

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：32607

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2014

課題番号：26660175

研究課題名(和文) 光波長誘導性摂餌活動のリズム分析

研究課題名(英文) Feeding activity and growth performance in self-feeding fish in response to lighting conditions

研究代表者

高橋 明義 (Takahashi, Akiyoshi)

北里大学・海洋生命科学部・教授

研究者番号：10183849

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：キンギョが食欲に応じて餌を摂取できる自発摂餌システムを構築した。このシステムを用いて環境光(背景色と照射光)がキンギョの摂餌と成長におよぼす影響を検討した。その結果、黒背景が白背景に比べて成長を促進すること、ならびに青色LED光が蛍光灯光に比べて食欲を亢進することが示唆された。また、キンギョにおいて背景色は食欲よりもむしろ代謝に影響する可能性が示された。

研究成果の概要(英文)：We established a self-feeding system for goldfish, which enabled it to continuously feed on demand. By using this system, we examined the effects of background color and blue LED light on the feeding and growth characteristics of goldfish. The results suggest that: 1) a black background promotes higher growth than does a white background, 2) blue LED light is more effective than fluorescent light in stimulating appetite, and 3) background colors affect energy metabolism rather than appetite.

研究分野：魚類分子内分泌学

キーワード：キンギョ 自発摂餌 背景色 摂餌量 青色LED光

1. 研究開始当初の背景

これまでに我々は特定波長光照射下での長期飼育が魚類の成長促進に有効であることを見出した。すなわち、カレイの成長には緑色光が、そしてコイには赤色光が有効である。一方、キンギョにおける短期間の飼育では、メラニン凝集ホルモン (MCH、食欲調節に係わる脳ホルモン) の遺伝子発現量が青色光下で増加する。一連の現象は、特定波長光が脳内の摂食中枢に作用したことを示唆する。しかし、そもそも光波長がどのようにして摂食中枢に作用したのか、その詳細は不明である。

2. 研究の目的

本研究は「自発摂餌」を応用して、環境光 (背景色と光波長) が魚類の摂食にどのような影響をおよぼすのかを探り、食欲調節に係わる脳ホルモンの発現動態との関連を明らかにすることを目的とした。なお、研究開始当初は、環境光に応じた自発摂餌活動の時間的な変化を解析する計画であった。しかし研究開始後に、背景の明暗が自発摂餌キンギョの成長に予想外の効果をもたらすことが明らかとなったため、当初の目的を一部変更した。

3. 研究の方法

(1) 自発摂餌システムの構築

キンギョに対応した自発摂餌システムを構築した。10ℓ ガラス水槽内に赤外線光ファイバーセンサを設置し、センサの先端にキンギョが接触すると市販の餌が1粒水面に落下するしくみである。本装置は同時に8基までの水槽において自発摂餌を行わせることができる。ただし、実験スペースの都合により、以降の実験では同時に最大6基の水槽を用いた。実験例数を増やすために各項目につき複数回実験を行った。

(2) 背景色が自発摂餌キンギョの摂餌と成長におよぼす影響

キンギョ計16個体 (平均初期体重6.3g) をそれぞれ個別の自発摂餌水槽に収容し、蛍光灯照明下において6日間自発摂餌させた。7日目に体サイズを測定した。その後、水槽の背景色を黒または白に変更し (n = 8)、試験期間として8日目から6日間自発摂餌させ、14日目に体サイズを測定した。自発摂餌終了後に水槽内の残り餌を数え、摂餌量を算出した。

(3) 青色LED光が自発摂餌キンギョの摂餌と成長におよぼす影響

キンギョ計18個体 (平均初期体重5.6g) を上記(2)の実験と同様にガラス水槽内で自発摂餌学習させた後、飼育試験を行った。試験期間中の背景色はすべて黒とし、照明を蛍光灯または青色LED照明 (ピーク波長464nm) とした (n = 9)。

4. 研究成果

(1) 自発摂餌システムの構築

1日あたり4時間連続で自発摂餌を行わせたところ、すべての個体が自発摂餌開始1日目から断続的な自発摂餌活動を行った。またいずれの個体も自発摂餌開始1日目に体重の2%以上の餌を摂食した。以上の結果から、本システムを用いることにより、キンギョの自発摂餌学習が可能であることが示された。また、1日あたり4時間連続で自発摂餌を行った場合、毎日換水することで適切な飼育環境と摂餌量を維持できることが判明した。

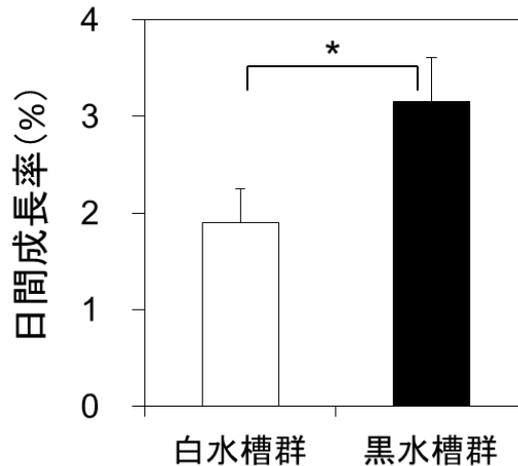


図1. 水槽色による日間成長率の違い。

\*  $P < 0.05$ , Student's t-test, n = 8

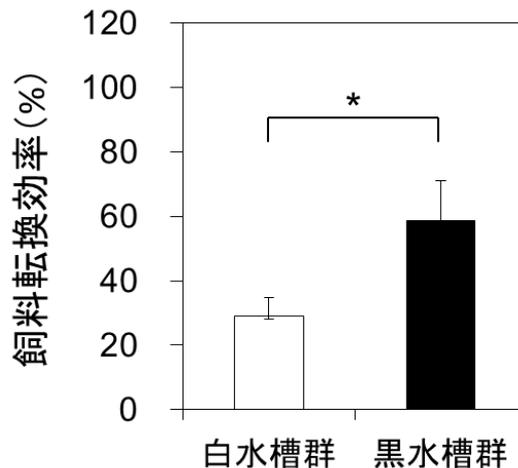


図2. 水槽色による飼料転換効率の違い。

\*  $P < 0.05$ , Student's t-test, n = 8

(2) 背景色が自発摂餌キンギョの摂餌と成長に及ぼす影響

試験期間中の日間成長率は黒水槽群のほうが白水槽群に比べて有意に高かった (図1、 $P < 0.05$ )。摂餌量に差は認められなかった ( $P = 0.36$ )。試験期間中の飼料転換効率 (体重増分 (g) / 摂餌量 (g) × 100%) は黒水槽群のほうが白水槽群に比べて有意に高かった (図2、 $P < 0.05$ )。以上の結果は、黒水槽内では白水槽内に比べてキンギョの飼料転

換効率が向上し、その結果、成長が促進されることを示唆する。

(3) 青色 LED 光が自発摂餌キンギョの摂餌と成長に及ぼす影響

試験期間中の日間成長率に差は認められなかった ( $P = 0.48$ )。一方、摂餌量は青色 LED 光照射群の方が蛍光灯照射群に比べて高かった (図 3、 $P < 0.01$ )。試験期間中の飼料転換効率に差は認められなかった ( $P = 0.60$ )。以上の結果は青色 LED 照明が蛍光灯に比べて摂餌を促進することを示唆する。青色 LED 照明には成長促進効果も期待されることであり、さらなる検討が必要である。

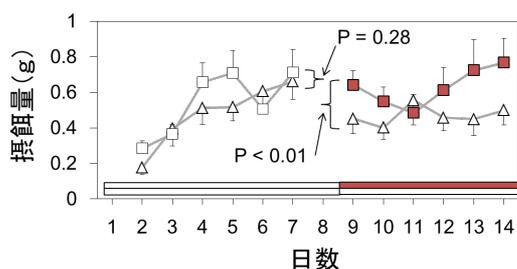


図 3. 青色 LED 光照射による摂餌量の増加。  
実験開始後 7 日目にはすべての水槽に蛍光灯光を照射した (と) 8 日目以降、半数の水槽に引き続き蛍光灯光を照射し ( ) 半数には青色 LED 光を照射した ( ) P 値は反復測定分散分析による ( $n = 8$ )

以上の結果から、自発摂餌条件下において、光環境はキンギョの成長と摂餌に影響することが明らかとなった。すなわち、黒背景は白背景に比べて成長を促進し、青色 LED 光は蛍光灯光に比べて摂餌を促進する。これらの現象は MCH の作用だけでは説明できない。黒背景において蛍光灯を照射したキンギョでは白背景時に比べて MCH の発現レベルは低い。黒背景において青色 LED 光を照射したキンギョでは、蛍光灯照射時に比べて MCH の発現レベルは高い。青色 LED 光照射時に摂餌量が増加したことは、MCH が食欲促進作用を持つことを示唆するが、もしその通りなら、黒背景時に比べて白背景時に食欲が高まるはずである。ところが、本実験において、蛍光灯照射したでは黒背景時と白背景時の摂餌量に差は認められなかった。

着目すべきは飼料転換効率である。黒背景時の高い成長率は飼料転換効率に負うところが大きい。キンギョにおいては、背景色は食欲よりもむしろ代謝活動に大きな影響をおよぼすと考えられる。環境光による成長促進効果のメカニズムを解明するためには、食欲のみならず代謝調節機構を視野に入れて研究を展開する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 5 件)

Mizusawa K, Kawashima Y, Sunuma T, Hamamoto A, Kobayashi Y, Kodera Y, Saito Y, Takahashi A. (2015). Involvement of melanin-concentrating hormone 2 in background color adaptation of barfin flounder *Verasper moseri*. General and comparative endocrinology 214, 140-148. 査読有. doi: 10.1016/j.ygcen.2014.07.008

Kasagi S, Mizusawa K, Murakami N, Andoh T, Furufuji S, Kawamura S, Takahashi A. (2014). Molecular and functional characterization of opsins in barfin flounder (*Verasper moseri*). Gene 556, 182-191. 査読有. doi:10.1016/j.gene.2014.11.054

Amano M, Mizusawa N, Okubo K, Amiya N, Mizusawa K, Chiba H, Takahashi A. (2014). Cloning of corticotropin-releasing hormone (CRH) precursor cDNA and immunohistochemical detection of CRH peptide in the brain of the Japanese eel, paying special attention to gonadotropin-releasing hormone. Cell and Tissue Research 356, 243-251. 査読有. doi:10.1007/s00441-013-1784-6

Kobayashi Y, Mizusawa K, Arai Y, Chiba H, Takahashi A. (2014). Inhibitory effects of  $\beta$ -endorphin on cortisol release from goldfish (*Carassius auratus*) head kidney: an *in vitro* study. General and comparative endocrinology 204, 126-134. 査読有. doi:10.1016/j.ygcen.2014.05.001

Takahashi A, Mizusawa K, Amano M. (2014). Multifunctional roles of melanocyte-stimulating hormone and melanin-concentrating hormone in fish: evolution from classical body color change. Aqua-BioScience Monographs. 7, 1-46. 査読有. doi:10.5047/absm.2014.00701.0001

[学会発表](計 6 件)

笠木聡, 水澤寛太, 高橋明義. カレイ目魚類における視覚オプシン機能の進化. 平成 27 年度日本水産学会春季大会, 2015 年 03 月 27 日 ~ 2015 年 03 月 31 日, 東京都港区東京海洋大学

水澤寛太, 友松将巨, 高橋明義. 光環境が自発摂餌キンギョの成長と摂餌に

及ぼす影響. 平成 27 年度日本水産学会  
春季大会, 2015 年 03 月 27 日~2015 年  
03 月 31 日, 東京都港区東京海洋大学

鈴木信雄, 服部淳彦, 高橋明義. 魚類  
のカルシウム代謝に対する黒色素胞刺  
激ホルモンの影響. 平成 26 年度日本動  
物学会中部支部大会能登大会, 2014 年  
11 月 22 日~2014 年 11 月 24 日, 石川県  
鳳珠郡能都町金沢大学環日本海域環境  
研究センター

Kasagi S, Mizusawa K, Takahashi A.  
Visual perception and neuroendocrine  
modulation in barfin flounder  
(*Verasper moseri*). The 39th Annual  
meeting of the Japan Society for  
Comparative Endocrinology, 2014 年 11  
月 07 日~2014 年 11 月 09 日, 愛知県岡  
崎市岡崎コンファレンスセンター

Mizusawa K, Kanda T, Yamamura Y,  
Cerdá-Reverter JM, Takahashi A.  
Movement of the xanthophore  
population induced by reciprocal  
transplantation of dorsal and ventral  
scales in goldfish. The 39th Annual  
meeting of the Japan Society for  
Comparative Endocrinology, 2014 年 11  
月 07 日~2014 年 11 月 09 日, 愛知県岡  
崎市岡崎コンファレンスセンター

Takahashi A, Kasagi S, Mizusawa K.  
Relationship between a specific  
wavelength of light and  
neuroendocrine system in fish. 27th  
conference of European Comparative  
Endocrinologists, 2014 年 08 月 25 日~  
2014 年 08 月 29 日, France, Rennes,  
University of Rennes 1

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:

番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
北里大学海洋生命科学部  
魚類分子内分泌学研究室  
<http://www.kitasato-u.ac.jp/fish/contents/lab/l12/k-research.html>

## 6. 研究組織

(1)研究代表者  
高橋 明義 (TAKAHASHI AKIYOSHI)  
北里大学・海洋生命科学部・教授  
研究者番号: 1 0 1 8 3 8 4 9

(2)研究分担者  
天野 勝文 (AMANO MASAFUMI)  
北里大学・海洋生命科学部・教授  
研究者番号: 1 0 2 9 6 4 2 8

水澤 寛太 (MIZUSAWA KANTA)  
北里大学・海洋生命科学部・講師  
研究者番号: 7 0 4 5 8 7 4 3

(3)連携研究者  
なし