

令和 3 年 8 月 18 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05830

研究課題名(和文) 魚類の苦痛を軽減させる炭酸麻酔の作用機序解明

研究課題名(英文) The mechanism of fish carbon dioxide anaesthesia to alleviate pain

研究代表者

松原 創 (Matsubara, Hajime)

金沢大学・生命理工学系・教授

研究者番号：50459715

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：水棲変温動物で鰓呼吸をおこなう魚類における麻酔作用機序は、哺乳類のそれと同じように脳および中枢神経などの神経活動を抑制し、苦痛を軽減しているか不明である。本研究では背地適応し、遊泳能が低く観察しやすい水産重要魚ヒラメをもちい、塩化カリウムによりストレスを人為的に引き起こし、最初のストレス対応である体表色の変化の数値化、つまり「ストレスの可視化」に成功した。そして、塩化カリウムストレス後、種々の麻酔に浸漬したヒラメ既知ストレス因子を調べ、「炭酸が既存麻酔の中で最も魚類のストレスを軽減する」ことを示し、魚類炭酸麻酔作用機序の一端を解明した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

麻酔に関する知見は哺乳類では豊富であるが、魚類の多くは水棲変温動物であり、代謝や呼吸中枢の酸素圧低下に対する耐性などがそれと異なるため、哺乳類の麻酔剤が使えないことも多い。本研究により、「炭酸」が、他の既存麻酔剤に比べ、ストレスを軽減することを見出した。この成果は現存するストレス軽減魚類麻酔剤として炭酸を各機関に紹介し、魚類福祉に大きく貢献できると確信している。

研究成果の概要(英文)：It is unclear whether fish reduce the pain same as the anesthetic action (suppress nerve activity such as the brain and central nervous system) of mammal. Because fish are poikilotherm and respirate with the help of gills. In this study, we artificially caused stress in the backland-adapted fish Japanese flounder using potassium. And we succeeded in quantifying the change in body surface color, which is the first stress response. In addition, we investigated well-known stress factors as well. It was clarified that carbonic dioxide anesthesia is the most stress-relieving fish anesthesia.

研究分野：水圏生産科学

キーワード：魚類麻酔 炭酸 ストレス 可視化 魚類福祉

## 1. 研究開始当初の背景

麻酔は、魚類生産現場において、標識装着・測定・手術・安楽死・投ワクチン・投薬などで必要不可欠なものである(Kristiansen et al., 2020)。麻酔剤は、ヒトを中心とした哺乳類では豊富に存在するが、水棲変温動物である魚類は代謝や呼吸中枢の酸素圧低下に対する耐性などがそれと異なるため、哺乳類の麻酔剤が使えないことも多い。一般に、哺乳類における麻酔の作用機序は、直接あるいは間接的な低酸素状態から生命維持に不可欠な脳の活動および神経の直接的な抑制とされている。また、最適な麻酔は、作業者の安全を確保するとともに、「痛みを最小限に抑え短時間で意識消失させる薬理作用」、「不可逆性・目的との適合性・種、年齢や環境との適合性・麻酔後の生体や外部への影響といった生理作用」、「機器の維持管理・薬剤の利便性といった経済面」を考慮し、副作用なく、「鎮静」、「鎮痛」、「筋弛緩・反射抑制」を経て「麻酔」状態を達成できるものである。しかし、ヒトにおいてもその作用機序は不明な点が多い上、麻酔死が未だ生じている。当然ながら、魚類の麻酔作用機序に関しては、解明されていない。

魚類生産現場では、回復可能な化学的麻酔が多用される。我が国における承認化学的麻酔剤は、オイゲノールのみである。しかしながら、オイゲノールは高価で、使用時に麻酔液が濁るとともに液表面に泡が発生するため魚が観察しづらく魚の意識消失のタイミングを超過し麻酔死を引き起こすこと、独特の臭いがあるなどから必ずしも最適な麻酔剤とは言えない。いっぽう、未承認学術的試薬の塩酸ベンゾカイン、トリカインメタンсульフォネートおよび2-フェノキシエタノールなどは、麻酔効果が報告されており、オイゲノールよりも廉価である。しかし、それらは、未承認であることや米国食品医薬品局では認可していないなど、食の安全性の観点から問題がある。ところで、未承認学術的試薬の炭酸麻酔は、魚類でも麻酔効果を示し、炭酸ガスポンペをもちいて炭酸ガスを水中に通気する方法などで利用されるが、養殖場などの屋外の大型施設では重量のあるポンペの管理が困難といった問題点がある。渡邊は、この問題を解決すると共に、食の安全性を十分に確保し、軽量で使用しやすく、かつ低コストの魚類麻酔として、入浴剤に類似した小型タブレット型炭酸ガス発泡剤を開発した。我々はこれを改良、そしてそれが様々な淡水魚や海水魚に麻酔効果を示し、麻酔に罹る時間など薬理作用、各種水温の適合性・覚醒するまでの時間など生理作用において、オイゲノールより優れていること、さらに斃死がないことを確認した(特許20176202570)。また、背地適応魚ヒラメをもちい、炭酸麻酔時、そして背地を変えた水槽での覚醒時における体色を簡易的に調べたところ、各鰭が動き出す覚醒直前まで体色は麻酔時のままであった。このことから、1) 炭酸麻酔が魚類でも脳に作用し、「無痛」・「健忘」・「無意識」・「不動」状態にさせることが推察された。ひいて2) コイ・ドジョウなどの淡水魚はタイ・ヒラメなどの海水魚に比べ炭酸麻酔に罹る時間が長いこと、3) ウグイ・ニジマスなどの淡水由来両側回遊魚は海水より淡水で、ニホンイトヨ・ヌマガレイ・メナダなどの海水由来両側回遊魚は淡水より海水で炭酸麻酔に罹る時間が短いことを確認した。しかしながら、炭酸による麻酔の作用機序機構については不明な点が多い。この疑問を解決することにより、安心・安全・安価な次世代の麻酔として炭酸が提唱できるとともに、動物福祉を考慮した麻酔剤として、我が国ひいては世界の養殖業に貢献ができると考えた。

## 2. 研究の目的

本研究では、背地適応し遊泳能が低い水産重要魚ヒラメをもちい、全ての実験個体に均一のス

トレスを負荷する条件、さらに体色によるストレスの可視化と数値化を試みた。また、炭酸と既存の市販麻酔剤が、ヒラメにどの程度苦痛（脳活動の抑制）を与えるのかを、体色変化、ストレス因子量そしてストレス関連遺伝子発現量を比較し、既存魚類麻酔剤の中で炭酸が最も苦痛を軽減する麻酔剤であることを明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

本研究は、背地適応し遊泳能が低い水産重要魚ヒラメもちいて、各種麻酔剤におけるストレス応答の分子メカニズムの一助を理解することを試みた。

#### 1) 全ての実験個体にストレスを均一に負荷する生化学的条件及びあらたなストレス応答指標（体色によるストレスの可視化と数値化）の探索

プレテストにて、アオリイカをにがり及びそれに含まれる塩化カリウムに浸漬したところ、「意識消失」・「無痛」・「健忘」・「不動」の麻酔作用過程を示した。そこで、ヒラメに 10, 25 そして 40mM 塩化カリウムを添加し、視床下部-脳下垂体-間腎（Hypothalamus-Pituitary-Interrenal axis ; HPI 軸）関連、体色関連およびストレス関連因子の発現変化を調べた。くわえて、カリウム浸漬ヒラメの体色変化を高速連写カメラで接写、写真をカラーチャートで補正、Image-J による数値化をおこなった。

#### 2) 各種麻酔剤における HPI 軸関連、体色関連およびストレス関連因子発現の比較

カリウム浸漬後ストレス過多となったヒラメを各種麻酔剤に浸漬し、HPI 軸関連、体色関連およびストレス関連因子発現の比較をおこなった。

### 4. 研究成果

#### 1) 全ての実験個体にストレスを均一に負荷する生化学的条件及びあらたなストレス応答指標（体色によるストレスの可視化と数値化）の探索

塩化カリウム 40mM 海水に浸漬したヒラメは、浸漬時間に伴い全ての個体において、ストレス 2 次応答である血中コルチゾール (F) 量及びグルコース量が浸漬前に比べ有意に高値を示した。あわせて、ストレス 1 次応答である HPI 軸関連因子（視床下部 副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン：*crh*、下垂体プロオピオメラノコルチン：*pomc* 及び頭腎シトクロム P450 11 $\beta$ ：*cyp11 $\beta$* ) mRNA 量の変化を調べたところ、脳 *crh* は 1 時間後の 40mM、頭腎 *cyp11 $\beta$*  は 2 および 3 時間後の 40mM、下垂体 *pomc* は 1 時間後の 40mM で、対照区に比べ高値を示した。つまり、塩化カリウムに浸漬した全てのヒラメは、カリウム浸漬時間依存的にストレスを感じ、HPI 軸上流の脳 *crh*、それに続いて脳下垂体の *pomc* を発現させ、頭腎 *cyp11 $\beta$*  により F を産生させたと推測された。また、塩化カリウム 40mM 浸漬個体では、全ての個体に体表面白色斑部位に白色色素胞の著しい凝集（以下、白斑）が観察され（図 1 B：フェーズ 1）、Image-J をもちいた体色変化の画像解析においても、その面積相対値は全ての浸漬個体において 2 時間後からが高くなった。これらの結果から、塩化カリウムストレスは、全ての個体に白点を出現させることがわかり（ストレス 0 次応答）、体色に

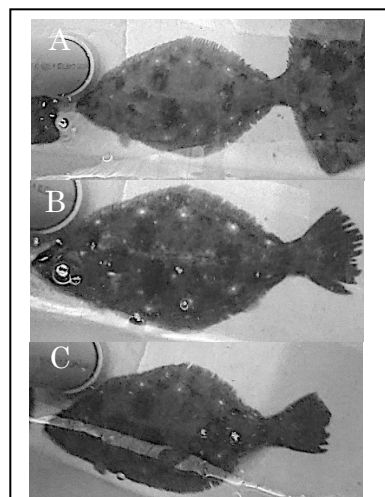
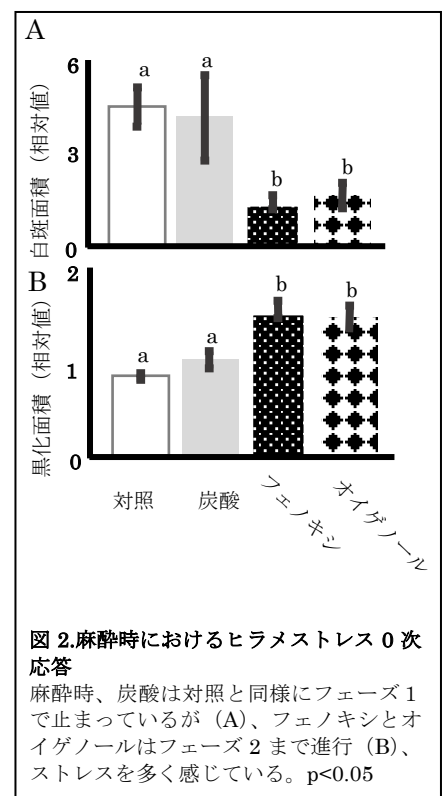


図 1. ヒラメストレス 0 次応答の 2 段階変化（「ストレスの見える化」）  
ストレス前 (A)、ストレス直後のフェーズ 1 瞬間的体色変化 (B: 白斑凝集)、ストレス数分後のフェーズ 2 継続的体色変化 (C: 黒化)。写真は同一個体。

よるストレスの可視化と数値化に成功した。そこで、白斑面積の増大に体色関連遺伝子(脳メラニン凝集ホルモン:*mch*・脳メラノコルチン受容体:*mc5r*)が関与するか否かを調べたところ、脳 *mch* は1時間後の40mMと3時間後の25mM、脳 *mc5r* は3時間後の25mMと40mMで高い値を示した。*mch* は体色明化に関わることが知られており、白色色素胞の凝集にも関与している可能性が考えられた。他方、先述のように、脳下垂体の *pomc* 発現も高値を示したことから体色暗化に関わるメラノサイト刺激ホルモンも産生されていると思われる。このことから、白色色素胞の凝集(ストレス0次応答)は、内分泌系ではなく、神経系による制御である可能性も考えられ、それがどのように制御されるのか、興味深い。今後、さらなる研究の発展が望まれる。ところで、ストレス関連遺伝子で主なものとして、熱ショックタンパク質(*hsp*)があげられる。本研究において、ヒラメを塩化カリウムに浸漬し、ストレス関連因子(脳および頭腎 *hsp90*・脳および頭腎 *hsp70*) mRNA 量の変化を調べたところ、脳 *hsp70* mRNA 量は3時間後の25mMと40mM、脳 *hsp90* mRNA 量は3時間後の40mM、頭腎 *hsp70* と *hsp90* mRNA 量は3時間後の40mMで高値を示した。ストレス下における *hsp* の発現は、組織構造のダメージからの保護と考えられている(Sharp et al., 1994)。塩化カリウム浸漬におけるストレスで、*hsp70* と *hsp90* の発現が上昇していることから、ヒラメでも同様のことが起こっていると思われるが、詳細は不明である。今後の解析が望まれる。

## 2) 各種麻酔剤における HPI 軸関連、体色関連およびストレス関連因子発現の比較

塩化カリウム 40mM 海水に浸漬しストレスを過剰にしたヒラメをオイゲノール、2-フェノキシエタノールそして炭酸に浸漬し、画像解析した麻酔剤ごとの白斑面積(図 2A: フェーズ 1)と黒化面積(図 2B: フェーズ 2)の相対値を図 2 に示した。コントロールと炭酸は白斑が認められるが、フェノキシエタノールとオイゲノールでは黒化が進行し、白斑が観察しにくくなった。つまり、炭酸は黒化に進行する前に麻酔状態となり、ストレスがほとんどかかっていないと思われる。他方、血中 F 量及びグルコース量は、麻酔剤間で差異は認められなかった。あわせて、HPI 軸関連遺伝子 mRNA 量の変化を調べたところ、炭酸における脳 *crh* と下垂体 *pomc* は他の区に比べ有意に低い値、頭腎 *cyp11β* は低い傾向を示した。このことから、炭酸麻酔下のヒラメは、遺伝子レベルでは他の麻酔に比べストレスを受けていないことが推察された。しかし、各麻酔剤でストレス 1・2 次応答の著しい差異が認められなかったのは、先述のように、ストレス 0 次応答は、神経系に制御されている可能性が考えられ、今後の研究により神経系の関与を明らかにすることを試みる。以上のことから、炭酸は現存する水産麻酔剤の中で、最もストレスを軽減する可能性が強く示唆されたが、今後、次世代シークエンサーをもちいた遺伝子の網羅的解析など、炭酸麻酔作用機序解明のためのさらなる研究が望まれる。



### <引用文献>

Kristiansen, T. S., Fernö, A., Pavlidis, M. A., Van, de Vis. H.: The welfare of fish.

Springer. Switzerland. 1-531 (2020).

Sharp, V.A., Miller, D., Bythell, J.C., Brown, B.E. Expression of low molecular weight HSP 70 related polypeptides from the symbiotic anemone *Anemonia viridis* Forskal in response to heat shock. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 179, 179-193(1994)

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 10件／うち国際共著 6件／うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Matsubara Hajime, Lokman P. Mark, Kazeto Yukinori, Okumura Hiromi, Ijiri Shigeo, Hirai Toshiaki, Young Graham, Adachi Shinji, Yamauchi Kohei	4. 巻 4
2. 論文標題 Changes in Sex Steroids and Ovarian Steroidogenic Enzyme mRNA Levels in Artificially Maturing Japanese Eel ( <i>Anguilla japonica</i> ) and Naturally Maturing New Zealand Longfin Eel ( <i>Anguilla dieffenbachii</i> ) during Vitellogenesis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fishes	6. 最初と最後の頁 52～52
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/fishes4040052	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 Suzuki Nobuo, Watanabe Kazuki, Sekimoto Aika, Urata Makoto, Zanaty Mohamed Ibrahim, Sekiguchi Toshio, Kitani Yoichiro, Matsubara Hajime, Srivastav Ajai Kumar, Hattori Atsuhiko	4. 巻 15
2. 論文標題 Gadolinium at Low Concentration Suppresses both Osteoclastic and Osteoblastic Activities in the Scales of Goldfish	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 American Journal of Environmental Sciences	6. 最初と最後の頁 137～144
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3844/ajessp.2019.137.144	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 Nobuo Suzuki, Toshio Sekiguchi, Koji Yachiguchi, Makoto Urata, Yasuko Kinoshita, Hajime Matsubara, Kiyoshi Asahina, Akira Kambegawa, Ajai Kumar Srivastav	4. 巻 5
2. 論文標題 Physiological Role of a Calcitonin-Like Substance in the Life Cycle of the Lamprey, <i>Lampetra japonica</i> (Cyclostomata)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Zoological Investigations	6. 最初と最後の頁 23～30
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.33745/ijzi.2019.v05i02.003	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 該当する
1. 著者名 Takagi Takashi, Sekiguchi Toshio, Sasayama Yuichi, Hattori Atsuhiko, Watanabe Takushi X., Kitani Yoichiro, Tabuchi Yoshiaki, Matsubara Hajime, Srivastav Ajai K., Hai Tran Ngoc, Amornsakun Thumronk, Suzuki Nobuo	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of a system for measuring calcitonin in the stingray <i>Dasyatis akajei</i> (a cartilaginous fish): the possible involvement of stingray calcitonin in gonadal development	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Aquatic Research	6. 最初と最後の頁 267～276
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s40071-019-00236-0	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 Sasaki Mizuki, Katahira Hirotaka, Kobayashi Mari, Kuramochi Toshiaki, Matsubara Hajime, Nakao Minoru	4. 巻 305
2. 論文標題 Infection status of commercial fish with cystacanth larvae of the genus <i>Corynosoma</i> (Acanthocephala: Polymorphidae) in Hokkaido, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Food Microbiology	6. 最初と最後の頁 108256 ~ 108256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijfoodmicro.2019.108256	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 Zanaty Mohamed I., Sawada Niina, Kitani Yoichiro, Nassar Hossam F., Mahmoud Hamada M., Hayakawa Kazuichi, Sekiguchi Toshio, Ogiso Shouzo, Tabuchi Yoshiaki, Urata Makoto, Matsubara Hajime, Takeuchi Yutaka, Hattori Atsuhiko, Srivastav Ajai K., Amornsakun Thumronk, Suzuki Nobuo	4. 巻 17
2. 論文標題 Influence of Benz[a]anthracene on Bone Metabolism and on Liver Metabolism in Nibbler Fish, <i>Girella punctata</i>	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 1391 ~ 1391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph17041391	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 Yamamoto, T., Ikegame, M., Hirayama, J., Kitamura, K., Tabuchi, Y., Furusawa, Y., Sekiguchi, T., Endo, M., Mishima, H., Seki, A., Yano, S., Matsubara, H., Hattori, A., Suzuki, N.	4. 巻 41
2. 論文標題 Expression of sclerostin in the regenerating scales of goldfish and its increase under microgravity during space flight	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biomedical research	6. 最初と最後の頁 279-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2220/biomedres.41.279	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 4.Yamamoto, T., Ikegame, M., Kawago, U., Tabuchi, Y., Hirayama, J., Sekiguchi, T., Furusawa, Y., Yachiguchi, K., Matsubara, H., Urata, M., Hattori, A., Suzuki, N.	4. 巻 34
2. 論文標題 Detection of RANKL-producing cells and osteoclastic activation by addition of exogenous RANKL in the regenerating scales of goldfish	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Biological sciences in space	6. 最初と最後の頁 34-40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2187/bss.34.34	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, M.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 0
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 -

1. 著者名 Machida, Y., Kanaiwa, M., Shedko, S.V., Matsubara, H., Kobayashi, H., Mandagi, I.F., Ooyagi, A., Yamahira, K.	4. 巻 68
2. 論文標題 Morphologies and population genetic structures of the eight barbel loach of the genus Lefua on southern Sakhalin	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ichthyological research	6. 最初と最後の頁 239-248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10228-020-00783-1	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7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 松原創, 春見達郎, 岩田大輔, 小林寛, 永見新, 横田高士, 中野美和, 松原孝博, 鈴木信雄, 柳町隆造
2. 発表標題 深海性高級魚キチジの種苗生産に関する研究-VI
3. 学会等名 2019年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林寛, 松原創, 永見新, 鈴木信雄, 中田和義
2. 発表標題 ニホンザリガニの生殖腺形態の周年変化
3. 学会等名 2019年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 松原創, 春見達郎, 小林寛, 永見新, 横田高士, 中野美和, 市村政樹, 近藤昌和, 鈴木信雄, 柳町隆造
2. 発表標題 海水魚と淡水魚精子の卵門侵入
3. 学会等名 2019年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松原創, 小林寛, 重松惇志, 永見新, 近藤昌和, 鈴木信雄
2. 発表標題 魚類における炭酸ガスの麻酔作用
3. 学会等名 2019年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林寛, 高橋優太, 大倉俊介, 重松惇志, 永見新, 中尾勝哉, 川崎琢真, 山口浩志, 横田高士, 中野美和, 春見達郎, 鈴木信雄, 松原創
2. 発表標題 シシャモの初期発生を制御する環境要因
3. 学会等名 2019年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Zahangir, M.M., Palkowska, W., 安東宏徳, 小木曾正造, 鈴木信雄, 松原創, 上田宏
2. 発表標題 Expression profile of the genes in the HPG axis from young and adult tiger puffer during spawning season
3. 学会等名 2019年度日本動物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 春見達郎, 松原創, 小林寛, 柳町隆造
2. 発表標題 北海道道東地域に産する魚類の受精(精子の卵門進入)の観察から
3. 学会等名 2019年度日本動物学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 松原創, 渡邊研一	4. 発行年 2018年
2. 出版社 丸善出版株式会社	5. 総ページ数 376-377
3. 書名 痛みと麻酔. 魚類の百科事典.	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>1. 近藤昌和, 安本信哉, 松原創: ヤツメウナギ類(カワヤツメ、シベリアヤツメ)の好中球の形態学および細胞化学的特徴. 水産大学校研究報告. 69(2), 41 - 49 (2021)</p> <p>2. 松原創, 永見新, 鈴木信雄, 藤井寛之, 木下邦則, 中村將, 山内講平, 長浜嘉孝, 柳町隆造: 能登の里海で実践するトラフグオーガニック養殖. アクアネット2021年2月号. 湊文社. 東京, (2) 50 - 53 (2021)</p> <p>3. 松原創: 能登里山里海ブランドの持続可能な漁業養殖業システムの開発. 北陸経済研究2020年11月号. 北陸経済研究. 石川, 36-37 (2020)</p> <p>4. 松原創, 永見新, 藤井寛之, 木下邦則, 鈴木信雄, 中村將, 山内講平, 長浜嘉孝, 柳町隆造: 世界農業遺産「能登の里山里海」で行う持続可能なオーガニック養殖. ケニカルエンジニアリング2020年7月号. 化学工業社. 東京, 415-421 (2020)</p> <p>5. 松原創: 能登ふぐのユニークな研究. テレビ金沢 となりのテレ金ちゃん. 2020年10月6日. *視聴率18.7%.</p> <p>6. 松原創: 能登ふぐオーガニック養殖. 共同通信社. 2020年9月17日 *Yahooなどポータルサイトでも掲載.</p> <p>7. 松原創: トラフグ養殖 金大がー役. 朝日新聞社. 2020年7月28日 *Yahooなどポータルサイトでも掲載.</p> <p>8. 松原創: フグ養殖に新手法. 北國新聞社. 2020年7月11日 *北國新聞社 社説.</p> <p>9. さかなクン, 松原創, 竹内裕, 中田洋助. 絶品! タラを求めて能登の旅. NHK シブ5時. 2020年2月27日.</p> <p>10. Amornsakun, T., Srihongthum, S., Promkaew, P., Hassan, A., Matsubara, H., Takeuchi, Y., Mukai, K., Shimazaki, Y., Ohshima, Y., Suzuki, N: Effects of water salinity on the egg hatching, growth, and survival of larvae and fingerlings of Climbing perch, <i>Anabas testudineus</i>. 九州大学大学院農学研究院紀要. 64(2) 281 &amp;#211; 286. (2019).</p>
---

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	渡邊 研一  (Ken-ichi Watanabe)  (20426315)	東京農業大学・生物産業学部・教授    (32658)	

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