

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H00951

研究課題名(和文) 国産ゲノム編集技術による海産魚の新品種作出

研究課題名(英文) Production of new breed varieties of marine fish by domestic genome editing technology

研究代表者

松山 倫也 (Matsuyama, Michiya)

九州大学・農学研究院・特任教授

研究者番号：00183955

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 34,800,000円

研究成果の概要(和文)：攻撃性に関与するAVTR-V1a2遺伝子を破壊したマサバの、F3世代およびF4世代を作出し、その形質を評価した。その結果、孵化後30日の稚魚を用いて、WT(野生型)群とK0群との間で比較を行った結果、K0群では攻撃行動を含む共喰い行動は半減し、また、酸素消費量も減少していた。次に、同一条件下で飼育した未成魚(約17cm)の5週間後の成長を両者で比較した結果、K0群はWT群に比べ体重が有意に増加していた。生残率は人工授精時の卵質に依存しているため、両群の生残率は今後複数回の試験を通して評価する予定である。また、成長速度、摂餌量、繁殖効率等も同様に評価する予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

国産ゲノム編集技術(Plutium TALEN)により、共喰いを含む攻撃性が減少し、成長の良い形質をもったマサバの新系統が開発された。マサバを含むサバ科魚類は稚魚期に共喰いを行うことにより生産効率が低下するが、今後、クロマグロやサワラ等を含む他のサバ科魚類の完全養殖における本技術の利用が期待される。商用魚類では、成長や増肉に関するゲノム編集による新品種開発の先行事例はあるが、性格を変えた例は本研究が初である。魚類ではこれまで育種がほとんど行われてこなかったが、本研究を含め、魚類のゲノム編集技術による新品種開発が迅速に行われることが実証できた。今後、多岐に亘る新しい養殖品種の開発が期待される。

研究成果の概要(英文)：The F3 and F4 generations of chub mackerel with knocked-out AVTR-V1a2 gene involved in aggression were produced, and their traits were evaluated. Using juvenile fish 30 days after hatching, comparing traits related to aggression between the WT (wild-type) group and the knockout (K0) group, cannibalism including aggressive behavior was halved in the K0 group, and oxygen consumption was also reduced. Next, the growth of immature fish (approximately 17 cm) after 5 weeks was compared between the two groups. As a result, the K0 group significantly increased body weight compared to the WT group. In this way, chub mackerel with reduced aggressiveness and good growth characteristics was developed. Since the survival rate depends on the egg quality at the time of artificial insemination, the survival rate of both will be evaluated through multiple tests in the future. In addition, growth rate, food intake, reproductive efficiency, etc. will be similarly evaluated.

研究分野：魚類生理学

キーワード：国産ゲノム編集技術 マサバ 共喰い 新品種

1. 研究開始当初の背景

食料確保をめぐる環境は益々厳しさを増しており、水産物においても世界的に需要が増大している。海洋からの漁獲量はすでに限界に達しており、今後、人口増加の著しい新興国の発展と水産物の需要の高まり、先進国での健康食嗜好などにより、水産物を巡る競争は加速すると考えられている。一方、不足する漁業生産を補うかたちで、世界の養殖生産量は年々増加しており、計画的かつ安定的生産が可能な養殖業の重要性が益々高くなってきている。養殖対象生物を遺伝的に改良し、養殖生産に都合のよい形質を強化した品種や消費者の嗜好に合った品種の作出を目指す“育種”は、養殖業を発展させるために不可欠であり、将来を見ずえた育種戦略を立てることは極めて重要である。

近年、数億塩基対のゲノムから目的とする1つの遺伝子を選択し、理論的な改変を可能にするTALENおよびCRISPR/Cas9などのゲノム編集技術の登場により、これまで遺伝子改変が不可能であった様々な植物、昆虫、魚などの実用動物での遺伝子改変が相次いで実施され、アグリ分野においても、育種の切り札としての利用が拡大している。重要なことは、作出生物を食料として利用する場合、TALENやCRISPR/Cas9を用いた遺伝子ノックアウト(KO)により作出された動植物では、修復過程において遺伝子導入を伴わないため、従来のカルタヘナ法で定められる組換え生物に定義されない、と考えられることである。遺伝子組換え生物への忌避感が定着している我が国において、養殖対象海産魚のゲノム編集による育種技術の開発は、新しい育種手法として導入・検証しなければならない喫緊の研究課題である。しかし、TALENおよびCRISPR/Cas9の基本特許は海外がもち、我が国における研究開発や成果の社会実装に大きな影響を与える恐れがある。特許権者側は、大学や公的研究所などの非営利機関でのゲノム編集技術の利用について制限しない立場をとっているが、営利機関ではライセンスを取得する必要がある。現在、農業分野においてはデュポン社やモンサント社が巨額の実施料を支払い、実施権を獲得することにより、新たな農作物品種を開発している。米国ではゲノム編集技術を使った農作物に関して、設計・栽培・販売に規制をかけない“規制解除”があり、ゲノム編集作物の普及を加速させている。我が国では、2018年8月30日に、中央環境審議会自然環境部会遺伝子組換え生物等専門委員会により、「ゲノム編集技術の利用により得られた生物のカルタヘナ法上の整理及び取扱方針について(案)」が公開され、そのなかで、ゲノム編集によるKO成果物に対して“遺伝子組換え生物等には該当しない”ことが提示された。パブリックコメントの受付後、2018年度内にガイドラインが制定される予定である。すなわち、我が国においても“規制解除”の公算が高く、多くの企業の参入と新たな産業の創出が予想される。そこで、今後の我が国におけるアグリイノベーションの強化を視野に入れたときに必要とされるのが、巨額の実施料を不要とする国産のゲノム編集技術である。

中村崇裕博士（九州大学）により発見された、植物オルガネラ遺伝子発現に働くPPR (pentatricopeptide repeat) タンパク質は、3アミノ酸で1塩基を認識し、DNAのみならずRNA操作にも適用可能な核酸認識モジュールで、既存のゲノム編集技術の基本特許を回避できる、国産の新たなゲノム編集ツールとして期待されている（文献1, 2）。一方、申請者のグループはゲノム編集技術による海産魚の育種を目指し、2015年からマサバを対象として研究を開始した。現在、Platinum TALENを用いて、攻撃性に関連する遺伝子であるアルギニンバソトシン受容体AVTR-V1a2を破壊したF1世代のマサバを作出し、ゲノム編集による海産魚の育種を実施する実験基盤の整備を行っている。本研究では、国産のゲノム編集技術であるPPRの海産魚育種における有効性を、実験基盤が整備されたマサバの系を用いて検証する。

2. 研究の目的

本研究では、海産魚におけるゲノム編集の実験基盤が整備されている完全養殖系のマサバを用いて、国産ゲノム編集ツールとして期待されているPPRを利用した新品種の作出を試み、その有効性を検証する。ただし、PPRの動物細胞におけるゲノム編集の実施例は現在までほとんどないため、PPRによるマサバの新系統作出にまで至らない可能性がある。一方、申請者らが既にF1世代まで作出した、AVTR-V1a2を破壊したマサバはPlatinum TALENを用いたものである。Platinum TALENは、自然界のTALEタンパク質においてモジュールの4番目と32番目のアミノ酸に周期的な多様性をもたらすことで、従来TALENよりも高いDNA結合特性を実現した核酸フリーの国産のゲノム編集技術である（文献3）。したがって、マサバのAVTR-V1a2を標的としたPPRによるゲノム編集の有効性が低いことが判明した場合、Platinum TALENでAVTR-V1a2を破壊したマサバの系統を作出し、その形質を評価することで、国産ゲノム編集技術により海産魚の新品種を開発したこととする。

3. 研究の方法

1) PPRを利用したマサバのAVTR-V1a2を破壊した系統作出

AVTR-V1a2遺伝子においてS-S結合を形成するシステイン残基の一つを破壊するために、標的部位を挟み込む15種類のPPRペアを作製し、in vitroにおける相対n/f Luc活性値が1.5を

超える上位 4 ペアをマサバ受精卵に複数の濃度で顕微注入した。25, 50, 100, および 200 ng/ μ l 濃度の mRNA を顕微注入した結果、25~100 ng では対コントロール比で概ね 7 割程度の正常孵化率を示したが、200 ng では奇形や致死の割合が他よりも高い傾向が認められた。

次に、標的遺伝子への変異導入率を調べるために、PPR を導入した孵化後稚魚よりゲノム DNA を抽出し、次世代シーケンス (イルミナ社 Miseq.) 解析に供した。得られた Read 群ごとの Miseq. 解析データを基に、塩基欠損変異を対象に遺伝子の探索を行い、塩基欠損変異のバリエーションの数 (Read 種数) と、塩基欠損変異の検出数 (Read counts) の二つの要素を基準に、ゲノム編集効果の高い PPR ペアを総合評価した。

2) Platinum TALEN を利用したマサバの *AVTR-V1a2* を破壊した系統作出

申請者らは既に、攻撃性関連遺伝子として選定したアルギニンバソトシン受容体遺伝子 *AVTR-V1a2* を Platinum TALEN により破壊 (KO) した F1 世代のマサバを作出している。この F1 親魚を用いて、*AVTR-V1a2* の両アレルがホモ KO された F3 世代を作出する。さらに、先端バイオイメージング支援プラットフォーム (ABiS) (<http://www.nibb.ac.jp/abis/>) の画像解析技術支援のもと、群れの撮影動画からその攻撃・共喰い行動を自動定量化するアルゴリズムならびにコンピュータプログラムを開発し、F3 世代の稚魚を用いて、それらの形質を野生型 (WT) と比較することにより、生産効率のよい“おとなしいマサバ”系統が作出できたことを実証する。

4. 研究成果

1) PPR を利用したマサバの *AVTR-V1a2* を破壊した系統作出

解析の結果、導入した全ての PPR ペアにおいて標的配列に種々の塩基欠損が認められ、PPR による標的遺伝子の破壊の可能性が示唆された。塩基欠損変異を誘導する可能性をランキング化した結果、概ね *in vitro* における相対 n/f Luc 活性値が高い順に変異導入率も高いという結果が得られた。各 PPR ペア個々の塩基欠損配列の Read 数から推算した約 200 尾の孵化稚魚で変異誘導率は 1% 程度であった。また、いずれの mRNA 濃度においても変異の誘導率に差は認められなかったことより、100 ng が生育に支障をきたさない最大量であることが示唆された。以上の結果より、マサバ受精卵へ PPR 導入試験を行い、*AVTR-V1a2* への塩基欠損変異誘導が示唆されたが、変異の導入率は極めて低く、実用に供するには現時点では困難であると判断した。PPR による動物受精卵を用いたゲノム編集は今回の試みが最初の事例となる。魚類を含めた動物受精卵で PPR 用いて効率的にゲノム編集を行うためには、更なる条件検討が必要であり、本研究期間中に PPR を用いた新系統のマサバを作出することは難しいと判断した。

2) Platinum TALEN を利用したマサバの *AVTR-V1a2* を破壊した系統作出

変異導入率の高い F1 世代の交配により作出した F2 世代の中で、生殖系列に *AVTR-V1a2* の変異をもつ雌雄を選別し、それらを交配することにより、*AVTR-V1a2* の両アレルで 5 塩基および 13 塩基欠損したホモ KO の 2 系統の F3 世代の作出に成功した (図 1)。

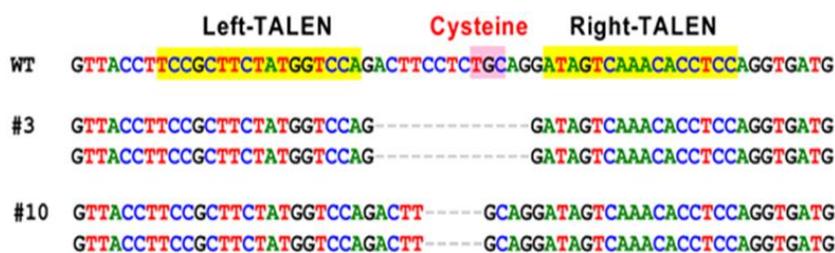


図 1. *AVTR-V1a2* の両アレルが 5 塩基および 13 塩基欠損した F3 世代の塩基配列

5 塩基欠損および 13 塩基欠損した *AVTR-V1a2* のアミノ酸配列から、両系統ともにフレームシフトを起こし、*AVTR-V1a2* が機能しない有効変異が導入された系統であることが明らかとなった (図 2)。

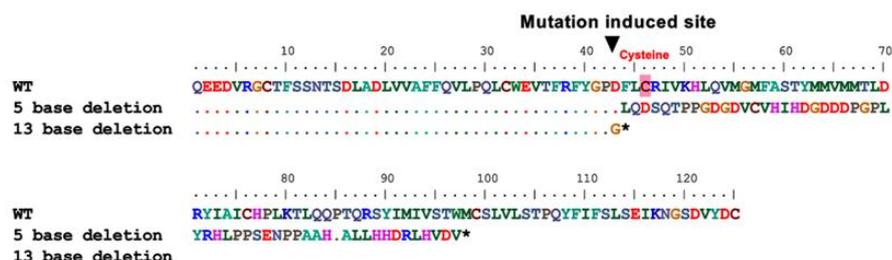


図 2. *AVTR-V1a2* の両アレルが 5 塩基および 13 塩基欠損した F3 世代のアミノ酸配列

次に孵化後 20 日の F3 世代および野生型 (WT) 稚魚を対象として、それらの行動を開発した行動解析用ソフトを用いて解析した (図 3)。その結果、共食い行動は WT 群と比較して KO 群では半減し ($p < 0.05$)、また酸素消費量も有意に減少した ($p < 0.001$)。一方、攻撃行動 1 回あたりの時間およびタンク壁面への衝突回数も、WT を比較して KO 群では減少していたが、統計的有意差は認められなかった ($p > 0.05$) (図 4)。

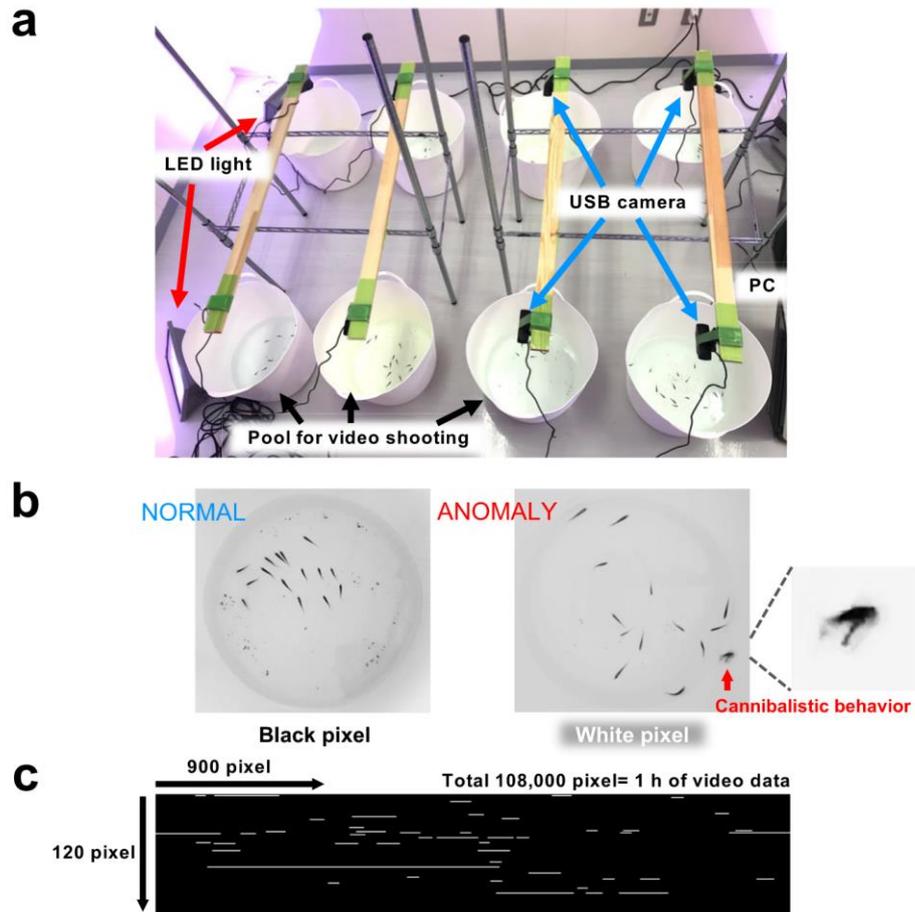


図 3. a, マサバ稚魚の行動解析用ビデオシステム； b, 通常の群行動 (左) と共食い等の異常行動 (右)； c, 行動解析の 1 例。1/30 秒で 1 フレーム撮影。1 ピクセルが 1 フレームに相当し、合計 108,000 フレーム/1h の解析結果。白線の部分が異常行動の出現を示す。

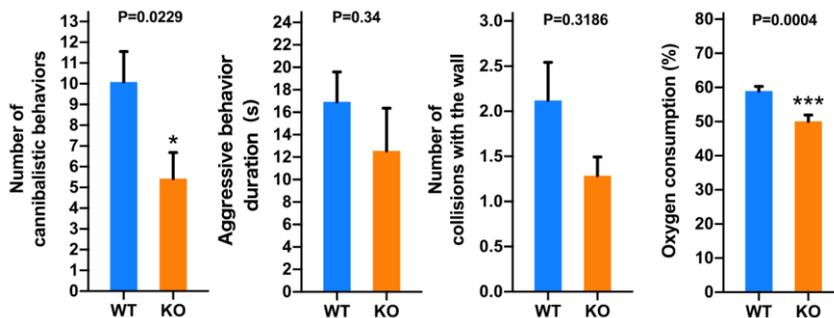


図 4. 孵化後 20 日の野生型 (WT) および AVTR-V1a2 破壊 (KO) 稚魚の比較。左から、共食い行動の数 (/hr)、共食い行動 1 回あたりの時間 (s)、水槽壁面への衝突回数 (/hr)、酸素消費量 (%) を示す。

さらに、成長した若魚期の個体で両群を比較した。即ち、尾叉長約 17cm に成長した WT および KO 個体それぞれ 42 尾を 1 トン水槽に収容し、同じ飼育環境 (日長・水温)、給餌条件で

5週間飼育し、毎日排泄物の乾燥重量を計量した。飼育5週間後の両群間で、排泄物総重量(g)、飼料効率、尾叉長(cm)および体重(g)を比較した(図5)。飼料効率は以下の式で求めた。

$$\text{飼料効率} = \frac{\text{5週間後の総魚体重 g} - \text{実験開始時の総魚体重 g}}{\text{総給餌量 g}}$$

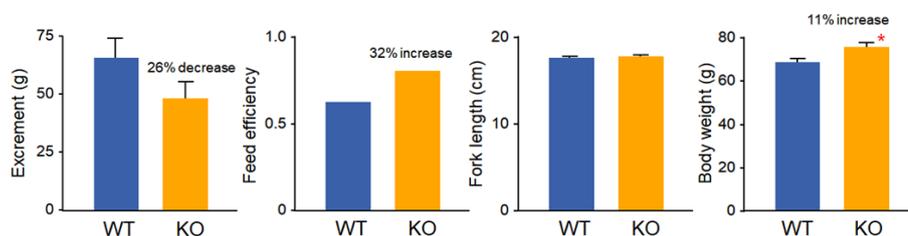


図5. 若魚期における野生型(WT)およびAVTR-V1a2破壊(KO)魚の比較。
左から排泄物総重量(g)、飼料効率、尾叉長(cm)および体重(g)

その結果、KO群はWT群と比較して、排泄量は26%減少するとともに飼料効率は32%の上昇を示したが、統計的有意差は認められなかった($p > 0.05$)。一方、尾叉長に差は認められなかったが、体重が有意に10%増えていた($p < 0.05$)。

以上、本研究において、国産ゲノム編集技術のPlatinum TALENによりマサバの攻撃性に関与する遺伝子*AVTR-V1a2*を破壊(KO)したマサバの新系統の作出に成功した。このKOマサバは野生型と比較して、稚魚期の共喰い行動と酸素消費量が減少した“おとなしいマサバ”の形質を備えていた。さらに、その後の成長において優れた飼料効率に基づく有為な体重増加が認められた。今後、*AVTR-V1a2*遺伝子KOマサバの肉質や生残率等の表現型、ならびにオフターゲットの有無や変異によって生じた新たなアミノ酸配列のアレルゲン性と毒性の検証を進め、養殖品種としての総合評価を行う予定である。

文献

- 1) Yagi Y, Shirakawa M, Nakamura T. (2015) The challenges faced by EditForce Inc., to go beyond genome editing. Nature 528 suppl.
- 2) Kobayashi T, Yagi Y, Nakamura T. (2016) Development of genome engineering tools from plant-specific PPR proteins using animal cultured cells. Methods Mol Biol 1469, 147-155.
- 3) Sakuma T, Ochiai H, Kaneko T, Mashimo T, Tokumasu D, Sakane Y, Suzuki K, Miyamoto T, Sakamoto N, Matsuura S, Yamamoto T. (2013) Repeating pattern of non-RVD variations in DNA-binding modules enhances TALEN activity. Sci Rep, 3, 3379.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Ohga H, Shibata K, Sakanoue R, Ogawa T, Kitano H, Kai S, Ohta K, Nagano N, Nagasako T, Uchida S, Sakuma T, Yamamoto T, Kim S, Tashiro K, Kuhara S, Fujiwara A, Kazeto Y, Kobayashi T, Matsuyama M	4. 巻 13
2. 論文標題 Development of a chub mackerel with less aggressive fry stage by genome editing of arginine vasotocin receptor V1a2	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 3190
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41598-023-30259-x	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 -

1. 著者名 Ohga H, Ohta K, Matsuyama M	4. 巻 Part A 275
2. 論文標題 Long-day stimulation increases thyroid-stimulating hormone expression and affects gonadal development in chub mackerel	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Comparative Biochemistry and Physiology	6. 最初と最後の頁 111334
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.cbpa.2022.111334	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 Nyuji M, Hamaguchi M, Shimizu A, Isu S, Yoneda M, Matsuyama M	4. 巻 328
2. 論文標題 Development of sandwich enzyme-linked immunosorbent assays for chub mackerel <i>Scomber japonicus</i> gonadotropins and regulation of their secretion in female reproduction	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 General and Comparative Endocrinology	6. 最初と最後の頁 114103
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ygcen.2022.114103	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 Ohga H, Ito K, Kakino K, Mon H, Kusakabe T, Lee JM, Matsuyama M	4. 巻 10
2. 論文標題 Leptin Is an Important Endocrine Player That Directly Activates Gonadotropic Cells in Teleost Fish, Chub Mackerel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cells	6. 最初と最後の頁 3505
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/cells10123505	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 -

1. 著者名 Ohga H, Matsuyama M	4. 巻 105
2. 論文標題 Effects of LPXRFamide peptides on chub mackerel gonadotropin secretion	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biology of Reproduction	6. 最初と最後の頁 1179 - 1188
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/biolre/ioab130	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 Selvaraj S, Ahilan B, Yamaguchi A, Matsuyama M	4. 巻 9
2. 論文標題 Multiplicity of gonadotropin-releasing hormone in fish	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Entomology and Zoology Studies	6. 最初と最後の頁 352 - 361
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22271/j.ento.2021.v9.i3e.8729	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 Ohga H, Matsuyama M	4. 巻 Part A 253
2. 論文標題 In vitro action of leptin on gonadotropin secretion in pre-pubertal male chub mackerel	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Comparative Biochemistry and Physiology	6. 最初と最後の頁 1 - 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cbpa.2020.110856	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 Ohga H, Ito K, Matsumori K, Kimura R, Ohta K, Matsuyama M	4. 巻 292
2. 論文標題 Leptin stimulates gonadotropin release and ovarian development in marine teleost chub mackerel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 General and Comparative Endocrinology	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.ygcen.2020.113442	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 Ohga H, Akase F, Sakanoue R, Matsushima A, Ohta K, Matsuyama M	4. 巻 288
2. 論文標題 Alanine scanning and characterization of core peptides in Scombridae fish family for construction of Kiss1 super analog	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 General and Comparative 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) 10.1016/j.ygcen.2019.113356	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 Ohga H, Sakanoue R, Ohta K, Matsuyama M	4. 巻 86
2. 論文標題 Molecular characterization of Kiss2 dodecapeptide in 16 species of Scombridae family	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 437-444
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 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 Hirofumi Ohga, Kosuke Ito, Kojiro Matsumori, Ryuto Kimura, Kohei Ohta, Michiya Matsuyama	4. 巻 292
2. 論文標題 Leptin stimulates gonadotropin release and ovarian development in marine teleost chub mackerel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 General and Comparative 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) 10.1016/j.ygcen.2020.113442	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 Sakaguchi K, Yoneda M, Sakai N, Nakashima K, Kitano H, Matsuyama M	4. 巻 9
2. 論文標題 Comprehensive Experimental System for a Promising Model Organism Candidate for Marine Teleosts	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-41468-8	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 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 5件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 1. 小川拓摩, 大賀浩史, Mohapatra Sipra, Chakraborty Tapas, 太田耕平, 長野直樹, 長迫智也, 内田誠一, 藤原篤志, 佐久間哲史, 山本卓, 松山倫也
2. 発表標題 ゲノム編集により作出された“おとなしいマサバ”の形質評価
3. 学会等名 令和4年度日本水産増殖学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山倫也
2. 発表標題 九州大学における養殖研究とアウトリーチ
3. 学会等名 令和4年度第2回水産増殖懇話会講演会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ogawa T, Ohga H, Mohapatra S, Chakraborty T, Ohta K, Nagano N, Nagasako T, Uchida S, Fujiwara A, Sakuma T, Yamamoto T, Matsuyama M.
2. 発表標題 Genome-edited “modest mackerel” for aquaculture
3. 学会等名 RASHI 2022 (Responsible Aquaculture & Sustainable Fisheries Interact) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松山倫也
2. 発表標題 ABRIC（九州大学大学院農学研究院附属アクアバイオリソース創出センター）の設立経緯
3. 学会等名 地域漁業学会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松山倫也
2. 発表標題 九州大学農学研究院附属アクアバイオリソース創出センターの紹介
3. 学会等名 令和3年度日本水産学会九州支部例会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松山倫也
2. 発表標題 サバの生殖仕組みと人工種苗産の現状
3. 学会等名 「持続可能な次世代養殖システム の開発～サバを中心に」シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大賀浩史，松山倫也
2. 発表標題 マサハLPXRFa がGTH 放出に与える影響
3. 学会等名 令和2年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松山倫也
2. 発表標題 ゲノム編集技術を利用した魚類の育種と利用
3. 学会等名 水産育種情報交換会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakanoue R, Ohga H, Shibata K, Nagano N, Kitano H, Sakaguchi K, Kuhara S, Tashiro K, Kim S, Nagasako T, Uchida S, Sakuma , Yamamoto T, Gen K, Fujiwara A, Kazeto Y, Kobayashi T, Ohta K, Matsuyama M
2. 発表標題 Production of AVTR-V1a2 knockout strain in chub mackerel, <i>Scomber japonicus</i> , by genome editing with TALEN
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 in Shizuoka (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kai S, Sakaguchi K, Ohta K, Matsuyama M
2. 発表標題 Luteinizing hormone -subunit gene knockout in Japanese anchovy (<i>Engraulis japonicus</i>) by TALEN-based genome editing
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 in Shizuoka (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 松山倫也	4. 発行年 2022年
2. 出版社 SUNATECメールマガジン	5. 総ページ数 5
3. 書名 これからの水産物の供給における養殖業の役割と課題	

1. 著者名 大賀浩史, 松山倫也	4. 発行年 2021年
2. 出版社 (株)エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 5
3. 書名 共喰い行動の低下したおとなしマサバの開発 ゲノム編集食品 - 農林水産分野への応用と持続的社会的の実現 -	

1. 著者名 松山倫也, 大賀浩史	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 8
3. 書名 ゲノム編集技術による海産魚の新品種作出 - 攻撃性を低下させたおとなしいマサバ - 最新のゲノム編集技術と用途展開	

1. 著者名 松山倫也, 大賀浩史	4. 発行年 2019年
2. 出版社 緑書房	5. 総ページ数 4
3. 書名 魚の性格を変える. 九州大学による"おとなしいサバ"の開発	

〔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	太田 耕平 (Ohta Kohei) (10585764)	九州大学・農学研究院・准教授 (17102)	
研究分担者	長野 直樹 (Nagano Naoki) (50437943)	宮崎大学・農学部・教授 (17601)	
研究分担者	大賀 浩史 (Ohga Hirofumi) (60792299)	九州大学・農学研究院・学術研究員 (17102)	

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	坂口 圭史 (Sakaguchi Keishi) (50396280)	九州大学・農学研究院・准教授 (17102)	

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