

K イオンによるカエルの体色変化

池淵 澄玲 小川 早輝 株田 亜美 北原 優良

【概要】

メダカは周囲の明るさに応じて明色と暗色に体色を変化させる。このような体色変化は、ウロコの細胞に含まれる色素胞の変化による。色素胞の変化は、外部から K イオンを与えることによっても生じることは、すでに知られている。これは、K イオンが色素胞に直接作用するのではなく、色素胞につながる神経に作用してそこに興奮が生じ、その結果として色素胞の変化が生じる。そこで我々は、メダカ以外の体色変化を行う生物についても K⁺によって人為的に色素胞の変化を起こすことができるのではないかと考え、ニホンアマガエルの体色変化に対する K イオンの影響について研究を行うことにした。

Fish scales change color when exposed to sodium and potassium ions. Do frogs experience the same phenomenon? We counted the number of black pigment skin cells after exposing frogs to sodium and potassium ions. As time passed, the number of black pigment skincells increased. This phenomenon may be because it takes time for potassium ions to soak into the skin of the frogs.

【研究動機・目的】

体色を変化させる動物の一つにヒメダカがある。ヒメダカは、周囲の明るさに合わせ、ウロコに明色・暗色の変化を生じる。この変化は、ウロコの色素胞の色素の凝集と拡散による。メダカのウロコに Na イオンと K イオンで与えると、色素胞に変化を起こすことができることはすでに知られている。これは、K イオンが色素胞に直接作用するのではなく、色素胞につながる神経に作用してそこに興奮が生じ、その結果として色素胞の変化が生じるのである。体色を変化させる動物として、身近なものとしてニホンアマガエルがある。カエルというと体色変化をしやすいというイメージをもつが、実は日本に生息するカエルの中で体色変化を行うカエルはごく一部しかいない。ニホンアマガエルの体色変化の仕組みについて調べたところ、Na イオンや K イオンを用いた体色変化の研究が見当たらなかった。そこで私たちは、ニホンアマガエルもメダカと同様に Na イオンや K イオンによって体色変化をさせることができるのかという疑問を持った。そこで、今回は K イオンを用いてニホンアマガエルの体色変化を生じさせることを目的として、研究を行うことにし

た。ニホンアマガエルの皮膚は三層の構造になっており、その1つ1つの層にはそれぞれ異なった色素胞が存在する。表面から順番に黄色素胞、虹色素胞、黒色素胞の層が並ぶ。ニホンアマガエルの体色が緑色に見えるときは、全色反射する板状の虹色素胞が、青い光の波長にあった距離で規則正しく積み重なっており、反射した光は青い色が強調される。さらにその他の層の色素胞の影響で、カエルの皮膚は緑色に見える。また、板状の色素胞が正しく積み重ならない場合、いろいろな色が強調されることで、反射光は虹色（白色のことが多い）の金属光沢のように見える。このときも三層の色素胞が重なることで、カエルの皮膚は茶色っぽく見える。私たちは、その中でも最も内側に位置する黒色素胞の層に注目し、その変化について調べることにした。



図1 ニホンアマガエル（体色変化時）

【実験器具】

ニホンアマガエル、実体顕微鏡（Nikon AZ100）、画像ソフト（Sensiv Measure 2.2、Photo Shop CS、黒面積計算 STD）、シャーレ、ろ紙、ピペット、塩化カリウム水溶液（1.3%・2.6%・3.9%各2ml）

【実験方法】

私たちの自宅付近で捕獲したニホンアマガエルを、実験室で2週間程度飼育した。エサは、実験室で繁殖させたコオロギの幼虫を与えた。捕獲直後は、飼育ケース内の環境に慣れていないためか体色変化を起こす個体があったが、しばらく飼育を続けると緑色の体色で安定した。

色素胞の観察には、実体顕微鏡を用いた。ニホンアマガエルをプラスチック製のシャーレに入れ、蓋をして頭部の皮膚が蓋に密着するようにした。その状態で、頭部の顕微鏡写真を撮影した。撮影した画像を用いて、一定面積（60 μ m \times 60 μ m）内黒色素胞の数を測定した。さらに画像ソフトを用いて黒色のみを強調（二階調化）させ、一定面積（20 μ m \times 20 μ m）内の黒色の面積を測定した。

実験では、まず無処理の状態を撮影し、これを0分とした。その後、KCl水溶液（1.3%、2.6%、3.9%）をニホンアマガエルの頭部に一滴滴下し、5分後と10分後に撮影を行った。今回の濃度設定の根拠は、ヒメダカの実験において1.3%KCl水溶液で効果があったことから、その2倍と3倍の濃度を設定した。



図2 観察の様子

【結果と考察】

以下の図3、4、5は、それぞれ3.9%KCl水溶液滴下前（0分）および、滴下5分後、10分後の顕微鏡写真である。これからも分かるように、黒色素胞の数が増加している。しかしながら、このように時間を追って変化したのは、3.9%KCl水溶液の場合のみで、1.3%、2.6%KCl水溶液の場合は、色素胞の数が減少した後で増加したり、減少し続けるという結果となった（図6）。

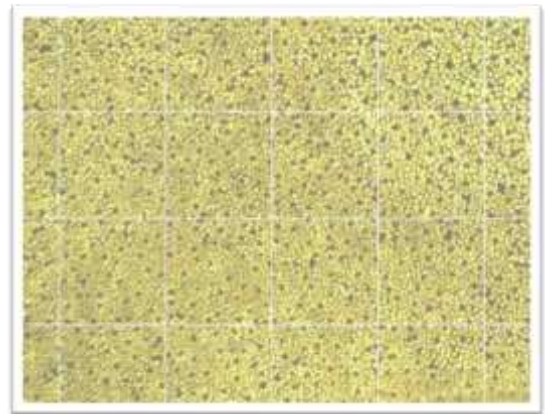


図3 KCl水溶液滴下前（0分）

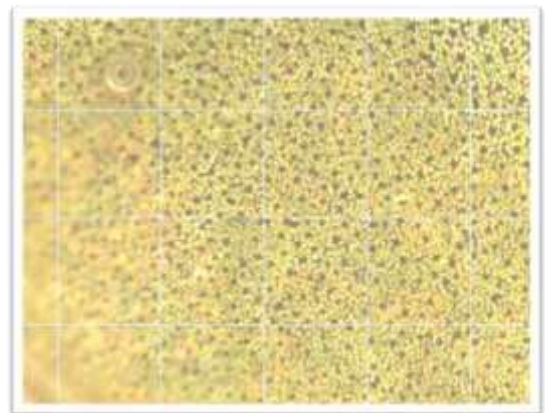


図4 KCl水溶液滴下5分後

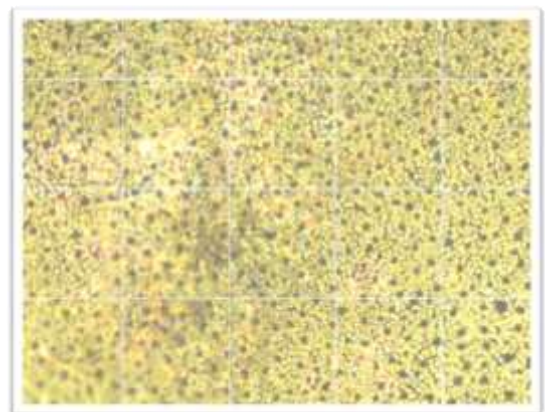


図10 KCl水溶液滴下10分後

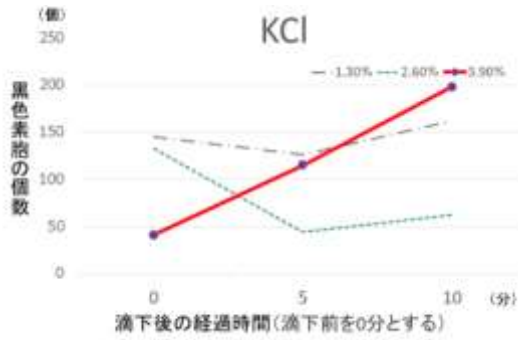


図6 KCl滴下後の黒色素細胞数の変化

次の図7、8、9は、3.9%塩化カリウム水溶液滴下前(0分)および、滴下5分後、10分後に撮影した顕微鏡写真を二階調化したものである。図中の場所A、Bにおいて、黒色の面積を測定した。表1、2は、それぞれ場所A、Bの黒面積と全体に対する黒面積の比率を示したものである。場所Aでは、面積、比率ともに2.3倍程度の増加が見られた。同様に場所Bでも、面積、比率ともに3倍程度の増加が見られた。また、図10は、場所A、Bの黒面積の合計とその変化をグラフにしたものである。

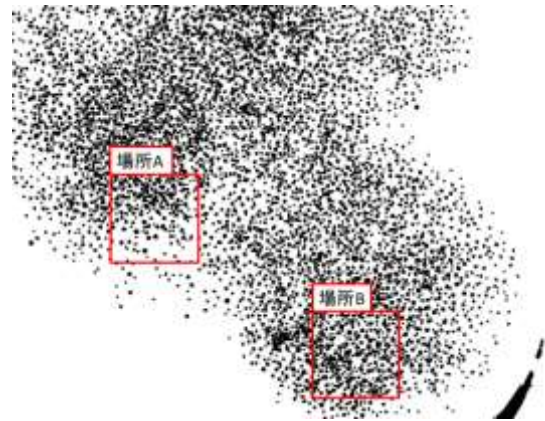


図9 KCl水溶液滴下後(10分)

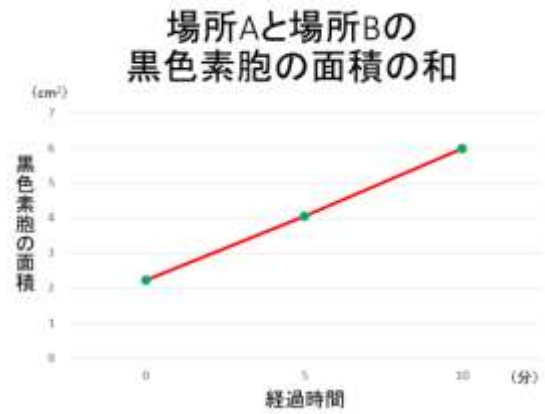


図10 場所A、Bの黒色素細胞面積の変化

表1 場所Aにおける黒色素細胞の変化

場所Aの黒色素細胞の面積と比率

	黒面積 (cm ²)	黒比率 (%)
0分後	1.31	4.66
5分後	2.36	8.42
10分後	3.10	11.08

表2 場所Bにおける黒色素細胞の変化

場所Bの黒色素細胞の面積と比率

	黒面積 (cm ²)	黒比率 (%)
0分後	0.93	3.33
5分後	1.70	6.07
10分後	2.88	9.78

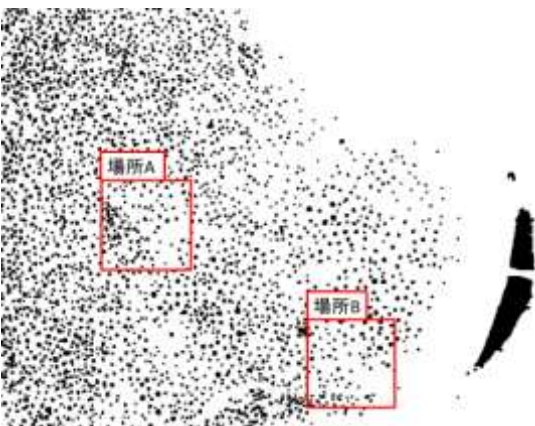


図7 KCl水溶液滴下前(0分)

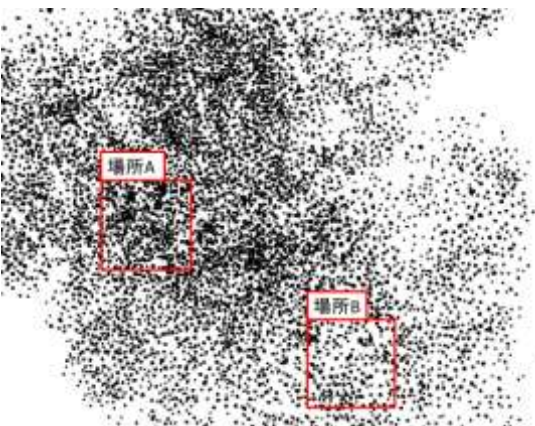


図8 KCl水溶液滴下後(5分)

実験の結果から、ニホンアマガエルの皮膚に KCl 水溶液を滴下することで、ヒメダカの場合と同様に体色変化を起こさせることができることが分かった。しかし、それは 3.9% KCl 水溶液の場合のみであり、1.3%や 2.6%ではその効果が不安定だった。その理由として、皮膚の細胞の厚さが影響していると考えられる。ニホンアマガエルの黒色素胞は、皮膚の色素の層では最も内側に存在している。同様に K イオンが作用する神経細胞も、皮膚の表面からの距離が長くなる。そこで私たちは、ヒメダカのウロコよりも皮膚に付着した K イオンが作用しにくいと考えた。つまり、濃度が薄い KCl 水溶液では、皮膚の内側まで K イオンが到達しにくいいため、色素胞の数が不安定になってしまったと考える。また、3.9% KCl 水溶液の場合は、色素胞や神経細胞に K イオンが届いたが、それにも時間がかかるため、5分後よりも 10分後の方が色素胞の数が増えたと考えられる。

また、画像を二階調化して黒色素胞の面積とその比率を解析した結果も、色素胞の数を数えた場合と同様に、時間の経過に伴って面積、比率ともに増加していた。この結果からも、K イオンが浸透して体色変化を引き起こすまでには一定の時間が必要であることを示している。

今回の実験の結果より、ニホンアマガエルの体色変化は、ヒメダカと同じように K イオンを皮膚に滴下することによって引き起こすことが可能であると言える。さらに、ヒメダカの場合よりも高い KCl 濃度でなければ、作用をもたらすことができないことも分かった。

今後は、Na イオンの場合でも同様の結果が得られるのかについて実験を行っていく必要がある。また、どの程度の KCl 濃度から効果があり、今回の実験よりもさらに濃度を高くした場合はどうなるのかについても調べなければならない。さらに、カエルのストレスによって体色変化が起こった可能性も否定できないため、皮膚を切り出して同様の実験を行うことも検討しなければならない。しかし、この方法ではカエルを殺してしまうため、その他の方法を考える必要が

ある。



図 11 実験の様子（実際は、緑色の個体を使用）

【参考文献】

メダカの体色変化の教材化—千葉県教育情報ネットワーク

www.chiba-c.ed.jp/shidou/k-kenkyu/H23/rika-5.pdf

asahi.com:カエルの色はなぜ変わる？

<http://www.asahi.com/edu/nie/tamate/kiji/TKY200804220171.html>

ザ・カエル 2003 年 田向健一著 誠文堂新光社