

## ワニ

**Q** クロコダイルやアリゲーターとよばれるワニは、水の中から獲物をねらい、とらえた獲物を水中にひきずりこみ、溺れさせます。ワニはそのために、息継ぎをしないで1時間以上も水中にもぐることができます。どのようなメカニズムで長く水中にとどまることができるのでしょうか？

1. 潜水用の副肺をもっている
2. 筋肉に酸素を溜めている
3. ヘモグロビンの能力が高い
4. 脾臓に酸素を溜めている



'Alligator Mississippiensis' by William Franklin available at <http://www.flickr.com/photos/21571269@N06/2358983921/> under a CC BY-ND 2.0.



### ③ ヘモグロビンの能力が高い

ヒトを含めた多細胞生物は、効率よく外界から酸素を摂取し、体内で生じた二酸化炭素を外界に放出するため、呼吸器系と循環器系を発達させてきた。単なる溶質として血液に溶けて運べる酸素の量はわずかで、酸素を運ぶ物質を血液の中にもっている。酸素を運ぶ物質として知られているのは、鉄または銅を含む金属蛋白質で、酸素と可逆的に結合し、組織まで、効率的に酸素を運搬している。通常、色があるので、呼吸色素とよばれている。一部の動物では、呼吸色素は血液中に溶けているが、多くは細胞（赤血球）に包まれて、血液中を循環している。哺乳類をはじめとした脊椎動物では、呼吸色素として、ヘモグロビンがその役割を担っている。

ヘモグロビンは、鉄イオンを含むヘム蛋白が4つ結合したもので、酸素分子を4つ運ぶことができる。ヘモグロビンの酸素親和性(酸素結合能力)は、酸素分圧によって決定される。酸素分圧と酸素飽和度(酸素と結合した酸化ヘモグロビンの比率)との関係を示したのが、ヘモグロビン酸素解離曲線である。高い酸素分圧下では、酸素分子4つすべてヘモグロビンと結合することができる。低い酸素分圧下では、酸素親和性が下がり、酸素分子はヘモグロビンから遊離することになる。酸素分圧を横軸に、ヘモグロビンの酸素飽和度を縦軸にとると、ヘモグロビン酸素解離曲線は、S字曲線を示す。生体にとって、肺では効率的に酸素を結合し、組織で多くの酸素を受け渡すことが必要で、S字特性により、酸素分圧が高い肺で受け取った酸素を、酸素分圧が低い組織で酸素を効率的に受け渡すことを可能としている。組織では、酸素を利用して組織活動に必要なエネルギーをつくる。その過程で産生されるのが、二酸化炭素である。ヘモグロビンは、二酸化炭素が増えた結果増加する水素イオン(pH)の影響で、同じ酸素分圧でも酸素親和性が低下し、酸素を離しやすくなる。これは、酸素需要が増加した組織に、酸素供給を増やす



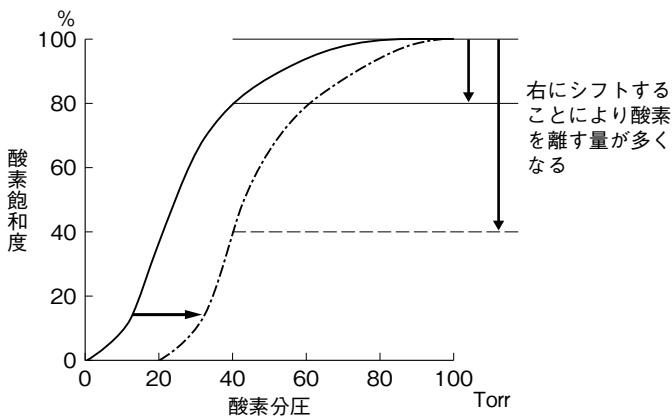


図1 酸素解離曲線のシフト効果

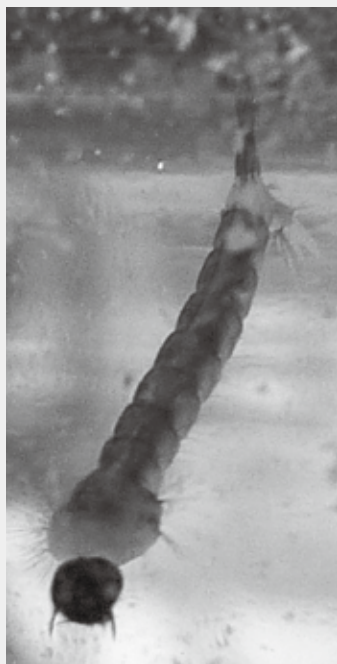
ことになり、生体維持に合目的な変化といえる。ヘモグロビン酸素解離曲線は、二酸化炭素が増えることにより、右にシフトする。この、右にシフトすることを Bohr 効果という (図1)。

二酸化炭素は、溶液中では水素イオンと炭酸水素イオンとして存在する。ワニのヘモグロビンには、水素イオンとともに、炭酸水素イオンが結合する部位をもち、炭酸水素イオンの影響も受けることとなる。息継ぎせずに水中にとどまっていると、体内に  $\text{PaCO}_2$  産生増加の結果、水素イオンとともに炭酸水素イオンが増加する。ワニのヘモグロビンは、水素イオンと炭酸水素イオンの影響で、酸素親和性低下が進み、組織への酸素供給量が増やすことが可能となる (酸素解離曲線は大きく右にシフトする)。ヒトでは、通常、ヘモグロビンに結合している4つの酸素分子のうち、通常1個を離すのみであるが、ワニでは、2~3個を離すことができ、これが、水中に1時間以上とどまっていることのできるメカニズムである。

このように、ヘモグロビンの性質は動物によってさまざまである。ワニヘモグロビンの性質をもつ人工ヘモグロビンの開発や、ヘモグロビンの Bohr 効果を修飾させることで、酸素供給能力をあげることが期待されている。

## ボウフラ

**Q** 蚊の幼虫であるボウフラは、水の中でどのように呼吸しているのでしょうか？



1. 魚類と同じように鰓（エラ）で呼吸している
2. 水中の酸素を全身の皮膚から取り込んでいる
3. 根性で息こらえし長時間水の中に潜っている
4. 気門から酸素を取り込み気管に貯蔵している
5. 時々空中に跳ねあがって空気をつかまえている

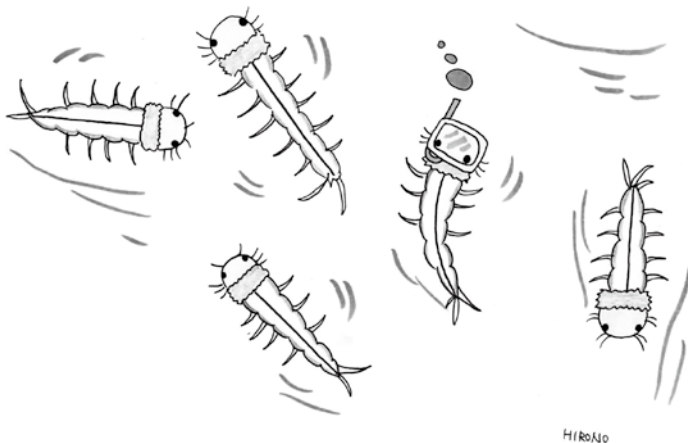
‘P1160188Ev1-mosquito-larvae’ by Donald Hines available at <http://www.flickr.com/photos/14884524@N08/8960076909/> under a CC BY 2.0.

## 4 気門から酸素を取り込み気管に貯蔵している

写真のように、ボウフラはお尻の肛門付近に開口した気門という器官を水面に出し、ここから気管の中に空気を取り込んでいる。ボウフラが水面にぶら下がったような状態で見かけるのはこのためである。空気中の酸素は、拡散現象によって体内の奥深くまで行きわたる気管小枝を通り、末梢組織、細胞に供給される。気門から気管に酸素をしっかりと貯蔵することで、一定時間水の中に潜っていられるわけである。

一方、代謝の結果体内で産生された二酸化炭素も気門から外に排出される。実験的に二酸化炭素を気門にあてると、気門が開くことがわかっている。二酸化炭素の濃度を上げると気門がさらに大きく開くことがわかっており、酸素と二酸化炭素、さらに体内水分量が気門の調節に深く関与するといわれている。

なお昆虫の気管小枝というのは直径  $0.5\ \mu\text{m}$  にまで細くなるものがあり、



HIRONO