

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01488

研究課題名(和文) 魚類生殖幹細胞の凍結・移植による遺伝子資源の長期保存技法の開発

研究課題名(英文) Long-term preservation of fish genetic resources by cryopreservation and transplantation of germ-line stem cells

研究代表者

吉崎 悟朗 (Yoshizaki, Goro)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：70281003

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)：タナゴ類とトゲウオ類の生殖細胞の凍結と移植による遺伝子資源の長期保存法の構築を目指した。いずれの種においてもドナーと宿主の生殖腺を組織学的に解析することで移植適期を明らかにした。特にタナゴにおいては実際に絶滅の危機に瀕している日本産のタナゴ類をドナーに、タイリクバラタナゴを宿主に用いることで、ドナー由来の配偶子を効率的に生産することが可能であった。また、タイリクバラタナゴをモデルに用いてドナー生殖細胞を凍結保存する技術の構築にも成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本課題で構築した方法を用いることで、タナゴ類の遺伝子資源の半永久的な保存が可能になると期待される。特にRhodeusのみならずTanakia属に属する種もタイリクバラタナゴを代理親に用いることで次世代生産が可能であったため、我が国に分布する多くの絶滅危惧種の生殖細胞を利用した遺伝子資源の保存が可能になると期待される。また本課題で開発した技術の多くは、他の絶滅危惧魚類へと応用することも可能であろう。

研究成果の概要(英文)：Final goal of this study was to develop a method to preserve genetic resources of bitterlings and sticklebacks by combination of cryopreservation and transplantation of their germ-line stem cells. First, we optimized maturational stage of donor testes and recipient age used for the germ-cell transplantation. Second, we confirmed that production of gametes derived from several endangered Japanese bitterlings were possible by using surrogate Chinese rosy bitterlings. Also, cryopreservation of bitterling germ-line stem cells was successfully established.

研究分野：水族発生工学

キーワード：タナゴ トミヨ 精原細胞 移植 凍結保存 緩慢凍結 ガラス化

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、我が国の淡水域における環境悪化が進行しており、多くの淡水魚が減少している。特にタナゴ類やトゲウオ類はその生息域の減少と個体数の減少が顕著であり、これらの魚種の多くは環境省が定める汽水・淡水魚類レッドリストに掲載されているうえ、一部の種は天然記念物にも指定されている。タナゴ類はわが国に 3 属 18 種が生息しているが、これらのうち在来の 13 種がレッドリストに掲載されている。トゲウオ類も同様に 8 つの種や地域集団がレッドリストに掲載されており、1 種は既に絶滅に至っている。このような状況下において、これら魚種が生息する環境を修復することが最も重要であることは言うまでもないが、これには極めて長い期間を要する。実際に多くの都道府県水産試験場や市町村、さらには NPO がこれらの環境保全を精力的に進めているにもかかわらず、その効果は限定的である。一方、一部の水産試験場等で、これらの希少種を継代飼育するという試みもなされているが、これらの取り組みは短期的には有効であるが、人為管理下で長期間継代飼育した個体を天然環境に放流した場合、その繁殖成功率が有意に低下するという報告が近年なされている(例: Araki et al., Science 2007)。また、継代の過程において遺伝子組成にバイアスがかかり、継代集団では元来の野生集団の遺伝的背景とその多様性の維持がなされていないことも少なくない(実際に多くの親魚を収容した水槽から得られた次世代が、ごく限られた親由来である現象も報告されている(Hosoya et al., Fish Sci 2014))。

このような希少種の保全問題の解決策の一つとして卵や精子の凍結保存が挙げられる。しかし現在の技術で凍結可能な卵のサイズは直径 0.1mm 程度までであり(ヒトを含む哺乳動物の卵が最大)、魚卵のような大型の卵や受精卵の凍結保存は全く可能になっていない。研究代表者らは、卵と精子の両者へと分化可能な小型生殖細胞である生殖幹細胞を凍結保存し、これを宿主個体へと移植することで凍結細胞に由来する機能的卵や精子の生産を目指して永年研究を進めてきた。そして、2013 年には、ニジマスモデルに用い、凍結した精巣から得られた生殖幹細胞を宿主に移植することで、雌宿主からは凍結細胞に由来する卵を、雄宿主からは精子を得ることに世界に先駆けて成功した(Lee et al., PNAS 2013)。

2. 研究の目的

絶滅の危機に瀕している魚種の遺伝子資源の半永久的保存を目指し、研究代表者らが開発した代理親魚技法を駆使し、凍結細胞から生きたタナゴ、トゲウオ類を安定的に生産可能な技術の開発を目指す。具体的には、当該魚種の精巣を凍結保存する技法を開発し、これらの精巣から回収した生殖幹細胞を、別系統、あるいは別種の宿主へと移植することで、宿主に凍結精巣に由来する機能的卵・精子を生産させる。ひいては得られた卵、精子の受精を介して凍結精巣から生きた個体を作成する技法を完成させ、希少種保全の一助となることを目指した。

3. 研究の方法

(1) マイクロサテライト DNA によるムサシトミヨの遺伝的変異性評価

供試魚は、トミヨ属淡水型として元荒川のムサシトミヨ(埼玉県)、別寒辺牛川支流、十勝川支流、安平川支流美々川(北海道)、牛渡川(山形県)、胎内川支流(新潟県)の 6 標本群と、外群として声間川支流と伊茶仁川(北海道)のエゾトミヨ 2 標本群の合計 8 標本群、274 尾を用いた。分析には既報の 8 マイクロサテライト DNA マーカー座を用い、遺伝的変異性や異質性を比較した。

(2) トミヨ属の4塩基、5塩基リピートマイクロサテライトDNAマーカー開発

ムサシトミヨをはじめとしたトミヨ属魚類についてよりの確で詳細な遺伝学的分析を実施するため、*Pungitius pungitius* の whole genome sequence である DRR013346 をもとにして、2塩基リピートよりも分析しやすいとされる4塩基、5塩基リピートであるマイクロサテライトDNAマーカーの開発を行った。特性評価は、別寒辺牛川支流標本群(トミヨ属淡水型)、別寒辺牛川標本群(トミヨ属汽水型)、伊茶仁川標本群(エゾトミヨ)の3標本群で行った。

(3) 生殖細胞移植に適したドナーと宿主の特定

材料にはトゲウオ類ではトミヨを、タナゴ類ではタイリクバラタナゴを用いて宿主仔魚の生殖幹細胞の移植適期を探索した。種苗生産後の胚を経時的にサンプリングし、常法に従ってパラフィン切片を作成後、始原生殖細胞の移動パターンと、その後の生殖腺の形成過程を詳細に観察した。

(4) 生殖細胞移植に用いる不妊宿主の作出

トミヨ、タイリクバラタナゴの不妊宿主の作出には、細胞膜透過性のアンチセンスオリゴヌクレオチド(IVMO)を用いた受精卵の浸漬および通常のアンチセンスオリゴヌクレオチド(MO)の受精卵への顕微注入、で始原生殖細胞の移動や生残に必須の遺伝子である *dnd* の特異的翻訳阻害を行うことで内在性の生殖細胞を欠損した宿主の作出を目指した。

(5) 各種タナゴ類生殖細胞のタイリクバラタナゴ宿主への移植

タナゴ類への生殖細胞移植系構築の基盤として、劣性アルビノから単離した生殖細胞3000個程度をPKH26で蛍光標識を施したのち、*dnd* 遺伝子に対するMOを注入した4日令の孵化仔魚の腹腔内へと移植し、その後の宿主の経時的観察を行った。また、各種日本産のタナゴ類の生殖細胞を同様にタイリクバラタナゴ宿主へと移植し、ドナー由来次世代作出の可能性も探索した。なお、タイリクバラタナゴドナーに関しては緩慢凍結、およびガラス化による生殖細胞の超低温保存も試みた。

4. 研究成果

(1) マイクロサテライトDNAによるムサシトミヨの遺伝的変異性評価

ムサシトミヨを除くトミヨ属淡水型5標本群のAllelic richness(24個体で算出)は6.2-10.5、平均ヘテロ接合体率は0.65-0.77、エゾトミヨ標本群は4.6-5.8、0.58-0.62であった。一方、ムサシトミヨは2.4、0.06と低かった。M-ratio testでは、十勝川と伊茶仁川を除く6標本群に小集団化の可能性が示唆された。AMOVA分析を行ったところ、標本群間の遺伝的変異性は、全体の35.4%であった。各標本群間の F_{ST} 値を求めたところ、0.17-0.73で全ての組み合わせで有意な値であった。Nei's Da-distanceを基に、UPGMA法でデンドログラムを作成したところ、ムサシトミヨは、他のトミヨ属淡水型やエゾトミヨ標本群から遠い関係にあった。以上の結果から、ムサシトミヨは、小集団化によって生じた強い遺伝的浮動により、他のトミヨ属淡水型やエゾトミヨ標本群とは遺伝的異質性が大きくなった可能性が考えられた。ムサシトミヨは、遺伝的変異性が低く、生息地が1か所であることから、生殖細胞の超低温保存等の適切なバックアップ体制の構築が必要と考えられた。

(2) トミヨ属の4塩基、5塩基リピートマイクロサテライトDNAマーカー開発

4塩基、5塩基リピートのマーカーをそれぞれ14座、2座開発した。これら16マーカー座は、4座ずつ4組のマルチプレックスPCRにより増幅を行った。各マーカー座の特性を3標本群で分析したところ、アリル数は1-20、ヘテロ接合体率の観察値は0.00-0.967、ヘテロ接合体率の期待値は0.000-0.934であった。ハーディーワインベルグ平衡からの逸脱や連鎖不平衡は認められなかったことから、これらのマーカー座にヌルアリルが存在する可能性は低く、互いに独立に遺伝しているものと考えられた。また、3標本群間には、遺伝的異質性が観察された。以上の結果から、今回開発した16マイクロサテライトDNAマーカー座は、トミヨ属淡水型、トミヨ属汽水型、エゾトミヨの保全対策を検討するうえで有効であると考えられた。また、これらのマーカーは将来的にはトミヨ類の生殖細胞移植をした際のドナーと宿主の判別にも利用可能であることが示唆された。

(3) 生殖細胞移植に適したドナーと宿主の特定

組織学的解析の結果、タイリクバラタナゴでは受精後4日前後が、トミヨ淡水型では受精後8-9日前後に始原生殖細胞の未熟生殖腺への移動は終了するものの、体細胞組織はそれらの生殖細胞を包み込んでおらず、移植の適期であろうことが判明した。一方、ドナーに関してもムサシトミヨとタイリクバラタナゴを用いて解析を行った結果、ムサシトミヨでは3-4か月令が、タイリクバラタナゴでは3か月令程度の若齢個体が精巣内に大量のA型精原細胞を包含しており、ドナー細胞の調整に適した時期であることが判明した。

(4) 生殖細胞移植に用いる不妊宿主の作出

本研究期間においてIVMOの効果的な処理条件は見出すことが不可能であった。そこで、タイリクバラタナゴを用いて通常のMOを受精卵の細胞質へと顕微注入することで、その不妊化を目指した。その結果、dnd遺伝子の翻訳開始点主変に作成したMOを2ng/卵の濃度で顕微注入することで、効率で不妊個体を生産することが可能であった。特筆すべきこととして、これらの不妊タナゴは雌雄が1:1の割合で出現したため、計画していた性ステロイドによる性転換は不要であった。

(5) 各種タナゴ類生殖細胞のタイリクバラタナゴ宿主への移植

タナゴ類への生殖細胞移植系構築の基盤として、劣性アルビノから単離した生殖細胞3000個程度をPKH26で蛍光標識を施したのち、dnd遺伝子に対するMOを注入した4日令の孵化仔魚の腹腔内へと移植した。その結果、8割程度の宿主個体の生殖腺内にドナー由来の生殖細胞の取り込みを確認することができた。さらに、これらの個体を6か月間飼育したところ、8割程度の個体が成熟し、配偶子を生産した。そこで、これらの宿主を劣性アルビノ個体と交配した結果、得られた次世代個体はアルビノの表現型を示すことを確認した。また得られた次世代は正常に発生し、その後も正常に成長を示した。以上の結果から、これらのタイリクバラタナゴ宿主は移植した生殖細胞に由来するドナーの卵、精子を生産したことが確認された。

さらに、タナゴ類に関しては、ニホンバラタナゴ(絶滅危惧1A)、カゼトゲタナゴ(絶滅危惧1B)、およびヤリタナゴ(準絶滅危惧)から単離した生殖細胞3,000個程度を、dnd遺伝子に対するMOを注入することで不妊化処理を施した4日令のタイリクバラタナゴの孵化仔魚の腹腔内へと移植した結果、これらのタイリクバラタナゴ宿主は雌雄ともに成熟し、すべての組み合わせでドナー由来の卵および精子を生産することが明らかとなった。またこれらの配偶子を人工

授精に供することで正常な形態を示すドナー種の次世代を生み出すことが可能であった。これらすべての実験において、得られた次世代はDNAレベルでもドナー種と同一のゲノムを有していることを確認済みである。しかし、ヤリタナゴのような大型卵を産する魚種の場合、タイリクバラタナゴの産卵管を通過する際に、ドナーの卵が物理的に傷害を受ける例が多く見受けられ、この場合は雌宿主を開腹することでドナー種の卵を取り出す必要が生じた。

また、タイリクバラタナゴをモデルに用い、ドナー種の精巣を超低温保存することを試みた。その結果、1.3MDMSO、0.1Mトレハロース、1.5%ウシ血清アルブミンを含む液中で緩慢凍結を施すか、15%DMSO、15%エチレングリコール、0.2Mトレハロース、20%ウシ胎児血清を含む溶液中でガラス化処理を行うことで、精原細胞を効率よく保存することが可能であり、これらの精原細胞をタイリクバラタナゴ宿主へと移植することで、ドナー由来の機能的な卵をおよび精子の両者を生産可能であることが明らかとなった。

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 5件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Octavera Anna, Yoshizaki Goro	4. 巻 100
2. 論文標題 Production of donor-derived offspring by allogeneic transplantation of spermatogonia in Chinese rosy bitterling†	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biology of Reproduction	6. 最初と最後の頁 1108 ~ 1117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/biolre/iocy236	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 山口光太郎, 間野伸宏, 廣瀬一美, 中嶋正道	4. 巻 48
2. 論文標題 低い遺伝的多様性を示した元荒川に生息するムサシトミヨの保全方策	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 水産育種	6. 最初と最後の頁 51 ~ 57
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 Yoshizaki Goro, Lee Seungki	4. 巻 29
2. 論文標題 Production of live fish derived from frozen germ cells via germ cell transplantation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Stem Cell Research	6. 最初と最後の頁 103 ~ 110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scr.2018.03.015	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 Duangkaew Rungsun, Jangprai Araya, Ichida Kensuke, Yoshizaki Goro, Boonanuntasarn Surintorn	4. 巻 131
2. 論文標題 Characterization and expression of a vasa homolog in the gonads and primordial germ cells of the striped catfish (<i>Pangasianodon hypophthalmus</i>)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Theriogenology	6. 最初と最後の頁 61 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.theriogenology.2019.01.022	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 Yoshizaki Goro, Yazawa Ryosuke	4. 巻 85
2. 論文標題 Application of surrogate broodstock technology in aquaculture	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Fisheries Science	6. 最初と最後の頁 429 ~ 437
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s12562-019-01299-y	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 Vasconcelos Ana Carina Nogueira, Streit Danilo Pedro, Octavera Anna, Miwa Misako, Kabeya Naoki, Yoshizaki Goro	4. 巻 9
2. 論文標題 The germ cell marker dead end reveals alternatively spliced transcripts with dissimilar expression	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-39101-9	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 Duangkaew Rungsun, Jangprai Araya, Ichida Kensuke, Yoshizaki Goro, Boonanuntasarn Surintorn	4. 巻 131
2. 論文標題 Characterization and expression of a vasa homolog in the gonads and primordial germ cells of the striped catfish (Pangasianodon hypophthalmus)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Theriogenology	6. 最初と最後の頁 61 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.theriogenology.2019.01.022	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 Ichida Kensuke, Hayashi Makoto, Miwa Misako, Kitada Ryota, Takahashi Momo, Fujihara Ryo, Boonanuntasarn Surintorn, Yoshizaki Goro	4. 巻 86
2. 論文標題 Enrichment of transplantable germ cells in salmonids using a novel monoclonal antibody by magnetic activated cell sorting	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Molecular Reproduction and Development	6. 最初と最後の頁 1810 ~ 1821
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mrd.23275	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 Marinovic Zoran, Li Qian, Lujic Jelena, Iwasaki Yoshiko, Csenki Zsolt, Urbanyi Bela, Yoshizaki Goro, Horvath Akos	4. 巻 9
2. 論文標題 Preservation of zebrafish genetic resources through testis cryopreservation and spermatogonia transplantation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 13861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-50169-1	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 Octavera Anna, Yoshizaki Goro	4. 巻 -
2. 論文標題 Production of Chinese rosy bitterling offspring derived from frozen and vitrified whole testis by spermatogonial transplantation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fish Physiology and Biochemistry	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) 10.1007/s10695-020-00802-y	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19件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Tawny Nicole Aiko Scanlan, Goro Yoshizaki and Stuart Meyers
2. 発表標題 Cryopreservation of rainbow trout whole gonads by vitrification to maintain reproductive stem cell potential.
3. 学会等名 Fourth World Congress of Reproductive Biology (WCRB2017) (国際生殖生物学会) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Anna Octavera and Goro Yoshizaki
2. 発表標題 Development of a novel immunosenser system for fish sex determination
3. 学会等名 日本水産学会創立85周年記念国際シンポジウム International Symposium "Fisheries Science for Future Generations" The Japanese Society of Fisheries Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Zoran Marinovic, Qian Li, Jelena Lujic, Eszter Kasa, Yoshiko Iwasaki, Bela Urbanyi, Akos Horvath, Goro Yoshizaki
2. 発表標題 CRYOPRESERVATION OF ZEBRAFISH SPERMATOGONIA: SLOW-RATE FREEZING VS VITRIFICATION
3. 学会等名 6th International Workshop on the Biology of Fish Gametes (第6回魚類配偶子国際会議) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ana Carina Nogueira Vasconcelos, Anna Octavera, Danilo Pedro Streit Jr., Goro Yoshizaki
2. 発表標題 First evidence in fish of alternative dead end gene splicing.
3. 学会等名 6th International Workshop on the Biology of Fish Gametes (第6回魚類配偶子国際会議) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 吉崎 悟朗
2. 発表標題 養殖の将来：遺伝子の保全と新品種の創出
3. 学会等名 日本学術会議主催公開シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshizaki Goro
2. 発表標題 Development of germ cell manipulation technology in fish
3. 学会等名 11th International Symposium on Reproductive Physiology of Fish (ISRPF) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉崎 悟朗
2. 発表標題 dead end変異による不妊ニジマスの作出とその代理親魚としての利用
3. 学会等名 第20回マリンバイオテクノロジー学会大会 若手の会シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山口 光太郎、間野 伸宏、廣瀬 一美、中嶋 正道
2. 発表標題 マイクロサテライトDNAによるムサントミヨの遺伝的変異性評価
3. 学会等名 平成31年度日本水産学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Octavera Anna、Yoshizaki Goro
2. 発表標題 Production of Slender Bitterling (<i>Tanakia lanceolata</i>) Offspring From Germ Cell-Less Chinese Rosy Bitterling (<i>Rhodeus ocellatus ocellatus</i>) Surrogate Parents
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ichida Kensuke、Yoshizaki Goro
2. 発表標題 Specific visualization of type A spermatogonia using a fluorescenceconjugated antibody in <i>Salmo</i> species
3. 学会等名 Marine Biotechnology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉崎 悟朗
2. 発表標題 海の幸を技術で増やす
3. 学会等名 『MaOIフォーラム』設置記念セミナー 第2回セミナー（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉崎 悟朗
2. 発表標題 水産業における最新技術動向：魚類の生殖細胞操作とその応用
3. 学会等名 発酵と代謝研究会 2019年度 第2回勉強会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉崎 悟朗
2. 発表標題 Germ cell manipulation in fish: Can mackerel produce bluefin tuna offspring?
3. 学会等名 2019 年度 第 11 回在日科協碩博セミナー- “生物機能の科学と応用” -（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉崎 悟朗
2. 発表標題 生命科学の先端技術による種苗供給（希少なサカナを増やす、良いサカナを創り出す）
3. 学会等名 イノベフィッシュ（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshizaki Goro
2. 発表標題 Germ Cell Transplantation in Fish: Current Status and Future Prospects
3. 学会等名 Germinal Stem Cell Biology Gordon Research Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshizaki Goro
2. 発表標題 Surrogate broodstock technology for fish culture advancement
3. 学会等名 XIII Scientific Meeting of the Fisheries Institute (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本 祥徳、片山 直人、藤原 亮、吉崎 悟朗
2. 発表標題 超雄精原細胞由来卵の発生異常とその原因遺伝子
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 藤原 亮、名村 峻、片山 直人、吉崎 悟朗
2. 発表標題 生殖細胞欠損ニジマスの代理親魚への利用
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 山口 光太郎、中嶋 正道
2. 発表標題 トミヨ属の4塩基、5塩基リピートマイクロサテライトDNAマーカー開発
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

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Fumi Kezuka, Shinsuke Seki, Sungki Lee, Goro Yoshizaki	4. 発行年 2020年
2. 出版社 John Wiley & Sons	5. 総ページ数 9
3. 書名 Medaka Biology, Management, and Experimental Protocols, Volume 2	

〔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	山口 光太郎 (Yamaguchi Kotarou) (60502721)	埼玉県水産研究所・水産研究所・担当部長 (82411)	