成育環境の光波長がメダカの色嗜好性に与える影響

久木田　朔哉

要旨

本研究では、メダカの成育過程における光環境が、成魚となった際の色嗜好性に与える影響を明らかにすることを目的とした。卵の状態のメダカを赤色フィルターおよび青色フィルターで覆った 2 つの水槽に分け、飼育した。その後、新しい水槽を赤色フィルターと青色フィルターで半分にエリア分けをし、5 分間でのそれぞれの色の滞在時間を記録した。実験の結果、通常環境で成育した NIC 群は赤色エリアへの滞在時間が有意に長く、メダカが本来持つ生得的な赤色嗜好性が確認された 。一方で、赤色環境で成育した Red 群は NIC 群よりもさらに赤色への嗜好性が強まり、青色環境で成育した Blue 群においては、本来の嗜好性が逆転して青色エリアを好む傾向が見られた 。このことから、メダカの色嗜好性は遺伝的な要因だけでなく、初期の成育環境に応じて適応的に変化する可塑性を持つことが明らかになった 。本結果は、魚類の行動選択において成育期の視覚経験が重要な役割を果たすことを示唆している 。これは、環境変化が激しい自然界において、魚類がどのように視覚情報を最適化して適応しているかを知る上で重要な知見となり得る。また、将来的に養殖業において、個体のストレスを最小限に抑える最適な飼育照明環境の設計に応用されることが期待される。

キーワード：色嗜好性　色覚経験

Ⅰ. はじめに

深町 (2019) は、魚類の持つ錐体オプシンの種類と数を調べることにより、メダカは 4 種類の錐体オプシンを保有しており、優れた色覚能力を有することを示していた。また、メダカは特定の波長に対し嗜好性を示すことがわかっている（心村ほか 2017)。しかし、これが遺伝的なものか、成長過程によって後天的に獲得されるなものなのかということには疑問が残る。もし、成育環境の光の色が後の色嗜好性に影響を及ぼすのであれば、魚類の行動選択において学習や環境順応が重要な役割を果たしていることになる。

本研究では卵の状態のメダカを特定の波長のみを通過する環境下でメダカを飼育し、その色に対する嗜好性が変化するかどうかを検証し、

Ⅱ. 手法

1）メダカの卵を一グループあたり 10 個になるよう 3 つのグループに分け、水槽の中で飼育した。

Red 群

水槽の周囲および上下を赤色セロファンで覆い他の色が水槽内に透過しないようにした。

Blue 群

水槽の周囲および上下を青色セロファンで覆い他の色が水槽内に透過しないようにした。

NIC 群

セロファンなどでおおっていない。

全ての水槽は全て直射日光が当たらない室内に並べておき餌は 1 日に 2 回与えた。

2）色嗜好性実験の手順

実験装置として新しい長方形型の水槽を用意し、片側半分を赤色セロファン、もう片側半分を青色セロファンで覆った。

１メダカの個体を中央にいれ、2 分間の順応時間を設ける。

２その後、5 分間の行動をビデオカメラで撮影し、赤色エリアと青色エリアのそれぞれの滞在時間を測定する。

３全てのグループで 5 回ずつ行い、平均の対座時間を算出する。

Ⅲ. 結果

1）育成過程における観察

孵化から約3ヶ月間の育成期間において、Red群、Blue 群および NIC 群のメダカの卵は全て孵化し、全ての個体が生存した（表 1)。また、給餌の際の

反応についても全ての個体において異常はなく、いずれも活発に摂餌行動を示した。成魚になった段階での体長は、Red 群で平均 28.4 mm、Blue 群で平均 27.9 mm、NIC 群で 28.1mm であった（表 1）。

表 1 メダカの孵化率、生存率、平均体長

群	孵化率（%）	生存率（%）	平均体長（mm）
NIC	100	100	28.1
Red	100	100	28.4
Blue	100	100	27.9

2）色嗜好性実験

各群 10 匹ずつ、計 30 匹について 5 分間（300 秒）の行動解析を行った。まず、NIC 群では、赤色エリアへの平均滞在時間が 172 秒、青色エリアが 128 秒であった。10 個体のうち 8 個体が赤色エリアに長く滞在する傾向を示し、メダカが本来持っている「赤色（長波長）を好む」という生得的な嗜好性が確認された。次に、Red 群では、赤色エリアへの平均滞在時間が 192 秒、青色エリアへの平均滞在時間が 108 秒であった。Red 群の個体の多くは、放流直後こそ中央付近に留まったが、1 分経過後には赤色エリアに定着し、壁面に沿って泳ぐ様子が観察された。 一方、Blue 群では、青色エリアへの平均滞在時間が 175 秒、赤色エリアへの平均滞在時間が 125 秒であった。Blue 群においても、自身が育成された環境と同じ青色エリアを選択する個体が多く見られた。（表 2）

表 2 それぞれの群の色ごとの滞在時間と標準偏差

	滞在時間（秒）		標準偏差
	青	赤	
NIC	128	172	15.2
Blue	108	192	12.4
Red	175	125	18.5

3）統計的有意差の確認

各群の滞在時間について t 検定を行った。Red 群は青色エリアに 175 秒、Blue 群は赤色エリアに 192 秒、それぞれ有意に滞在時間が長かった。また、NIC 群と Blue 群の青色エリア滞在時間を比較したところ、Blue 群の方が有意に長く、育成環境が嗜好性を変化させたことが統計的にも示された。

IV. 考察

1）メダカの生得的な色嗜好性と学習による色嗜好性についての考察

本実験において、通常環境で育成した NIC 群が赤色エリアを好む傾向を示したことは、Shimmura 他（2017）が報告している「メダカは長波長（赤色やオレンジ色）の光に対して先天的な嗜好性を持つ」という知見を支持するものである。しかし、赤色環境で育った Red 群では赤色への執着がさらに強まり、逆に青色環境で育った Blue 群では本来の好みが逆転して青色エリアを好むようになった（表 2）。この結果から、メダカの色嗜好性は遺伝的に決定された不変のものではなく、成育初期の視覚経験によって後天的に修飾されることが示唆された。これは、特定の波長に長時間さらされることで、その環境を「生存に適した安全な場所」と学習、あるいは順応した結果であると考えられる。

2）神経系および感覚器の可塑性についての推察

このような行動の変化が生じた要因として、視覚神経系の可塑性が考えられる。Suzuki and Tanaka（2018）は、魚類の成育過程において、外部の光環境に応じて網膜上の錐体細胞の感度や分布が変化する可能性を指摘している。本実験においても、Blue 群では青色を受容する短波長感受性オプシンの働きが強まり、青色光に対する感度や情報処理効率が向上したことで、行動の選択に変化が生じた可能性がある。

3）実験の課題と今後の展望

本実験の課題として、セロハンによる光量（明るさ）の減衰が挙げられる。赤色と青色のセロハンでは透過率が異なるため、メダカは色の波長そのものではなく、光の強度の差に反応していた可能性を否定できない。より厳密な検証のためには、光量子

計を用いて各区の光強度を一定に揃えた条件下での再実験が必要である。
今後は、この色嗜好性の変化が一生持続するのか、あるいは環境を戻せば嗜好性も戻るのかといった「変化の持続性」についても調査を進めることで、メダカの環境適応能力の限界をより深く解明できると考える。

V. 結論

本研究では、孵化直後からの光環境がメダカの色嗜好性に与える影響を検討した。その結果、赤色環境で育った個体は赤色を、青色環境で育った個体は青色をそれぞれ選好する傾向が確認された。この結果から、メダカの色に対する反応は遺伝的に決定された不変のものではなく、成育期の視覚経験によって後天的に修飾されうるものであることが示唆された。以上のことから、メダカの色嗜好性には高い可塑性が備わっており、初期の成育環境に適応するように行動選択が変化することが明らかになった。本研究で得られた知見は、野生下におけるメダカの生息環境への適応戦略や、飼育下における最適な光環境デザインを考える上で重要な基礎資料となると考えられる。

謝辞

指導してくださった市川学園の先生方に御礼申し上げる。

文　献

Homma, N., Harada, Y., Uchiyama, T., Kamei, Y. & Fukamachi, S. Protanopia (Red color-blindness) in medaka: a simple system for making color-blind fish and testing their spectral sensitivity. BMC Genet. 18, 10 (2017).

岩松鷹司（2006）：メダカ学全書．大学教育出版．

Shimmura, T., Nakayama, T., Shinomiya, A., Fukamachi, S., Yasugi, M., Watanabe, E., Shimo, T., Senga, T., Homma, N., Shinoda, T., Kamei, Y., Naruse, K. and Yoshimura, T.（2017）: Dynamic plasticity in phototransduction regulates seasonal changes in color perception. Nature Communications, 8, 412.

Suzuki, K. and Tanaka, M.（2018）: Visual plasticity in teleost fish. Journal of Fish Biology, 55（3）, 112 – 125.