

令和 5 年 6 月 20 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20K06224

研究課題名（和文）七尾湾におけるトラフグの嗅覚による産卵場の選択に関する研究

研究課題名（英文）Research on olfactory spawning site selection of tiger puffer in the Nanao Bay

研究代表者

上田 宏（UEDA, Hiroshi）

金沢大学・環日本海域環境研究センター・連携研究員

研究者番号：00160177

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：七尾湾のトラフグ親魚が、嗅覚によりテトロドトキシン（TTX）に誘引され産卵場を選択しているかを解析した。トラフグ親魚は、Y字水路においてTTXに対して誘引されず、TTXに対する嗅覚応答は小さな応答のみであり、TTX暴露群と対照群の脳内の記憶因子（NMDA受容体）と生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン（GnRH1）遺伝子、および嗅上皮のニオイ受容体遺伝子の遺伝子発現に差異はなく、七尾湾のトラフグ産卵場においてTTXは検出されず、またTTX産生細菌の近縁種がTTXを産生しているかは不明であった。以上の結果、トラフグ親魚はTTXを指標として産卵場を選択していないことが明らかになった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

トラフグ稚魚が嗅覚を用いてTTXに誘引されることが報告され、また七尾湾のトラフグ産卵場においてTTX産生細菌が検出されたことから、トラフグ親魚が嗅覚によりTTXに誘引され産卵場を選択しているかを解析した。トラフグ親魚は、TTXに誘引されず、また七尾湾のトラフグ産卵場においてTTXは検出されなかったことから、トラフグ親魚はTTXを指標として産卵場を選択していないと結論づけられた。本研究において、七尾湾の底質や海水中の微生物群集構造が解析され、トラフグ親魚の脳内の記憶因子とホルモン因子および嗅上皮のニオイ受容体遺伝子が解析され、今後の研究に役立つことが期待される。

研究成果の概要（英文）：It has been reported that juvenile tiger puffer (*Takifugu rubripes*) showed selectivity to tetrodotoxin (TTX) using olfactory cues, and TTX-producing bacteria were detected in the spawning site of Nanao Bay. The possibility of spawning site selection of adult tiger puffer using olfactory-mediated TTX detection was investigated. Matured adults did not show selective behavior to TTX in the Y-maze experiment and showed only a small electro-olfactogram response to TTX. There was no difference of gene expression levels of imprinting-related N-Methyl D-Aspartate receptor and gonadotropin-releasing hormone 1 in the brain as well as olfactory receptors in the olfactory epithelium between TTX-exposed and control groups. TTX was not detected in the spawning site of Nanao Bay. And related species of TTX-producing bacteria were detected but did not confirm TTX production. In contrast to juveniles, adult tiger puffer did not use TTX using olfactory cues for spawning site selection.

研究分野：魚類生理学

キーワード：トラフグ 産卵場 微生物群集構造 フグ毒（TTX） ホルモン 記憶因子 嗅覚応答 ニオイ受容体

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

我国の重要な水産資源である海洋沿岸回遊魚のトラフグ (*Takifugu rubripes*) は、開放系湾の特定の海底を選択して沈性粘着卵を産卵する。近年、トラフグ稚魚がフグ毒であるテトロドトキシン (TTX) を嗅覚により受容し誘引されることが報告され¹⁾、また七尾湾のトラフグ産卵場において TTX 産生細菌 (*Vibrio alginolyticus*) が検出された²⁾。しかし、トラフグ親魚が TTX に誘引されるかは不明であった。本研究は、①七尾湾におけるトラフグは TTX を嗅覚により感受して産卵場を選択するか、②トラフグ親魚は TTX を記憶因子としているか、③TTX はどのように産生されるか、④トラフグ産卵場の環境を整備することができるか、の課題を解明するため研究を開始した。

2. 研究の目的

本研究は、七尾湾におけるトラフグの嗅覚による産卵場の選択メカニズムを解明する目的で、①トラフグ親魚の TTX に対する誘引行動および嗅覚応答解析、②TTX 暴露トラフグ親魚の脳における TTX に対する記憶因子とホルモン制御遺伝子、および嗅上皮におけるニオイ受容体遺伝子の発現解析、③トラフグ産卵場における TTX の検出および微生物群集構造解析、④トラフグ産卵場の環境整備方策、の課題を解析した。

3. 研究の方法

- ① トラフグ親魚の Y 字水路における誘引行動解析：5 月～6 月に石川県能登町鶴川沖の富山湾の定置網で捕獲された活トラフグ雌雄を購入し、金沢大学理工学域能登海洋水産センターに運搬した。照度が 0.08Lux 以下となった 19 時以降、TTX 類に対する誘引行動実験を実施した。成熟、産卵直後、退縮後のトラフグ雌雄親魚の TTX 類に対する行動反応を Y 字水路において、両水路に 30 L/min を注水し、一方の水路最上流部から蒸留水で 500・1000・2000 マウスユニット (MU) に調整した TTX 類を 1 時間で全て滴下し実験群、他方の水路を対照群とした。20 分の馴化時間後、ゲートを外し、各水路を 3m ごとに分割し、点数を決め (起点であるプール部を 0 点、実験群水路を最上流部から+3 点、+2 点、+1 点とし、対照群水路を最上流部から-3 点、-2 点、-1 点)、ゲートを外してから 10 分間の魚の位置に基づき次のように数値化した。各試験区は、それぞれ異なる 5 尾で行い、1 尾あたり 5 回試行した平均値を用いた。
- ② トラフグ親魚の嗅覚応答解析：トラフグ親魚を用いて、フェノキシエタノール麻酔下における TTX 類とアミノ酸による嗅覚刺激に対する嗅電図 (EOG) の測定を行った。嗅覚刺激を行う際に、用いるコントロール水は供試魚の飼育海水を淡水 (井戸水) で 30%および 300%に希釈したものをを用いた。嗅覚刺激は L-Alanine (10^{-3} M)、TTX 類 (500MU) の濃度を用いた。EOG の測定は、Evans & Hara. (1985)⁴⁾の方法に準じて行った。
- ③ TTX 暴露トラフグ親魚脳における TTX に対する記憶因子とホルモン制御遺伝子発現解析：Y 字水路 TTX 選択行動実験のトラフグ成魚の脳試料から、全脳のトータル RNA を調製し、全脳中の生殖腺資源ホルモン放出ホルモン (*gnRHI*) および記憶因子 NMDA 受容体 NR2 サブユニット (*grin2a-1*) の遺伝子発現量をリアルタイム PCR 法で解析した。
- ④ TTX 暴露トラフグ親魚嗅上皮におけるニオイ受容遺伝子の発現解析：TTX 暴露試験に供した非暴露 (コントロール) 4 個体、1000 unit/L TTX 暴露 4 個体、2000 unit/L TTX 暴露 6 個体を用いた。ReliaPrep RNA Tissue Miniprep System (Promega) を用いて全 RNA を抽出した。150ng/サンプルの全 RNA から、Illumina Stranded mRNA Prep Ligation 用 (Illumina) いて cDNA ライブ

ラリーを構築した。14 個体由来のライブラリーを異なるインデックスで標識し、HiSeqX (Illumina) を用いたマルチプレックスシーケンシングを行った。

⑤ TTX 類の精製：TTX および TTX の類縁体である 5,6,11-trideoxyTTX (TDT) は、Okabe et al. (2021)³⁾の手法を用いて、トラフグ卵巣およびオオツノヒラムシに、0.1%酢酸を加えホモジナイズ後、100°Cで 10 分間加熱して TTX 類を抽出し、遠心分離して酢酸層を回収し、水酸化ナトリウム水溶液を加えて pH を調整し、活性炭カラムに供し、蒸留水で洗浄後、0.1%酢酸を加えて TTX 類を回収して実験に供した。

⑥ TTX の検出：トラフグの産卵場の底砂から TTX が検出されるか調べるため、公定法に準じて酢酸抽出後、活性炭カラムで濃縮・簡易精製後、LC-MS/MS 分析を実施した。

⑦ トラフグ産卵場における微生物群集構造解析：トラフグ産卵期の 5 月および非産卵期の 10 月に海水と海底堆積物を採集した。滅菌した遠沈管に非産卵場と産卵場の海水と海底堆積物を採取した。さらに、堆積物中の微生物によるアミノ酸や TTX 産生微生物が存在するかを詳細に解析するため、0.45 μ m のメンブレンフィルターでろ過滅菌した各地点の海水 500ml と各地点の未滅菌堆積物 100g を滅菌済み 1L フラスコに入れ、15°Cでエアレーションし、24 時間後の海水を採取した。各海水試料は 0.2 μ m のメンブレンフィルターを用いて吸引ろ過して微生物をフィルター上に捕集し、そのフィルターごと DNA 抽出を行った。一方で、堆積物試料は 0.1g から直接 DNA 抽出を行った。DNA 抽出は、FastDNA SPIN Kit for Soil (MP Biomedicals) のプロトコルに従って行い、それをテンプレートとして PCR にかけて、その増幅産物を DCode system (BIO-RAD) を用いた変性剤濃度勾配ゲル電気泳動 (DGGE) で分離した。その特徴的に見られたバンドから DNA を抽出し、TA クローニングした後、その塩基配列を決定し、その配列を BLAST 検索することで菌種を同定した。

4. 研究成果

(1) トラフグ親魚の Y 字水路における誘因行動解析：TTX 類がトラフグ親魚に与える影響を調査した結果、トラフグ親魚の各成熟段階において、TTX 類に対して誘引行動は観察されなかった (図 1)。

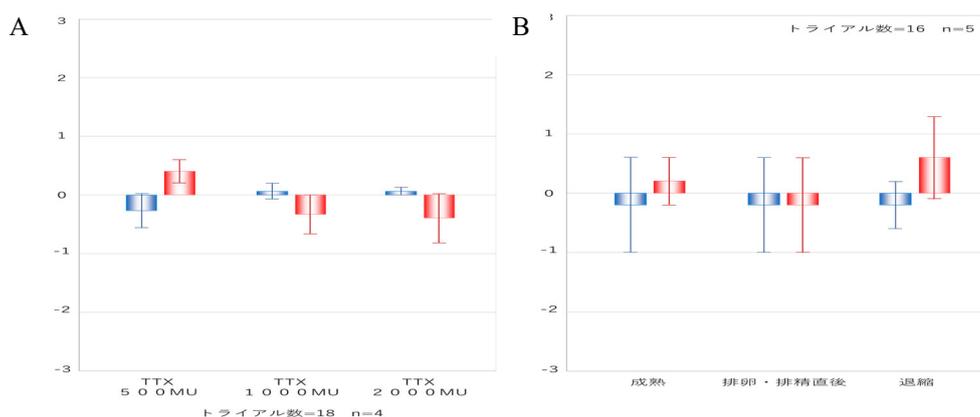


図 1. TTX 類に対する排卵後雌と排精中雄 (A)、および成熟雌雄、排卵・精後雌雄、退縮雌雄 (B) の誘引行動。青：雄・赤：雌

(2) トラフグ親魚の嗅覚応答解析：供試魚の飼育海水を淡水 (井戸水) で 30%および 300%に希釈したコントロール水を用いた L-Alanine (10^{-3} M) および TTX 類 (500MU) に対する嗅覚応答はどちらも非常に小さな応答しか認められなかった。

(3) TTX 暴露トラフグ親魚脳における TTX に対する記憶因子とホルモン制御遺伝子発現解析：
gnrh1 の発現量は、対照群（非暴露群）では雌雄共に、生殖腺が退縮した個体は成熟個体に比べて低くなった。TTX 暴露群は、対照群の退縮個体と同程度の低いレベルを示した。一方、*grin2a-1* の発現量は、対照群では雄で退縮個体は成熟個体に比べて高かった。TTX 暴露群は、雄で対照群の退縮個体と同程度の高いレベルを示した。TTX 暴露群の生殖腺が退縮した個体が多かったこと（図中に漢字 1 文字で生殖腺の状態を示す）を考えると、TTX 暴露群の *gnrh1* の発現量が低く *grin2a-1* の発現量が高かったのは、生殖腺の成熟状態による可能性が高い。TTX 暴露による両遺伝子の発現への影響は見られなかったと考えられた。

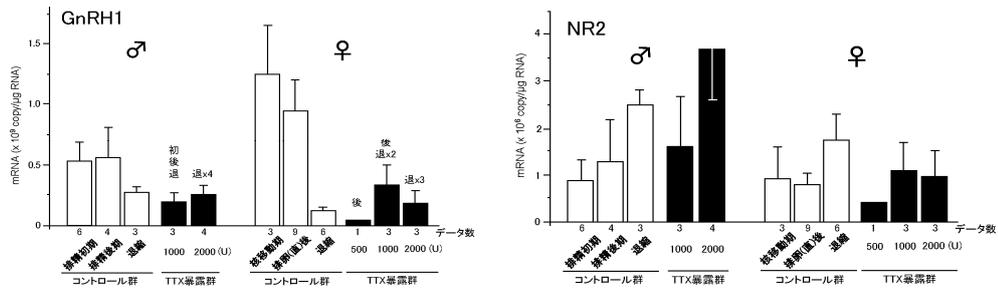


図 2. TTX 類暴露によるトラフグ親魚の全脳内の GnRH1 と NR2 の mRNA 量

(4) TTX 暴露トラフグ親魚の嗅上皮におけるニオイ受容遺伝子の発現解析：全遺伝子発現パターンによる比較：全遺伝子（contig）の発現パターンの類似性を基に、MDS による多変量解析を行った。コントロール、1000 unit/L TTX 暴露区、2000 unit/L TTX 暴露区の各サンプルは、同一試験区同士で近傍に配置することはなく、コントロールと TTX 暴露区、あるいは 1000 unit/L TTX 暴露区と 2000 unit/L TTX 暴露区を区別するような大きな遺伝子発現パターンの違いはないと考えられた（図 3）。トラフグは TTX を匂いとして感知すると考えられることから、嗅覚レセプター遺伝子の発現を調べた。得られた contig のうち、嗅覚レセプター遺伝子とアノテーションされたものは、odorant receptor (OR) が 63 個、trace amine-associated receptor (TAAR) が 11 個、vomeronasal receptor (VR) が 10 個であった。嗅覚レセプターの発現は各試料間でそれぞれ異なり、各試験区が別個のクラスターを形成することはなかったことから、コントロールと TTX 暴露区、あるいは 1000 unit/L TTX 暴露区と 2000 unit/L TTX 暴露区で嗅覚レセプターの発現構成に差はないと考えられた（図 4）。

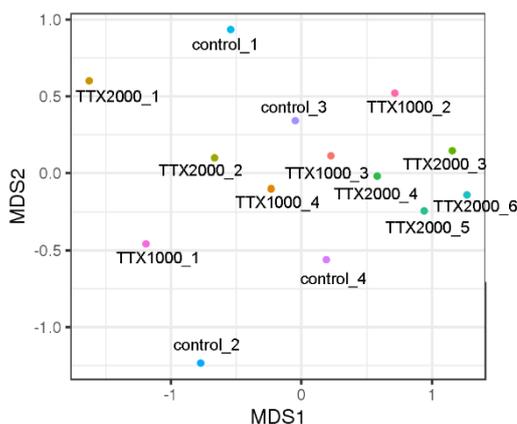


図 3. 全遺伝子の発現パターンに基づく、MDS 法を用いた各サンプルの多変量解析

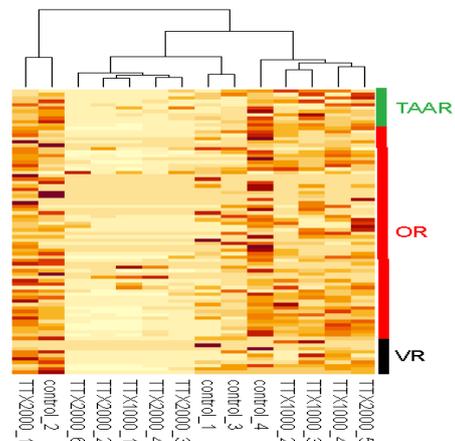


図 4. 嗅覚レセプター遺伝子の発現パターン

TTX 暴露区とコントロール区の比較では、発現変動遺伝子が 89 個検出され、このうち 20 個は TTX 暴露区で発現が低下し、69 個は TTX 暴露区で発現が上昇していた。嗅覚レセプター遺伝子は発現変動遺伝子として検出されず、上述の嗅覚レセプター遺伝子のクラスター解析同様に、個々の嗅覚レセプター遺伝子についても、TTX 暴露による発現変化は認められなかった。TTX 暴露区で低下する発現変動遺伝子として検出されたリポカリンは魚類では tributyltin-binding proteins として働き、トラフグではリポカリンドメインを持つ PSTBP が TTX 結合能を有することが報告されている⁹⁾。リポカリンの発現変動と TTX 暴露との関連に興味を持たれる。一方、これら発現変動遺伝子を用いた GO エンリッチメント解析を行った結果、TTX 暴露によって血管内皮の形成に関わるカスケードの亢進、heme 結合に関わるカスケードの低下が示唆された。

(5) TTX の検出：トラフグの産卵場の底砂から TTX が検出されるか調べるため、公定法に準じて酢酸抽出後、活性炭カラムで濃縮・簡易精製後、LC-MS/MS 分析を実施したが、TTX は検出されなかった。

(6) トラフグ産卵場における微生物群集構造解析：2022 年 5 月の海水と堆積物を使用して同様のインキュベーション実験を行い、細菌群集構造の変化と特徴的だった菌種の同定を行った。その結果、2022 年のインキュベーション実験でも相同性は若干低い (98.36%) もの *Vibrio alginolyticus* に近縁な種が産卵場からのみ検出された。しかし、検出された本菌種が海水中で優占種になっていないことや、テトロドトキシンを産生しているかは不明であるため、今後も引き続き調査を続けるとともに、培養法による分離を行いテトロドトキシン産生の有無を確認していく必要があると考えられた。さらに、七尾湾のトラフグ産卵場の海底堆積物と海水中の詳細な微生物群集構造を明らかにするために、2020 年の産卵場の海底堆積物と海水中の微生物群集構造を次世代シーケンサー-miseq (イルミナ) を用いて調べた。その結果、七尾湾の底泥中には季節を問わず Proteobacteria 門の細菌が優占していた。また、非産卵期 (10 月) には Actinobacteria 門細菌が、産卵期 (5 月) には Cyanobacteria 門細菌の割合がそれぞれ増加することが見いだされ、緩やかな季節変動をしていることも推察された。一方、堆積物と海水中の細菌群集構造を比較した結果、堆積物と海水では生息している細菌に違いが見られ、堆積物には、Verrucomicrobia 門、Planctomycetes 門、Chloroflexi 門の細菌が高い割合で生息している一方、海水には Cyanobacteria 門の細菌が優占していた。特異なアミノ酸やテトロドトキシンを産生する微生物の推定とまでには至らなかったが、これまでにトラフグが産卵場として利用する七尾湾の底質や海水中の微生物群集構造を解析した報告例はなく、これらのデータは水産学や微生物生態学的知見の蓄積に貢献できたと考えられた。

<引用文献>

- 1) Okita et al., Puffer smells tetrodotoxin, Ichthyol. Res., 60, 2013, 368-389.
- 2) 上田 宏、七尾湾におけるトラフグの産卵回遊メカニズムに関するプロジェクト研究、平成 30 年度金沢大学環日本海域環境研究センター共同研究成果報告書、2019, 1-3.
- 3) Okabe et al., The role of toxic planoceric flatworm larvae on tetrodotoxin accumulation in marine bivalves, 237, 2021, 105908.
- 4) Evans and Hara, The characteristics of the electro-olfactogram (EOG): Its loss and recovery following olfactory nerve section in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Brain Res., 330, 1985, 65-75.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 7件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Ueda H, Putman NF, Okino T.	4. 巻 17
2. 論文標題 Integrated research on olfactory and geomagnetic imprinting and homing in Pacific salmon.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 North Pacific Anadromous Fish Commission Technical Report	6. 最初と最後の頁 135-137
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23849/npafctr17/135.137	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 M, Matsubara H, Ogiso S, Suzuki N, Ueda H, Ando H.	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 113200
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
1. 著者名 Kitahashi T, Kurokawa D, Ogiso, S, Suzuki N, Ando H.	4. 巻 47
2. 論文標題 Light-dependent diurnal and circadian expression of non-visual opsin 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 該当する
1. 著者名 Shahjahan M, Zahangir MM, Islam SM, Ashaf-Ud-Doulah M, Ando H.	4. 巻 100
2. 論文標題 Higher acclimation temperature affects growth of rohu (Labeo rohita) through suppression of GH and IGFs genes expression actuating stress response.	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Thermal Biology	6. 最初と最後の頁 103032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jtherbio.2021.103032	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

1. 著者名 Zahangir MM, Rahman ML, Ando H	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 Frontier Physiology	6. 最初と最後の頁 902257
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 M, Shahjahan M, Ando H.	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 Frontier Physiology	6. 最初と最後の頁 917258
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 J, Katada Y, Yamaguchi T, Guh Y-J, Nakayama T, Okimura K, Maruyama M, Furukawa Y, Nakane Y, Yamamoto N, Sato Y, Ando H, Sugimura A, Tabata K., Sato A, Yoshimura T	4. 巻 32
2. 論文標題 Prostaglandin E2 is the synchronizer of lunar-regulated 1 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 1-9
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 Asano M, Ishizaki C, Tomonou T, Kihara M, Ito M, Yasukawa S, Shirai K, Oyama H, Izawa S, Kawamura R, Saito K, Suo R, Nakahigashi R, Adachi M, Nishikawa T, Sugita H, Itoi S	4. 巻 21
2. 論文標題 Levels of tetrodotoxins in spawning pufferfish, Takifugu alboplumbeus	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Marine Drugs	6. 最初と最後の頁 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/md21040207	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13件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Ueda H, Putman NF, Okino T, Noakes DLG.
2. 発表標題 Integrated research on olfactory and geomagnetic imprinting and homing in Pacific salmon.
3. 学会等名 3rd NPAFC-IYS Virtual Workshop on Linkages between Pacific Salmon Production and Environmental Changes (国際学会)
4. 発表年 2021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 (Study on the semilunar rhythms of grass puffer)
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 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 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 鈴木倫明, 安東宏徳, 前田英雅, 若林耕治.
2. 発表標題 水族館就職希望の専門学校生を対象としたフィールドワークの実践.
3. 学会等名 東京大学大気海洋研究所研究集会「水族館とフィールドワーク その実際と可能性」
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 2022年

1. 発表者名 酒徳昭宏
2. 発表標題 七尾湾の細菌 -トラフグの産卵回遊と海藻の分解-
3. 学会等名 金沢大学環日本海域環境研究センター2021年度共同研究成果報告会
4. 発表年 2022年

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 Chen J, Katada Y, Oamamoto, N, kimura K, Yamaguchi T, Guh Y-J, Nakayama T, Maruakane Y, Sato Y, Ando, H, Sugimura A, Tabayama M, Furukawa Y, Nta K, Sato A, Yoshimura T
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 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 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

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Ueda H.	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Oxford University Press	5. 総ページ数 17
3. 書名 Chemoreception in Fishes, Oxford Research Encyclopedia of Neuroscience	

1. 著者名 Ando H	4. 発行年 2021年
2. 出版社 Academic Press	5. 総ページ数 1174
3. 書名 Handbook of Hormones-Comparative Endocrinology for Basic and Clinical Research	

1. 著者名 Ueda H	4. 発行年 2020年
2. 出版社 IGI Global	5. 総ページ数 160
3. 書名 Physiological Aspects of Imprinting and Homing Migration in Salmon: Emerging Research and Opportunities	

〔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	酒徳 昭宏 (Sakatoku Akihiro) (20713142)	富山大学・学術研究部理学系・講師 (13201)	
研究分担者	糸井 史朗 (Itoi Shiro) (30385992)	日本大学・生物資源科学部・教授 (32665)	
研究分担者	松原 創 (Matsubara Hajime) (50459715)	金沢大学・生命理工学系・教授 (13301)	
研究分担者	安東 宏徳 (Ando Hironori) (60221743)	新潟大学・佐渡自然共生科学センター・教授 (13101)	
研究分担者	鈴木 信雄 (Suzuki Nobuo) (60242476)	金沢大学・環日本海域環境研究センター・教授 (13301)	
研究分担者	山本 雄三 (Yamamoto Yuzo) (60532405)	公益財団法人海洋生物環境研究所・海生研実証試験場・研究員 (82678)	
研究分担者	木下 滋晴 (Kinoshita Shigeharu) (40401179)	東京大学・大学院農学生命科学研究科(農学部)・准教授 (12601)	

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
---------	---------