育段階を「稚魚」と呼ぶ。形だけではなく生活様式・生活場所も大きく変化する。ヒラメの仔魚は比較的沖合で浮遊生活をおくる。一方、稚魚になると沿岸の砂浜などの底に張り付いた底棲生活をおくる。即ち同じ種でありながら発生段階によって全く異なった生活様式を持つ。

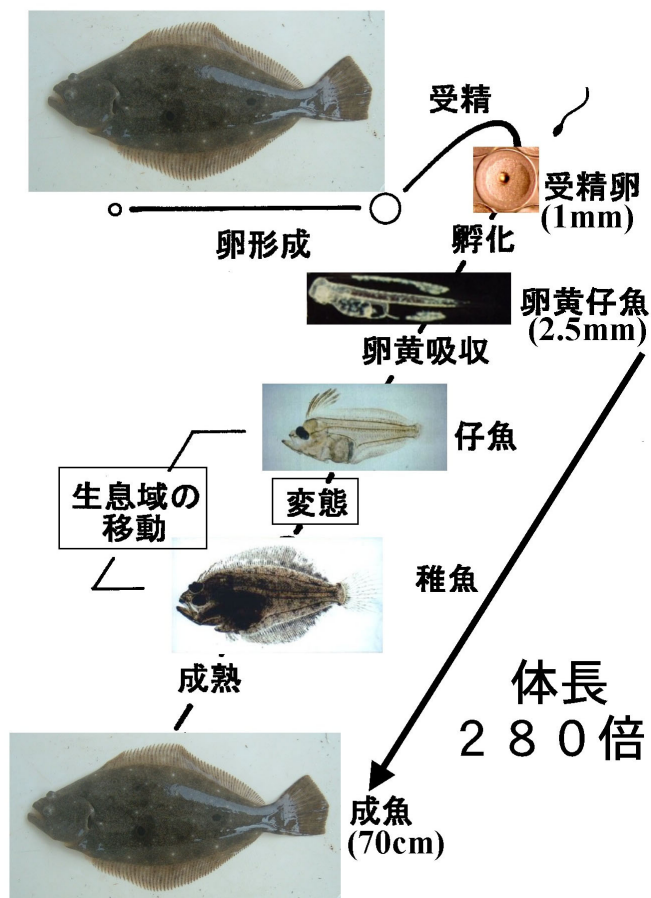


図 4.3 ヒラメの生活史. 多くの魚類で見られるように, 孵化直後から成体まで, 100倍以上の体長に成長する.

逆に見ると, あるひとつの生活様式には適した形と適した大きさが存在している. 変態という形の変化を経ることで, 順次複数の生活様式をとることが可能となり, 遙かに広い範囲の大きさを不都合なくカバーしてゆくことができる. 小さな卵から孵化する多くの魚類では変態という「転機」を持つことにより, 様々な点で大きく異なる仔魚期と稚魚期を持つ. 変態をする魚類のうちの多くでは, 仔魚期には浮遊生活を行い他魚種と共通する特徴も多いが, 稚魚期になるとそれぞれの魚種に特有の形・生活様式をとるように分化する.

参考図書

- 岩井 保: 魚学入門, 恒星社厚生閣, 2005.
- 田中 克・田川正朋・中山耕至: 稚魚-生残と変態の生理生態学, 京都大学出版会, 2009.
- 会田勝美 (編): 魚類生理学の基礎, 恒星社厚生閣, 2002.

(中山耕至・田川正朋)