

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2023

課題番号：20H03288

研究課題名(和文) 半月周期性産卵リズムの形成機構：潮汐を伝える体内時計の関わりと分子基盤の解明

研究課題名(英文) Molecular basis of semilunar spawning rhythm: Involvement of a tidal cycle-related biological clock.

研究代表者

安東 宏徳 (Ando, Hironori)

新潟大学・佐渡自然共生科学センター・教授

研究者番号：60221743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：クサフグの松果体では、約1000個の遺伝子が半日周期で発現変動することが推定され、概潮汐時計が概日時計と連動して半月周リズムを形成することが支持された。潮汐の変化がほとんどない佐渡島のクサフグは、月齢に伴った遺伝子発現変動が見られず、半月周性リズムの形成機構を持たないと考えられる。生殖神経内分泌系の周期的調節機構の一つとして、半月周発現を調節する転写因子C/EBPdを同定した。また、メラトニンが潮汐サイクルに同調したリズムの発振に関わるとともに、生殖神経内分泌系を周期的に調節することが示唆された。クサフグの稚仔魚の自発行動は概日リズムを示すとともに、光刺激に応答して二峰性リズムを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

生物はそれぞれの生息環境に合わせて独自の生殖リズムを持っている。中でも多くの海洋生物は月齢や潮汐サイクルに同調した生殖リズムを持っているが、そのリズムを調節する分子機構は不明である。本研究では、大潮の満潮前に産卵するクサフグをモデルとして、生殖神経内分泌系の周期的調節という点から研究を行い、潮汐サイクルに同調する体内時計の機能的分子基盤の一端を明らかにした。本研究は、これまで概日時計の分子機構に焦点が当てられてきた時間生物学の方向を転換させて、生物が持つ多様な体内時計機構を解明する研究であり、生物リズムに関するより普遍的な生物原理の発見へとつながるものとして、その学術的また社会的意義は大きい。

研究成果の概要(英文)：In the pineal gland, it was estimated that approximately 1000 genes fluctuate in expression on a semidiurnal cycle, supporting the idea that the circatidal clock works in conjunction with the circadian clock to form a semilunar spawning rhythm. The male grass puffer from Sado Island, where there is little tidal variation, do not show lunar age-dependent gene expression, suggesting that they do not have the mechanism for regulating the semilunar spawning rhythm. We identified the transcription factor C/EBPd, which regulates semilunar gene expression, as one of the cyclic regulatory mechanisms of the reproductive neuroendocrine system. It was also suggested that melatonin is involved in the oscillation of gene expression synchronized with the tidal cycle and regulates the reproductive neuroendocrine system cyclically. The locomotion of larval and juvenile fish exhibited a circadian rhythm under constant darkness as well as a bimodal rhythm in response to light stimulation.

研究分野：生殖内分泌学、神経内分泌学

キーワード：生殖リズム 潮汐サイクル 月周リズム 体内時計 概潮汐時計 生殖神経内分泌系 メラトニン 松果体

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

動物は生息環境に合わせてさまざまな生殖リズムを持っている。脊椎動物の生殖中枢は、視床下部 - 下垂体系を中心とした生殖神経内分泌系であるが、その働きが感覚系から入力された環境情報に応じて周期的に調節される仕組みは、まだよくわかっていない。また、生物リズムの形成には、松果体に存在する体内時計と、松果体から光および時計依存的に分泌されるメラトニンが重要な役割を持つと考えられるが、両者の機能的相互作用や、両者による生殖中枢の周期的な調節機構は不明である。本研究では、初夏の新月と満月の日の満潮前に特定の海岸に集まって産卵するクサフグを研究モデルとして、その半月周性(2週間周期)の産卵リズムを調節する仕組みについて、体内時計と光、潮汐による生殖神経内分泌系の調節という観点から研究を行った。また、そのリズムが個体の受精卵から成体までの発育過程でいつ形成されるのかを明らかにするため、稚仔魚の行動リズムを解析した。研究開始当初の背景として、本研究開始以前に明らかになっていた主な点を次に挙げる。

【松果体に関する知見】血中メラトニン量は、暗期に高く明期に低いという明瞭な日周変動を示すとともに、夜間の分泌量は月明かりに応じて変化する。メラトニンは月齢の情報を中枢や末梢に伝達すると考えられる。松果体において、メラトニン受容体(MelR)遺伝子は約15時間周期の変動を示し、概日時計遺伝子Periodは約24時間周期の概日変動を示す。また、松果体を用いた予備的なトランスクリプトーム解析の結果、約800個の遺伝子が約15時間周期で発現変動することが推定された。これらの結果は、クサフグの松果体には潮汐サイクルに同調する体内時計と概日時計の2種類の体内時計が存在することを示唆している。概潮汐時計と概日時計があると半月周性リズムを作ることができる(ビート仮説)。

【生殖神経内分泌系に関する知見】生殖機能を調節する神経ホルモンである生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)、生殖腺刺激ホルモン放出抑制ホルモン(GnIH)、キスペプチンの各遺伝子の発現量は日周変動、概日変動、月周変動を示す。GnIHとキスペプチンの遺伝子発現はメラトニン投与によって刺激される。また、生殖神経内分泌系が含まれる間脳のトランスクリプトーム解析の結果、MelR遺伝子を含む約200個の遺伝子が約15時間周期で発現変動することが推定された。

【野外および飼育下における産卵リズムに関する知見】野外の産卵行動調査において、干満の潮位差が大きい九州では、雌雄共に明瞭な半月周性の産卵リズムが見られるが、干満差がほとんどない佐渡島では、雄は半月周性を持たず毎日産卵に加わるが、雌は弱いながらも約2週間周期の産卵リズムを示す。クサフグの産卵リズムは、生息場所の潮汐サイクルや雌雄によって異なっている。また、飼育下における産卵リズムに関して、九州集団の成熟した雌雄個体を底面に石で斜面を作った水槽で飼育し、水位一定/恒暗条件下で行動観察した結果、魚は大潮の日の満潮の前に斜面に集合した。クサフグは内因性の半月周性の産卵行動リズムを持つと考えられる。

2. 研究の目的

これらの結果を基に、本研究ではクサフグの松果体に存在すると考えられる潮汐サイクルに同調する体内時計すなわち概潮汐時計の機能的分子基盤の解明を目指して、次の4点について研究を行った：1) 潮汐/半月周性リズムに関連する遺伝子の網羅的探索(トランスクリプトーム解析による半日周期および半月周期で発現変動する遺伝子群の同定、および産卵リズムの異なる佐渡の雄における遺伝子発現変動解析)；2) 潮汐/半月周性リズムを作る時計候補遺伝子の機能解析法の検討(モルフォリノオリゴによる発現抑制)；3) 生殖神経内分泌系の周期的調節の機能形態学的解析(メラトニン受容体発現細胞の脳内分布)；4) 半月周性リズムのOntogeny(稚仔魚の行動リズムの解析)。

3. 研究の方法

1) 潮汐/半月周性リズムに関連する遺伝子の網羅的探索

半日周期で発現変動する遺伝子群の同定

松果体に存在すると考えられる潮汐サイクルに同調する新規の体内時計の分子基盤を明らかにするため、松果体のトランスクリプトーム解析を行い、半日周期で発現変動する遺伝子を網羅的に探索した。産卵期にクサフグを採集し、恒暗条件下で2日間飼育した後、3日目のCircadian time 0から3時間ごとに8回全脳を弱赤色光下で採取した。脳試料をRNAlaterで処理した後、松果体の全RNAを調製した。各試料のRNAを調製してcDNAライブラリーを作製し、次世代シーケンサー(NovaSeq6000、イルミナ社)を用いてシーケンシングした。得られた配列データについて、トラフゲノムを用いてマッピング、アノテーションを行った。各遺伝子の発現量について、6時間で2倍以上の上昇と減少を2回繰り返した遺伝子を選び出した。

半月周期で発現変動する遺伝子群の同定

半月周性産卵リズムの形成機構の分子基盤を明らかにするため、生殖神経内分泌系を含む終脳から間脳にかけての領域と下垂体のトランスクリプトーム解析を行い、半月周期で発現変動

する遺伝子を網羅的に探索した。産卵期に1週間ごとに8回雄のクサフグを釣りによって採集し、脳試料を採取して全RNAを調製した。各試料のRNAを調製してcDNAライブラリーを作製し、次世代シーケンサーを用いてシークエンスした。得られた配列データについて、トラフグゲノムを用いてマッピング、アノテーションを行った。各遺伝子の発現量について、大潮（新月と満月）と小潮（上弦と下弦）で異なる遺伝子を選び出した。

佐渡島の雄における遺伝子発現変動解析

半月周性産卵リズムの形成機構を明らかにする研究の一つとして、干満差がほとんどない佐渡島の雄のクサフグを用いて、太平洋産のクサフグにおいて月齢に伴った発現変動を示す遺伝子群の月周発現変動を解析した。産卵期の大潮と小潮の日に佐渡島の産卵場に集合した雄のクサフグを釣りによって採集した。魚の全脳を摘出してRNAlaterで処理した後、間脳と終脳をトリミングした。それぞれの試料から全RNAを抽出し、逆転写してcDNAを調製した。これらを用いてリアルタイムPCR法により、太平洋側のクサフグで月齢に伴った発現変動を示す次のグループの21遺伝子の発現量を解析した：生殖腺の成熟を刺激する神経ホルモンの前駆体とその受容体の遺伝子5個；体内時計関連遺伝子3個；神経ペプチドの前駆体とその受容体の遺伝子13個。

2) 潮汐/半月周性リズムを作る時計候補遺伝子の機能解析法の検討

潮汐/半月周性リズムを作る時計候補遺伝子の機能を解析する実験系を確立するため、Vivo-モルフォリノオリゴ(GeneTools)による遺伝子発現抑制実験系を検討した。脳髄膜で作られる糖たんぱく質であるエベンジミン(EPN)を標的遺伝子として、Vivo-モルフォリノオリゴ(EPN-MO)の投与条件を検討した。クサフグ幼魚にEPN-MOを腹腔内もしくは脳室内に注射し、投与後の行動を観察するとともに、4時間後、24時間後に脳を採取して、EPNの発現を免疫染色法とウエスタンブロッティング法で解析した。

3) 生殖神経内分泌系の周期的調節の機能形態学的解析

クサフグの間脳において、GnIHとキスペプチンの遺伝子発現はメラトニンによって刺激される。メラトニンの夜間の分泌量は月明かりに応じて変化することから、GnIHとキスペプチンの月齢に伴った発現変動にメラトニンが関与すると考えられる。メラトニンによる生殖神経内分泌系の周期的調節の形態学的基盤として、メラトニン受容体の発現細胞の脳内分布をin situ ハイブリダイゼーション(ISH)法により解析した。産卵期にクサフグを採集し、脳を摘出して4%パラホルムアルデヒド溶液または10%中性緩衝ホルマリン液で固定した後、パラフィンに包埋した。冠状面の切片を終脳から延髄にかけて作製し、RNAscope 2.5HD Reagent Kit(Advanced Cell Diagnostics)を用いてISHを行った。プローブとして、メラトニン受容体(Mellb)mRNAの約1200塩基領域に結合する20ZZプローブを用いた。また、キスペプチン細胞に*mellb*が発現しているかどうかを明らかにするため、*mellb* mRNAとキスペプチン免疫陽性シグナルの共同在を解析した。

4) 半月周性リズムの Ontogeny

クサフグの成体で見られる半日周性の遺伝子発現が、発生や成長の過程でいつ形成されるのかを明らかにするため、仔魚における*mellb*遺伝子の発現を解析したところ、恒暗条件下で主観的明期の始めと終わりに2つのピークを持つ半日周性の変動を示す傾向が見られた。そこで、本研究では仔稚魚の自発行動の日周リズムについて検討した。産卵期に人工授精を行い、受精卵を飼育して稚仔魚および幼魚を育成した。孵化直後、孵化後1週間、孵化後3週間の仔稚魚の自発行動リズムについて、ダニオビジョン(Noldus)を用いて明暗条件および恒暗条件下で解析した。また、孵化後6か月の幼魚の自発行動リズムについて、エソビジョンXT(Noldus)を用いて明暗条件下で解析した。

4. 研究成果

1) 潮汐/半月周性リズムに関連する遺伝子の網羅的探索

半日周期で発現変動する遺伝子群の同定

松果体で発現していた約20000個の遺伝子のうち、約1000個の遺伝子が半日周期の発現変動をすることが推定された。これらの遺伝子には、神経細胞間の情報伝達に関わる分子をコードする遺伝子が多数含まれていた。これら遺伝子の発現リズムは概潮汐時計によって調節されている可能性がある。

半日周期で発現変動する遺伝子群の同定

生殖神経内分泌系を含む脳領域において、大潮と小潮で発現量の異なる遺伝子125個を同定した。その中の一つである転写因子C/EBPd遺伝子は大潮で発現量が上昇するとともに、GnRH細胞と同じ部位で発現し、その遺伝子産物がGnRH遺伝子の転写を活性化することがわかった。C/EBPdは月周発現を調節する転写因子として世界で初めて同定された分子である。さらに、大潮で発現量が上昇する遺伝子としてプロスタグランジンE₂(PGE₂)受容体遺伝子が同定された。PGE₂は、クサフグの生殖腺から周りの海水に分泌されて、一斉産卵行動を誘起するフェロ

モンとして作用することが明らかになった。

佐渡島の雄における遺伝子発現変動解析

解析した 21 個の遺伝子は、太平洋産の魚で見られたような月齢に応じた発現変動を示さなかった。生殖の調節に関わる遺伝子群（上記のグループ）については、毎日産卵が可能のように成熟した精子を保持している生理的状态を反映したのと考えられる。一方、概日時計遺伝子や概潮汐時計に関わることが推定される体内時計関連遺伝子群（同）や多くの神経ペプチドの前駆体やそれらの受容体の遺伝子群（同）も月齢に伴った発現変動を示さなかったことから、潮汐の変化がほとんどない佐渡島の雄のクサフグは、半月周性の産卵リズムを作る体内時計の仕組みを持たないと考えられる。

2) 潮汐/半月周性リズムを作る時計候補遺伝子の機能解析法の検討

EPN-MO を投与した個体では遊泳阻害が見られた。しかし、EPN タンパク質量の変化は免疫染色法とウエスタンブロッティング法共に検出されなかった。Vivo-モルフォリノオリゴ投与による遺伝子の発現抑制効果については、さらに定量的な検証が必要である。

3) 生殖神経内分泌系の周期的調節の機能形態学的解析

クサフグの脳内で *mellb* mRNA の陽性シグナルは、終脳、間脳、視蓋、松果体、中脳、小脳、延髄の広い領域に分布していた。体内時計があると考えられる松果体と間脳では、メラトニンが *Mel1b* を介して潮汐サイクルに同調したリズムの発振に関与している可能性がある。また、生殖神経内分泌系がある終脳の腹側領域や間脳の視索前野では、キスペプチン細胞が分布する大細胞性視索前核大細胞部の細胞に *mellb* mRNA の陽性シグナルとキスペプチン免疫陽性シグナルが共局在していた。メラトニンは直接的にキスペプチンの分泌を調節すると考えられる。さらに、視蓋、系球体、縦隆起、峽核、三叉神経核、動眼神経核で *mellb* mRNA の陽性シグナルが見られ、メラトニンは *Mel1b* を介して視覚情報の伝達や眼球と身体の運動機能の調節に関わると考えられる。

4) 半月周性リズムの Ontogeny

明暗条件下において、孵化直後の仔魚では明期に行動量が高く暗期になると行動量が低い、昼行性の自発行動リズムを示した。孵化後 3 週間の稚魚では、逆に明期より暗期に行動量が高い、夜行性の自発行動リズムを示した。孵化後 6 か月の幼魚では、明期に行動量が高い傾向が見られた。また、孵化後 3 週間の稚魚では、行動量が点灯時および消灯時に向かって徐々に上昇する二峰性リズムが見られた。恒暗条件下では、孵化直後、孵化後 1 週間、孵化後 3 週間のどの成長段階でも約 24 時間周期のフリーランリズムが見られた。これらの結果から、クサフグ稚仔魚と幼魚の自発行動は、約 24 時間周期の概日時計によって支配されているとともに、光刺激に対して応答して二峰性リズムを示すと考えられる。また、成長段階によって昼行性から夜行性に行動リズムが変化するなど、クサフグは独自の光応答性を持つ可能性がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 3件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Zahangir Md. Mahiuddin, Rahman Mohammad Lutfar, Ando Hironori	4. 巻 13
2. 論文標題 Anomalous Temperature Interdicts the Reproductive Activity in Fish: Neuroendocrine Mechanisms of Reproductive Function in Response to Water Temperature	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Physiology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fphys.2022.902257	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Zahangir Md. Mahiuddin, Shahjahan Md., Ando Hironori	4. 巻 13
2. 論文標題 Kisspeptin Exhibits Stimulatory Effects on Expression of the Genes for Kisspeptin Receptor, GnRH1 and GTH Subunits in a Gonadal Stage-Dependent Manner in the Grass Puffer, a Semilunar-Synchronized Spawner	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Endocrinology	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fendo.2022.917258	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Chen Junfeng, Katada Yuma, Okimura Kousuke, Yamaguchi Taiki, Guh Ying-Jey, Nakayama Tomoya, Maruyama Michiyo, Furukawa Yuko, Nakane Yusuke, Yamamoto Naoyuki, Sato Yoshikatsu, Ando Hironori, Sugimura Asako, Tabata Kazufumi, Sato Ayato, Yoshimura Takashi	4. 巻 32
2. 論文標題 Prostaglandin E2 synchronizes lunar-regulated beach spawning in grass puffers	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Current Biology	6. 最初と最後の頁 4881 ~ 4889.e5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cub.2022.09.062	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 Kitahashi Takashi, Kurokawa Daisuke, Ogiso Shouzo, Suzuki Nobuo, Ando Hironori	4. 巻 47
2. 論文標題 Light-induced and circadian expressions of melanopsin genes opn4xa and opn4xb in the eyes of juvenile grass puffer Takifugu alboplumbeus	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fish Physiology and Biochemistry	6. 最初と最後の頁 191 ~ 202
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10695-020-00901-w	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 Zahangir Md. Mahiuddin, Matsubara Hajime, Ogiso Shouzo, Suzuki Nobuo, Ueda Hiroshi, Ando Hironori	4. 巻 301
2. 論文標題 Expression dynamics of the genes for the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in tiger puffer (Takifugu rubripes) at different reproductive stages	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 General and Comparative Endocrinology	6. 最初と最後の頁 113660 ~ 113660
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ygcen.2020.113660	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 該当する

〔学会発表〕 計14件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 安東宏徳
2. 発表標題 月周同調産卵魚クサフグにおける生殖神経内分泌系の周期的調節
3. 学会等名 第36回日本下垂体研究会学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Md. Mahiuddin Zahangir, 大野佑紀, 豊田賢治, 安東宏徳
2. 発表標題 クサフグ松果体における半日周発現遺伝子の探索
3. 学会等名 第46回日本比較内分泌学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 片田祐真, Chen Junfeng, 沖村光祐, 山口大輝, Guh Ying-Jey, 中山友哉, 丸山迪代, 古川祐子, 中根右介, 山本直之, 佐藤良勝, 安東宏徳, 杉村麻子, 田畑和文, 佐藤綾人, 吉村崇
2. 発表標題 クサフグの半月周リズムに関する研究
3. 学会等名 第46回日本比較内分泌学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junfeng Chen, Yuma Katada, Kousuke Okimura, Taiki Yamaguchi, Ying-Jey Guh, Tomoya Nakayama, Michiyo Maruyama, Yuko Furukawa, Yusuke Nakane, Naoyuki Yamamoto, Yoshikatsu Sato, Hironori Ando, Asako Sugimura, Kazufumi Tabata, Ayato Sato, Takashi Yoshimura
2. 発表標題 Prostaglandin E2 synchronizes lunar-regulated beach-spawning in grass puffers.
3. 学会等名 Sapporo Symposium on Biological Rhythm 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山口大輝, 片田祐真, Chen Junfeng, 沖村光祐, Guh Ying-Jey, 中山友哉, 丸山迪代, 古川祐子, 中根右介, 山本直之, 安東宏徳, 杉村麻子, 田畑和文, 佐藤良勝, 佐藤綾人, 吉村崇
2. 発表標題 Prostaglandin E2 synchronizes lunar-regulated beach-spawning in grass puffers
3. 学会等名 第29回日本時間生物学会学術集会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 豊田賢治
2. 発表標題 アカテガニの月周性繁殖リズム
3. 学会等名 日本動物学会第93回大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 安東宏徳, Md. Mahiuddin Zahangir, 豊田賢治
2. 発表標題 クサフグ前脳における半月周発現遺伝子群: 神経ペプチド前駆体遺伝子群と受容体遺伝子群の発現変動パターンの逆相関
3. 学会等名 日本動物学会第92回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片田祐真, Chen Junfeng, 沖村光祐, Guh Ying-Jey, 中山友哉, 丸山迪代, 山口大輝, 安東宏徳, 佐藤綾人, 吉村崇
2. 発表標題 クサフグの半月周リズムに関する研究
3. 学会等名 第28回日本時間生物学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田賢治, 近藤裕介, 鈴木信雄, 大平剛, 安東宏徳
2. 発表標題 アカテガニの半月周性繁殖リズムの生理機構の理解に向けて
3. 学会等名 第59回日本甲殻類学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 江野脩太, 片田祐真, 黒川大輔, 豊田賢治, 飯田碧, 吉村崇, 安東宏徳
2. 発表標題 クサフグ仔稚魚における自発行動リズムの解析
3. 学会等名 第45回日本比較内分泌学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 豊田賢治, 大平剛, 安東宏徳
2. 発表標題 佐渡島におけるアカテガニの半月周性繁殖リズム
3. 学会等名 第45回日本比較内分泌学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 浦野明央, 小沼健, 北橋隆史, 安東宏徳, 福若雅章, 伴真俊, 兵藤晋
2. 発表標題 RNA-seqで探るサケの産卵回遊(母川回帰)の分子神経内分泌機構
3. 学会等名 第45回日本比較内分泌学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片田祐真, Chen Junfeng, 沖村光祐, Guh Ying-Jey, 中山友哉, 丸山迪代, 安東宏徳, 吉村崇
2. 発表標題 クサフグの半月周リズムに関するトランスクリプトーム解析
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Md. Mahiuddin Zahangir, Weronika Palkowska, 丸山雄介, 服部淳彦, 安東宏徳
2. 発表標題 Dim light at night stimulates melatonin production and may influence the expression of the GnRH, GnIH, and kisspeptin genes in the grass puffer
3. 学会等名 日本動物学会第91回大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Hironori Ando, Kazuyoshi Ukena, Shinji Nagata	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Academic Press	5. 総ページ数 1113
3. 書名 Handbook of Hormones-Comparative Endocrinology for Basic and Clinical Research, 2nd edition	

1. 著者名 Yukitoshi Katayama, Takashi Kitahashi, Yukitoshi Katayama, Takashi Kitahashi, Nobuo Suzuki, Tatsuya Sakamoto	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 383
3. 書名 Japanese Marine Life: A Practical Training Guide in Marine Biology	

〔産業財産権〕

〔その他〕

新潟大学佐渡自然共生科学センター臨海実験所 https://www.sc.niigata-u.ac.jp/sc/sadomarine/
--

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	豊田 賢治 (Toyota Kenji) (00757370)	金沢大学・環日本海域環境研究センター・特任助教 (13301)	
研究分担者	吉村 崇 (Yoshimura Takashi) (40291413)	名古屋大学・生命農学研究科(WPI)・教授 (13901)	
研究分担者	大森 紹仁 (Omori Akihito) (50613527)	新潟大学・佐渡自然共生科学センター・助教 (13101)	

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		
バングラデシュ	バングラデシュ農業大学	チャットグラム獣医動物科学大 学	