

海に生きる^{なかま}動物たち（全12回）

第2回 海辺に生きるカエル

浦野明央（北海道大学名誉教授）

前回、洋上の海鳥やウミガメが、体内に入り込んだ余分な塩分を涙によって排出し、ホメオスタシスを維持していることを記した。海鳥の場合、鼻腺が高濃度の塩水を分泌しているため鼻水と言うほうが正確かもしれない。また、海鳥や海産の爬虫類の水分補給は、主に食物や代謝水に依存しており、海水に頼っているとは言えないようである。

いずれにしても、海鳥や海産爬虫類は、眼の周辺にある外分泌腺を用いて余分な塩分を排出しているが、ヒトも含めた哺乳類の涙腺や鼻腺は、高濃度の塩水を排出する塩類腺としては働いていない。哺乳類は、体液より高濃度の塩分や老廃物を含む尿（浸透圧が高いので高張尿という）を腎臓から排出することができるからである。では、涙腺をもたず、腎臓も薄い低張尿しか作れないという両生類はどうしているのだろうか。

両生類のホメオスタシス

私達がよく目にする両生類は、サンショウウオやイモリのような長い尾をもつ有尾類とカエルやヒキガエルのような尾のない無尾類で、いずれも滑らかで湿った皮膚をもつ。両生類では、体液のホメオスタシス、すなわち体内に取り込む水や塩分の量と体外に排出するものとの動的平衡状態、の維持にこの湿った皮膚が重要な役割を果たしている。

両生類という名は、この仲間が淡水と陸の両方で生きていけるということで付けられた。体液の主要な成分は0.65%の塩化ナトリウム、体液浸透圧は鳥類や哺乳類の2/3ほどではあるが、周辺の低張な淡水から、浸透的に皮膚を通して水が体内に流入する（水は浸透圧の低い方から高い方に移動して、塩濃度を平均化しようとする）。そのため、両生類、とくに無尾両生類は水を飲まないとされている。無尾両生類が水を摂取する必要に迫られた時には、水を飲むのではなく、下腹部の皮膚から積極的に吸水する（図1）。この吸水に関わっているのは、皮膚細胞の細胞膜に埋め込まれているアクアポリン（aquaporin 水を通す穴という意味）というタンパク質であろうと考えられている。

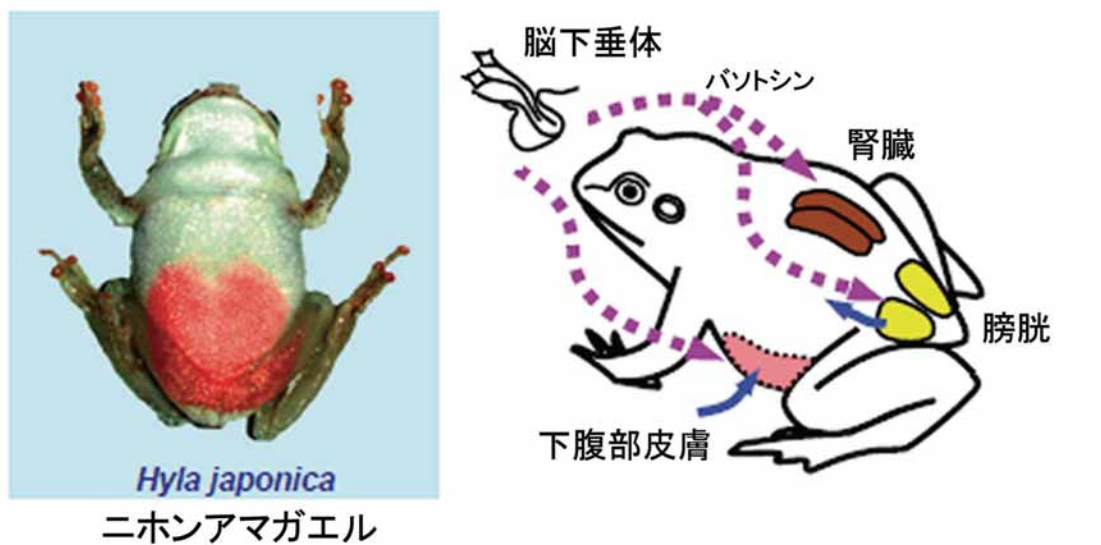


図1 カエルの水代謝。図の左側はアマガエルが下腹部から水を吸収していることを示す結果、右側は脳下垂体から分泌されるバソトシンというホルモンが水代謝を調節している部位を示す。バソトシンは皮膚に働き体外からの水の吸収を促進する一方で、腎臓や膀胱に働き、尿として排出されようとしている水を体内に取り戻す。カエルはこのようにして、体内に多量の水を保持する。
(提供：静岡大学・田中滋康 先生)

海産の両生類？

四肢動物の爬虫類と哺乳類には一生を海で過ごす種がいるが、そのような種は両生類では知られていない。英語で marine toad (学名 *Bufo marinus* 和名オオヒキガエル) とよばれているヒキガエルの仲間がいる。原産地の北米南部から南米北部では、汽水域にも生息しているのでつけた名前であるが、この種が耐えられるのはよくて 25% 海水¹⁾ までだという。

淡水から海水に至る広い範囲の塩濃度に適応できる性質を広塩性という。ヨーロッパに広く分布するミドリヒキガエル (*B. viridis*) は、この広塩性でよく知られた無尾類で、80% 海水に 1 ヶ月以上生きていた成体の例が報告されている。しかし、好んで高塩濃度の汽水域にいるわけではなく、湿った砂の上や 40% より甘い海水域にいることが多い。なお、広塩性の有尾類として、カリフォルニア産のホソサンショウウオの仲間が、40% 海水に適応したという報告がある。しかし、日常的に汽水域を活動の場としているのは次に述べるカニクイガエルだけであろう。

カニクイガエル

今から 50 年ほど前、汽水域が生活の場であることが知られていたのは東南アジアのマングローブにいるカニクイガエル (図 2) だけであった。そこで、このカエルがどれだけの広塩性をもつか調べられ、成体は 80%、発生の進んだオタマジャクシは 100% 以上の海水に耐えて生存できることが報告



図2 カニクイガエル (提供：富山大学・内山実 先生)

された。もっとも、その後の

研究から、カニクイガエルでも卵と精子の受精や初期発生には、雨期にできる淡水環境が重要であることが分かった。まったく淡水から離れて生存していきけるわけではない。また、日中は岸近くの陸上のどこかに隠れていて、夜になるとカニやエビを捕らえるために水辺に現れるそうである。

発見された頃から、カニクイガエルはアカガエルなどと同じ *Rana* 属に分類され、*Rana cancuivora* という学名が付けられていた。分布も、中国の南部からインドネシア、さらにフィリピンにわたる広い地域であるとされてきた。しかし、最近の研究から、カニクイガエルは *Rana* 属に近縁の *Fejervarya* 属に分類され、学名が *Fejervarya cancuivora* になった。分布域も、他の種との混同が懸念される。この種についてのこれまでの報告は見直す必要があるだろう。

海と砂漠—真水がない環境—に生きるための戦略

海鳥や海産の爬虫類は、体内の余分な塩分を塩類腺から排出して、体液の浸透圧を一定にしていた。無尾両生類も、眼の近くにハーダー腺という外分泌腺をもつが、この器官は塩類腺としては働いていない。有尾両生類にはこの器官すらない。では、広塩性の両生類はどのようにして体液のホメオスタシスを維持することができるのだろうか。

両生類では、カニクイガエルのように汽水中にいるものも含めて、体液の浸

透圧が環境水よりも少しだけ高張である。その浸透圧の差により、皮膚を通して体内に水を取り入れることができる。ここで興味深いのは、汽水域に生きている、あるいは広塩性をもつ両生類では、体液中の尿素の濃度が高いことである（表1）。それによって体液の浸透圧を高め、塩分の流入を抑え、高張な環境に適応しているのである。

もともと淡水で栄えてきた両生類にとって、真水がないということで海と同じように過酷なのは、砂漠のような乾燥地帯であるが、このような環境に適応している種が少なくない。先にふれたミドリヒキガエルの中にも、乾燥地帯に生きている集団がある。乾燥した環境にいる無尾両生類は、皮膚から吸収した水を膀胱に溜めるとともに、尿素を用いて体液浸透圧を高めているという。海に生きる両生類と砂漠に生きる両生類が同じ戦略を採用しているのである。

（表1） 無尾両生類の血漿浸透圧に関するデータ カニクイガエルとオオヒキガエルのデータに注意。参考にシーラカンスとラットのデータも示した。

	電解質の濃度 (mM)			尿素 (mM)	浸透圧 (mOsm/kg)	文 献
	Na	Cl	K			
ワライガエル (アカガエル科)	115	83	6	11	247	Katz (1975)
カニクイガエル (野生)	189	148	8	98	570	Sasayama ら (1990)
カニクイガエル (80% 海水 7 days)	252	227	14	350	830	Go r don ら (1961)
ミドリヒキガエル	113	99	5	16	279	Bentley (2002)
オオヒキガエル	103	69	4	17	224	Konno ら (2006)
オオヒキガエル (30% 海水)	144	131	4	57	345	
シーラカンス	105	100	53	290	957	Luts ら (1971)
ラット	150	119	6	7	324	Bentley (2002)

カエルとシーラカンス

海に生きていく、すなわち海水環境に適応するために、脊椎動物は①水を飲み余分な塩分を排出する、または②タンパク質の代謝産物である尿素を利用して体液浸透圧を調節する、という2つの方法のいずれかを採用している。広塩性の無尾両生類では、オタマジャクシが硬骨魚と同じ①の方法、成体が軟骨魚やシーラカンスと同じ②の方法を採用しているという。次回からは、この2つの適応戦略も考えながら筆を進めたいと考えている。

1) 海水の塩濃度は海域によってかなりの幅があるが、平均的には3.5%とされている。動物の海水への耐性を調べる時には、希釈していない海水を全海水あるいは100%海水とし、それを基準として希釈率を表すことが多い。なお、正確に示したい時には浸透圧で表現する。

参考文献

田中滋康、長谷川敬展、鈴木雅一：動物のアクアポリンの多様性と比較内分泌学的展望 比較内分泌学会ニュース 124: 4-19(2007)

クヌート・シュミット＝ニールセン著 沼田英治・中嶋康裕監訳 動物生理学—環境への適応 東京大学出版会 (原著 1997)

カニクイガエル (*Fejervarya cancrivora*) についてのホームページ (英語です) :

<http://www.iucnredlist.org/apps/redlist/details/58269/0>

本稿へのコメント・質問は aurano@sci.hokudai.ac.jp でお待ちしております。