

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：32607

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17H01489

研究課題名(和文) カレイ類の成長と代謝に及ぼす緑色光の内分泌作用機序の解明

研究課題名(英文) Studies on endocrine effects of green light on the growth and etabolisim in flounders

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) 33,000,000円

研究成果の概要(和文)：緑色光照射によるホシガレイの成長促進効果が照射時間の長さに依存し、5～15  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ の範囲で光量に依存しないこと、12～21の範囲で水温に依存しないこと、ならびに水槽の背地色に依存しないことを明らかにした。緑色光照射はメラニン凝集ホルモン、プロオピオメラノコルチン、ソマトラクチン遺伝子の発現変化をしばしば促すが、これらの発現変化は成長促進に必須ではないこと、またインスリンやインスリン様成長因子はこの現象に関与しないことを明らかにした。緑色光が皮膚に発現するオプシンに受容され、皮膚でのプロオピオメラノコルチン遺伝子の発現変化を促す可能性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

緑色光照射によるカレイの成長促進に視床下部-脳下垂体軸の光応答が必須ではないこと、ならびに緑色光は同化作用の促進を促す内分泌活動に影響しないことから、緑色光が何らかの神経活動の変化を介して摂食を亢進する可能性が示された。さらに魚類の皮膚に光に応答する内分泌系が存在するという想定外の発見があった。これらは緑色光による成長促進現象を理解するための重要な知見である。また、本研究によって明らかになった最大限の成長促進効果をもたらす照射条件は、水産増養殖における緑色光利用を推進する上で必要不可欠である。

研究成果の概要(英文)：In this study, we found that the growth-promoting effect of green light irradiation on spotted halibut depends on the duration of irradiation, while it is independent of the light intensity in the range of 5 to 15  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ , water temperature between 12 to 21 °C, and color of the aquarium substrate. Although the green light irradiation sometimes modulates the expression of melanin-concentrating hormone, proopiomelanocortin, and somatolactin genes, these changes are not essential for the growth promotion. Moreover, insulin and insulin-like growth factor 1 are not involved in this phenomenon. Here, we suggested that the green light irradiation received by opsins modulates the expression of proopiomelanocortin gene in the skin.

研究分野：水圏生命科学

キーワード：緑色光 カレイ ホシガレイ 成長 内分泌 脳下垂体 皮膚 オプシン

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

内分泌系の主役はホルモンである。魚類におけるホルモンの分泌は飼育環境の影響を強く受ける。背地色、すなわち水槽の色は典型的な環境要因であり、その色調や濃淡によって飼育魚の体色に変化する。内分泌系において、脳ホルモンのメラニン凝集ホルモン (MCH) は体色を淡くすると同時に、食欲を亢進する。この特性に着目してカレイ類のマツカワを白水槽で飼育したところ、顕著な成長促進が認められた。<sup>1)</sup>

カレイ類の色覚はすぐれており、紫外線および青・緑・赤色光を感知できる。<sup>2)</sup> このことから、成長促進 (もしくは MCH 産生) に、すべてのオプシンの刺激が必要なのか、あるいは一部のオプシンの刺激のみでも有効なのか、との疑問が生じた。そこで、青・緑・赤などの照明下で飼育したところ、マツカワ<sup>3)</sup>をはじめ、ホシガレイとヒラメ、さらにマコガレイの成長が緑色光により促進された。

マツカワを自然水温で飼育した予備実験において、緑色光下では、低水温でも摂餌が活発であった。この知見に基づいて恒温条件で飼育したところ、<sup>4)</sup> 発光ダイオード (LED) を光源とする青・緑・赤色光のいずれも成長を促進した。屋内光下では体重が減少してしまう低水温 (7℃) では、特に緑色光が有効であった。内在する成長促進機構を緑色光が呼び起こしたことになる。また、緑色光により肥満度も高まった。これらの結果により、特定波長光照射が成長と代謝に関わる内分泌系に影響を及ぼすことが想定された。そして、緑色光が特に有効であることが分かってきた。

7℃で飼育したマツカワでは、食欲を亢進する MCH 遺伝子の脳での発現と、成長促進に重要な成長ホルモン遺伝子の脳下垂体での発現量が緑色光下で低い。<sup>4)</sup> 現在は、水温が 9℃前後のときには緑色光下で MCH 遺伝子発現量が増えるとの知見を得ている。一方で、代謝に関わるインスリン様成長因子の血液中濃度は 7℃と 9℃の両方で高い。すなわち、一連の研究により、水温依存性をはじめとして、緑色光と内分泌、代謝、成長に関して解明すべき多くの課題が生じた。

### 2. 研究の目的

申請者らはカレイ類の成長が緑色光により促進されることを見いだした。当初マツカワで見つけたこの現象は、ホシガレイ、ヒラメおよびマコガレイにおいても認められることから、カレイ類に共通する可能性が高い。しかし、そのメカニズムについては断片的な知見を得ているにすぎない。本研究では、一連の研究に基づく仮説「緑色光が成長と代謝に関わる内分泌系、すなわちホルモンの機能を最大限に引き出してカレイ類の成長を促進する」を検証する。緑色光の活用は画期的な養殖技術に発展する可能性を大いに秘めている。緑色光の成長促進メカニズムを解明して学術的意義を確立すると同時に、得られた知見を生産者と消費者に提供して水産業に貢献する。

研究開始当初は、成長促進に効果的な光照射条件の検証、摂食と成長に関わる内分泌メカニズムの解明、ならびに緑色光による同化作用促進現象の解明を進めた。その過程で、カレイが皮膚において光を受容し、かつホルモンを産生する可能性が明らかになった。本研究では、緑色光による成長促進現象を支える基本的なメカニズムとして、主に目からの光入力系と、脳視床下部における摂食調節系、ならびに内分泌系による同化作用の調節系に着目してきたが、新たに皮膚における局所的な光応答系も研究対象に加えることとした。本研究の方法と成果についてそれぞれ下記の項目にまとめて報告する。

- (1) 光照射条件：両色光の照射時間と光強度、水温、照射時の背地色が成長と行動に及ぼす影響
- (2) 脳と脳下垂体のホルモン：脳および脳下垂体ホルモンの産生に対する緑色光の影響
- (3) 同化作用：消化器系ホルモンと筋肉における栄養代謝に対する緑色光の影響
- (4) 皮膚における光応答：皮膚における光受容系とホルモン産生に対する緑色光の影響

### 3. 研究の方法

#### (1) 光照射条件

##### 緑色光の照射時間

緑色光照射時間の長短と成長の関係を明らかにするため、ホシガレイに対して緑色 LED 光 (水面上  $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) を 1 日あたり 3 時間、6 時間、または 12 時間照射して 28 日間飼育した。対照群は屋内光で飼育した。実験群では屋内光に緑色 LED 光を追加した。

##### 緑色光の強度

緑色光の成長促進効果における光強度依存性を明らかにするため、ホシガレイに異なる 3 種類の強度の緑色 LED 光 (それぞれ水面上 5、10、および  $15 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) を 1 日 10 時間照射して 28 日間飼育した。

##### 水温と緑色光

水温が緑色光照射による成長促進におよぼす影響を明らかにするため、水温 12℃、15℃、21℃、18℃においてホシガレイに緑色光 (水面上  $10 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) を 1 日あたり 10 時間照射して 30 日間または 31 日間飼育した。

## 背地色と緑色光

本研究が脳内の摂食調節因子として注目した MCH と MSH は体色調節における主要なホルモンとしても知られている。MCH とプロオピオメラノコルチン (POMC、MSH の前駆体) は、複数の魚類においてその遺伝子発現量が背地色の違いに応じて変化することが知られている。MCH と POMC が緑色光による成長促進現象の主要因子であるならば、背地色もまた成長に影響を及ぼす可能性がある。そこで、ホシガレイを白あるいは黒背地でそれぞれ 12 日間飼育した。また白背地で 1、3、または 7 日間飼育した。さらに背地色と緑色光照射に相乗的な効果があるかどうかを検証するため、40 日間白あるいは黒背地水槽において緑色光を照射した。

### 緑色光と行動

ホシガレイの行動に対する緑色光の効果を明らかにするために、ホシガレイを円型水槽に収容し、白色 LED 光と緑色 LED 光を交互に照射して、行動を動画に記録した。

## (2) 脳と脳下垂体のホルモン

緑色光による成長促進に関わる内分泌メカニズムを明らかにするため、上記(1) ~ において、飼育後の個体の脳と脳下垂体ならびに血液を採取し、各種ホルモン遺伝子の発現量と血漿ホルモンの血中濃度を測定した。

## (3) 同化作用

緑色光照射魚と非照射魚の筋肉を採取し、筋肉中の遊離アミノ酸成分の比較を行なった。緑色光と食欲・成長関連ホルモン、アミノ酸およびグルコース輸送系の関連を明らかにするため、緑色光照射下または非照射下で 1 ヶ月飼育したホシガレイの脳下垂体 RNA のトランスクリプトーム解析を行なった。Miseq を用いて転写産物の塩基配列を解読した後、Maser を用いて RNA-seq 解析を行なった。

## (4) 皮膚における光応答

上記(1) などで緑色光照射魚と非照射魚の皮膚を採取し、POMC-C 遺伝子の発現量を測定した。さらに培養条件下の皮膚片に対して緑色光などの LED 光を照射し、POMC-C 遺伝子の発現量を測定した。ホシガレイ皮膚において光受容を担う分子を明らかにするため、皮膚に発現する光感受性タンパク質遺伝子の同定を行った。また、皮膚光応答系に対する緑色光の作用を明らかにするため、緑色光照射下または非照射下で 1 ヶ月飼育したホシガレイの皮膚から抽出した RNA を用いてライブラリを作成し、上記(3)と同様に RNA-seq 解析を行なった。

## 4. 研究成果

### (1) 光照射条件

#### 緑色光の照射時間

緑色 LED 光の照射時間が長くなるにつれてホシガレイの成長(図 1)、摂餌量、胃充満度及び肥満度が良好となり、12 時間照射群における 28 日後の体重は対照群に対して有意に増加した。同様の増加は全長と体重の日間成長率にも認められた。

#### 緑色光の強度

緑色 LED 光を照射下のホシガレイにおける全長の日間成長率は対照群に比べて高かったが光強度依存性は認められなかった(図 2)。研究代表者らは既にマツカワにおいても緑色光の成長促進効果に水面上光量  $2\sim 21 \mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$  の範囲内で光量依存性がないことを明らかにしている。<sup>5)</sup> 一定の範囲内であれば照射光量が異なっても同様の成長促進効果が得られるものと考えられる。

#### 水温と緑色光

12、15、18、21 のいずれの水温においても緑色光はホシガレイの成長を促進した(図 3)。<sup>6)</sup> 研究代表者らは同様な結果をマツカワにおいても得ている。<sup>4)</sup> 緑色光照射による成長促進が幅広い水温帯で有効なことが示された。

#### 背地色と緑色光

白背地または黒背地に 12 日間馴致したホシガレイ間で、体色の明度に差はなかった。また、白背地に移行後 1 日の体色は移行前に比べて薄くなったが、3 日後と 7 日後の体色は移行前の濃さに戻った。

白背地または黒背地において緑色光照射下または非照射下でホシガレイを 40 日間飼育した結果、体重と全長の日間成長率は背地色を問わず、緑色光照射によって有意に高い値を示した(図 4)。<sup>7)</sup> 一方、光源を問わず、白または黒背地区の間では有意差は認められなかった。

#### 緑色光と行動

白色光照射と緑色光照射の間で行動に有意な変化は認められなかった。しかし、種苗生産時と中間育成時のいずれにおいても緑色光を照射下で遊泳行動が活発になることが観察されていることから、緑色光に行動を活性化させる効果があるかどうかは引き続き検証が必要である。

以上、と の結果から、ホシガレイの成長促進に効果的な緑色光の照射時間と光量が明らかとなった。また の結果から、ホシガレイにおいては緑色光による成長促進に背地色の違いは影響しないことが明らかとなった。

以上、本研究によって、緑色光によるホシガレイの成長促進は、1 日あたりの光照射時間が長

いほど顕著であること、光の強度、水温、背地色は少なくとも本研究において検証した条件の範囲内で緑色光の成長促進効果に影響しないことが示された。本研究により、緑色光の成長促進効果を実際の養殖に応用する上で重要な知見が得られた。

## (2) 脳および脳下垂体ホルモン

上記(1)の実験において、脳内における MCH 遺伝子の発現量は緑色光照射によって増加したが光強度依存性はなかった(図5)。一方、実験と実験では脳内 MCH mRNA 発現量は緑色光によって変化せず、さらに実験においては意外なことに、背地色の違いによる差も認められなかった(図6)。<sup>7)</sup> この結果は、ホシガレイでは緑色光による成長促進に MCH が必要でないことを示す。研究代表者らは、これまでのマツカワにおける研究結果から、緑色光による成長促進現象の主要な因子は MCH であり、緑色光による脳内の MCH 増加が摂食行動を促す、と想定していた。しかし、この想定は少なくともホシガレイにおいては当てはまらない可能性がある。実験において緑色光による顕著な行動の変化が認められないことも、この可能性を支持する。

この他、実験において脳下垂体のソマトラクチン(SL)および POMC-C 遺伝子の発現に減少傾向が認められた。実験において脳下垂体における SL 遺伝子の発現量は光強度依存的に減少した(図7)。SL はニジマスにおいて肝臓の脂質代謝に関与することが知られている。<sup>8,9)</sup> ホシガレイにおいて、緑色光が SL を介して脂質代謝に影響する可能性が浮上した。

実験において、MCH 遺伝子は 12~21 のどの水温においても緑色光照射下で緑色光非照射下よりも高い値を示した。一方、インスリン(INS)とインスリン様成長因子(IGF-1)の血中濃度には、水温および緑色光照射の有無による差は認められなかった(図8)。<sup>6)</sup> INS と IGF-1 は体細胞における同化を促す主要な液性因子である。なお、肥満度は水温 15 および 18 において、緑色光照射下で緑色光非照射下よりも高い値を示した。以上の結果は、緑色光による成長促進は同化作用の変化を必ずしも伴わないことを示唆する。

Maser によるトランスクリプトーム解析の結果、脳下垂体において緑色光照射によって発現量が有意に増加する遺伝子を 10 個、有意に減少する遺伝子を 20 個同定した。中には転写調節因子や細胞の増殖に関連する遺伝子やエストロゲン受容体様遺伝子などが含まれていたが、摂食や成長を調節するホルモンに関連する遺伝子は含まれていなかった。

## (3) 同化作用

緑色光照射下で飼育したホシガレイの筋肉において、遊離アミノ酸には対照区の間には差異は認められなかった。<sup>10)</sup> この成果は、緑色光の成長促進効果のメカニズム解明を、筋肉そのものではなく、行動を視野に入れて中枢の内分泌系および神経系において追求するべきであることを示唆する。

## (4) 皮膚における光応答

(1)の実験において、皮膚では POMC-C 遺伝子の発現量が緑色光照射条件下で対照区より高いことが判明した。一方、培養条件下の皮膚に対して緑色光はむしろ青色光に比べて POMC-C 遺伝子発現量を低下させた。もっとも、すべての光条件下において培養後の POMC-C 発現量は培養前の発現量よりも減少しているため、培養条件下での結果は皮膚の生理学的な応答を反映しているとは言い難い。皮膚培養の条件をさらに検討する必要がある。

照射有眼側皮膚においてエキソロドプシン、エンセファロプシン、メラノプシン、ニューロプシンの各遺伝子の発現を認めた。これらのオプシンは視覚以外の光情報処理(体内時計など)に関わっていることが知られている。以上の結果は、皮膚において非視覚オプシンが受容した光情報が皮膚内の POMC-C 産生細胞に伝達されていることを示唆する。

Maser によるトランスクリプトーム解析の結果、皮膚において緑色光照射によって発現量が有意に増加する遺伝子を 14 個、有意に減少する遺伝子を 20 個同定した。中には細胞の増殖、代謝に関わる遺伝子やチャネルタンパク質の遺伝子が含まれていたが、ホルモンに関連する遺伝子は含まれていなかった。したがって、皮膚において光応答ならびにホルモン分泌が行われているかどうかはまだ不明である。皮膚に光応答するホルモン分泌システムが存在するとしても、そのシステムに関与する細胞は限られているものと思われる。今後、皮膚における光受容とその内分泌学的な意義を追求するためには、皮膚におけるオプシン発現細胞と POMC-C 発現細胞の同定が必要である。

本研究により、ホシガレイの皮膚において POMC-C 発現が発現すること、その発現量は末梢で受容した光刺激に応じて変動することが明らかとなった。これは緑色光が傍分泌的な内分泌活動によって皮膚に何らかの作用を及ぼす可能性を示唆する。ヒトを含む哺乳類の皮膚では、表皮のケラチノサイトが紫外線などの刺激によって MSH を分泌し、基底膜に接するメラノサイト(黒色素細胞)を刺激してメラニン合成を促すことが知られている。<sup>11,12)</sup> ホシガレイの皮膚において POMC-C に由来する MSH が産生されているかどうかは不明であるが、哺乳類と硬骨魚類の体色変化に共通するメカニズムが存在する可能性が本研究によって初めて示された。

## 文献

- 1) Yamanome T, Amano M, Takahashi A. (2005) White background reduces the occurrence of staining, activates melanin-concentrating hormone and promotes somatic growth in barfin flounder. *Aquaculture* 244, 323–329.

- 2) Kasagi S, Mizusawa K, Murakami N, Andoh T, Furufuji S, Kawamura S, Takahashi A. (2015) Molecular and functional characterization of opsins in barfin flounder (*Verasper moseri*). *Gene* 556, 182–191.
- 3) Yamanome T, Mizusawa K, Hasegawa E, Takahashi A. (2009) Green light stimulates somatic growth in the barfin flounder *Verasper moseri*. *Journal of Experimental Zoology* 311A, 73–79.
- 4) Takahashi A, Kasagi S, Murakami N, Furufuji S, Kikuchi S, Mizusawa K, Andoh T. (2016) Chronic effects of light irradiated from LED on the growth performance and endocrine properties of barfin flounder *Verasper moseri*. *General and Comparative Endocrinology* 232, 101–108.
- 5) Takahashi A, Kasagi S, Murakami N, Furufuji S, Kikuchi S, Mizusawa K, Andoh T. (2018) Effects of different green light intensities on the growth performance and endocrine properties of barfin flounder *Verasper moseri*. *General and comparative endocrinology* 257, 203–210.
- 6) Shimizu D, Kasagi S, Takeuchi R, Maeda T, Furufuji S, Mizusawa K, Andoh T, Takahashi A. (2019) Effects of green light on the growth of spotted halibut, *Verasper variegatus*, and Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, and on the endocrine system of spotted halibut at different water temperatures. *General and comparative endocrinology* 271, 82–90.
- 7) Shimizu D, Mizusawa K, Maeda T, Yamaguchi D, Takahashi A. (2021) An evaluation of the growth-promoting effects of green light on spotted halibut for its practical application in aquaculture. *Fisheries Science* 87, 113–119.
- 8) 清水大輔, 安藤忠, 東畑顕, 石田典子, 二階堂英城, 水澤寛太, 高橋明義. (2020) 緑色光照射下で飼育したホシガレイの品質評価. *水産増殖 (Aquaculture science)* 68, 169–176.
- 9) Kaneko T, Kakizawa S, Yada T. (1993) Pituitary of “cobalt” variant of the rainbow trout separated from the hypothalamus lacks most pars intermedia and neurohypophysial tissue. *General and Comparative Endocrinology* 92, 31–40.
- 10) Yada T, Moriyama S, Suzuki Y, Azuma T, Takahashi A, Hirose S, Naito N. (2002) Relationships between obesity and metabolic hormones in the “cobalt” variant of rainbow trout. *General and Comparative Endocrinology* 128, 36–43.
- 11) 廣部智久. (2015) メラノサイトの増殖・分化に働く外的要因. 色素細胞・第2版, 伊藤祥輔, 柴原茂樹, 錦織千佳子監修, 慶應義塾大学出版会, 東京, 31–43.
- 12) 石田森衛, 大林典彦, 福田光則. (2015) メラノソームの形成とケラチノサイトへの輸送. 色素細胞・第2版, 伊藤祥輔, 柴原茂樹, 錦織千佳子監修, 慶應義塾大学出版会, 東京, 44–58.

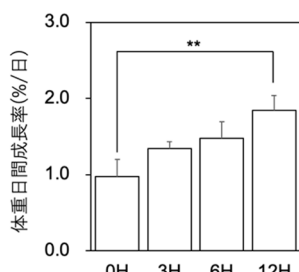


図 1. 緑色光の照射時間の違いが成長におよぼす影響

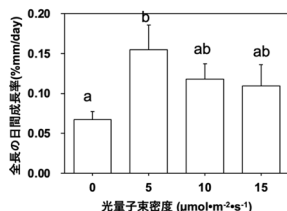


図 2. 緑色光の光量の違いが成長におよぼす影響

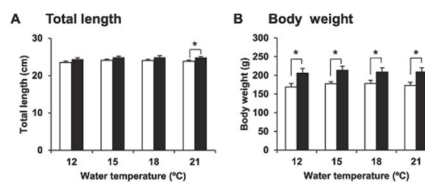


図 3. 水温が成長におよぼす影響

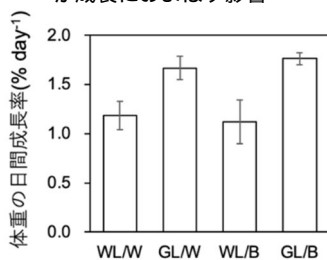


図 4. 背地色と照射光の違いが成長におよぼす影響

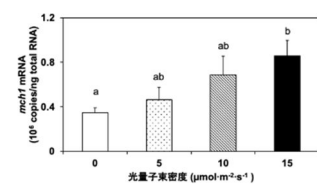


図 5. 緑色光の光量の違いが脳内メラニン凝集ホルモン発現量におよぼす影響

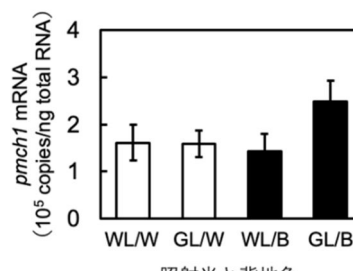


図 6. 背地色と照射光の違いが脳内メラニン凝集ホルモン発現量におよぼす影響

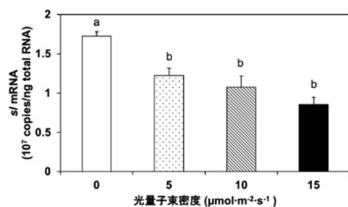


図 7. 緑色光の光量の違いが脳下垂体内ソマトラクチン発現量におよぼす影響

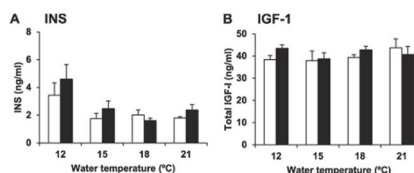


図 8. 水温が血中インスリンおよびインスリン様成長因子濃度におよぼす影響

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 高橋明義, 笠木聡, 水澤寛太	4. 巻 48
2. 論文標題 緑色光はいかにしてカレイ類の成長を促進するのか	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 豊かな海	6. 最初と最後の頁 94-99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 高橋明義, 清水大輔, 都留久美子, 木敷仁和, 水澤寛太	4. 巻 22
2. 論文標題 緑色光照射によるホシガレイとヒラメの成長促進	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 アクアネット	6. 最初と最後の頁 44-49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Shimizu, D., Kasagi, S., Takeuchi, R., Maeda, T., Furufuji, S., Mizusawa, K., Andoh, T., Takahashi, A.	4. 巻 271
2. 論文標題 Effects of green light on the growth of spotted halibut, <i>Verasper variegatus</i> , and Japanese flounder, <i>Paralichthys olivaceus</i> , and on the endocrine system of spotted halibut at different water temperatures	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 General and Comparative Endocrinology	6. 最初と最後の頁 82-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ygcen.2018.11.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takahashi, A., Kasagi, S., Murakami, N., Furufuji, S., Kikuchi, S., Mizusawa, K., Andoh, T.	4. 巻 257
2. 論文標題 Effects of different green light intensities on the growth performance and endocrine properties of barfin flounder <i>Verasper moseri</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 General and Comparative Endocrinology	6. 最初と最後の頁 203-210
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ygcen.2017.04.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kasagi, S., Mizusawa, K., Takahashi, A.	4. 巻 8
2. 論文標題 Green-shifting of SWS2A opsin sensitivity and loss of function of RH2-A opsin in flounders, genus <i>Verasper</i>	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 1399-1410
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ece3.3745	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計34件 (うち招待講演 8件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 Takahashi, A., Daisuke, S., Kasagi, S., Mizusawa, K., Andoh, T.
2. 発表標題 Fish growth under chromatic light
3. 学会等名 8th Intercongress symposium of the Asia Oceania Society for Comparative Endocrinology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 高橋明義, 清水大輔, 水澤寛太	4. 発行年 2019年
2. 出版社 シーエムシー	5. 総ページ数 266
3. 書名 陸上養殖の最新動向	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	天野 勝文  (Amano Masafumi)  (10296428)	北里大学・海洋生命科学部・教授    (32607)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	安藤 忠  (Andoh Tadashi)  (20373467)	国立研究開発法人水産研究・教育機構・西海区水産研究所・主幹研究員    (82708)	
研究分担者	水澤 寛太  (Mizusawa Kanta)  (70458743)	北里大学・海洋生命科学部・准教授    (32607)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関