

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06793

研究課題名(和文) タツノオトシゴの育児嚢特異的な遺伝子の探査

研究課題名(英文) Identification of brood pouch-specific genes in seahorse

研究代表者

川口 眞理 (KAWAGUCHI, Mari)

上智大学・理工学部・准教授

研究者番号：00612095

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)：タツノオトシゴは、他の魚種には見られない特徴的な形態をしており、オスもつ育児嚢内でメスから受け取った卵を保護している。育児嚢内で胚の発生が進み、オスが出産する。育児嚢はタツノオトシゴを含むヨウジウオ科魚種のみにもみられることから、この系統に特有の新奇な遺伝子が子育てや育児嚢の形成に関わっている可能性があると考えられる。本研究では、タツノオトシゴに固有な細胞で発現する新奇な遺伝子を見出した。この遺伝子は、タツノオトシゴ属とヨウジウオ属の共通祖先でゲノム内に挿入されて誕生した遺伝子と考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

育児嚢は、タツノオトシゴを含むヨウジウオ科魚類のすべてのオスに見られる子育て器官である。その形態は体表に付着させるだけの単純なものから袋状のものまで主に5つの形態に分類され、ヨウジウオ科魚類の進化過程で頻繁にその形態が変化している。近縁種でのみ見られる器官ということは、ゲノム配列のわずかな違いによって形態を多様化させていると考えられ、形態進化を詳細に調べることが可能な良い実験題材である。ヨウジウオ科魚類は藻場やサンゴ礁など生活環境に合わせて多様化しており、ヨウジウオ科魚類の育児嚢の多様性進化について理解できれば、生物の生き残り戦略の一端を解き明かすことになる。

研究成果の概要(英文)：Seahorses are one of teleostean fishes and have unique characteristics. One of them is that male seahorses possess a brood pouch on the ventral side of the body and protect their eggs in the pouch until parturition. Considering that brood pouch is uniquely found in their relatives, lineage-specific genes appeared during the evolution of seahorses.

In the present study, we newly found a gene expressed in flame cone cells uniquely found in species of the genus Hippocampus. The gene is translated into a protein possessing proline and glycine-rich sequences, and we named it "proline-glycine rich (PGrich) gene". The gene is estimated to be established from the antisense strand of the elastin gene by transposon or retroposon. Based on the analysis of genome sequences of various teleosts, we conclude that the gene emerged in the common ancestor of seahorse and pipefish.

研究分野：Evolutionary biology

キーワード：brood pouch trasnposon retroposon seahorse

1. 研究開始当初の背景

動物の子育ては一般的にはメスが行っているが、ツツノオトシゴはオスが子育てをしている。しかも、オスには子育てのための器官「育児嚢」があり、メスから受け取った卵をオスが保護し、その後、出産する。育児嚢は、ツツノオトシゴが属するヨウジウオ科魚類のすべてのオスにみられるが、その形態は単純な形態から複雑な形態へと徐々に進化してきたと考えられており、進化過程における新奇器官の形成メカニズムを調べるための良い研究材料である。つまり、表皮に卵を付着させる形態から、両脇から表皮が部分的に伸びて卵を一部覆うようになり、さらに卵を完全に覆うような袋状の構造へと進化したと考えられている。このような形態進化は、どのような遺伝的な変化によって生じているのだろうか？本研究は、ツツノオトシゴをモデル系として、育児嚢の形態進化の分子メカニズムの解明を目指すものである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ツツノオトシゴのオスの成長過程を通して、「育児嚢形成のスタートのカギを握る分化誘導因子」や「育児嚢を構成する組織に特異的な遺伝子」の発現局在を調べて、形成メカニズムを分子レベルで明らかにすることである。さらに、形成に関わる遺伝子を、ヨウジウオ科魚種間で比較すれば、ヨウジウオ科の魚種で多様な形態が生じた要因をつきとめることにつながる。

3. 研究の方法

育児嚢から抽出した RNA を用いて、RNA-seq 解析を行った。この中から主に、既存の遺伝子とは類似性を示さない新規な遺伝子や、転写因子・増殖因子に着目してそれぞれの発現局在を in situ ハイブリダイゼーション法や免疫組織染色法を用いて調べた。

4. 研究成果

ツツノオトシゴの育児嚢の形成を明らかにするために、育児嚢の形成段階ごとに RNA-seq 解析を行い、育児嚢の形成が始まる時期に発現が高まる遺伝子に着目して解析を進めている。現在までに複数の転写因子や増殖因子が育児嚢の形成に関わる候補として見出しており、それらの発現を調べているところである。本研究では、これと並行して、ツツノオトシゴに特有の遺伝子についても解析を進めてきた。その結果、新規な遺伝子の発見につながったので以下に研究成果の詳細を記す。

ツツノオトシゴのオスの抱卵中に発現する遺伝子は、子育てに重要な役割を担うと予想し、まず、抱卵前と後の育児嚢を用いて RNA-seq 解析を行い、抱卵中の育児嚢で発現量が高い遺伝子に着目した。これらの遺伝子の中には、BLASTX 検索を行ってもデータベースに登録されている既知遺伝子と配列の類似性を示さない遺伝子があった。育児嚢がツツノオトシゴを含むヨウジウオ科に特有な器官であることを考慮すると、系統特有の遺伝子が子育てに重要な役割を担っている可能性が高いと考え、この新規遺伝子に着目することにした。まず、RACE PCR 法で全長配列を同定し、アミノ酸配列に翻訳してみると、プロリンが 41%、グリシンが 23% 含まれることがわかった。そこでこの遺伝子を proline-glycine rich (pgrich) 遺伝子と名付けた (図 1)。

PGrich タンパク質には繰り返し配列が多数みられ、それらは SPPGTTPPG, SPPGSPPG, GPPGP, GPAGP で、特に最小繰り返しユニットとして PPG を多く含む配列であることがわかった (図 1)。タンパク質のドメイン検索を行っても既存のドメインとは一致せず、BLASTP 検索を行っても相同配列はなく、当初に予想した通り、新規遺伝子であった。なお、BLASTN 検索をしてみると、別種のツツノオトシゴ (*Hippocampus comes*) の uncharacterized transcripts の antisense 鎖と高い類似性を示した。新規な遺伝子のため、登録配列が間違っている可能性が高い。pgrich 遺伝子がタンパク質に翻訳されることを確認するために、ウェスタンブロッティングを行ってみると、22 kDa にシングルバンドが検出された。cDNA 配列から予想される PGrich タンパク質の分子量は 21,321.73 なので、ウェスタンブロッティングで検出されたバンドは PGrich タンパク質と言える。このことから、pgrich 遺伝子が転写・翻訳されることが確認できた。

pgrich 遺伝子の発現局在を調べるために in situ ハイブリダイゼーション (ISH) を行った (図 2)。まず成熟した育児嚢の切片を作製して ISH を行うと、育児嚢の体表を覆う最外層の細胞で pgrich 遺伝子の局在が検出された (図 2)。この細胞は、flame cone 細胞と呼ばれる細胞である。のちに記載するように、flame cone 細胞はツツノオトシゴ属に固有の細胞で、pgrich 遺伝子は flame cone 細胞特異的に発現していることがわかった。

次に、育児嚢の形成過程を通して ISH を行った。育児嚢は、腹側尾部の真皮と上皮が盛り上がるようにして形成が始まる (育児嚢の原基)。その後、盛り上がり部分が正中線に向かって伸長していき、正中線まで到達すると融合して入り口の穴を残して袋状の育児嚢ができる。それに伴い、育児嚢の内腔を覆う上皮 (内腔上皮) は体表上皮とは性質が異なってくる。pgrich 遺伝子の発現は、原基が形成される時期では、体表上皮全体でみられた。その後、袋状の育児嚢の形成とともに、内腔上皮での発現が消失し、体表上皮のみで検出されるようになり、flame cone 細胞も見られるようになった。

flame cone 細胞に着目して、走査型電子顕微鏡で 3 種のヨウジウオ科魚種の体表を観察した (図 3)。ツツノオトシゴでは、育児嚢と棘 (ツツノオトシゴの体全体を覆う骨板の突出部分) に flame cone 細胞が観察された。一方、ツツノオトシゴ属以外の 2 魚種 (ヨウジウオとオクヨウジ) では flame cone 細胞は観察されなかった。Bereiter-Hahn らの報告でも同様の報告がなされており、flame cone 細胞はツツノオトシゴ属に固有の細胞と言える。

flame cone 細胞で発現する pgrich 遺伝子は、ツツノオトシゴ属に特有の遺伝子なのだろうか? そこで、種々の魚種のゲノムデータベースを利用して、pgrich 遺伝子を探索することにした。2 種のツツノオトシゴ (*H. abdominalis* と *H. comes*) では、14 もしくは 16 コピーの pgrich 遺伝子が同一染色体上に縦列重複していることがわかった。周辺遺伝子は 2 魚種間で良く保存されていた。次に、17 個の周辺遺伝子を含めてヨウジウオ目魚類のゲノムデータベースを探索することにした。ヨウジウオ科ヨウジウオ属の *Syngnathus acus* のゲノムでは、pgrich 遺伝子とその周辺遺伝子が保存されていた。一方、ヨウジウオ科ヒバシヨウジ属のヒバシヨウジ、ネズツポ科の 2 魚種からは周辺遺伝子はみつかるものの、pgrich 遺伝子は見つからなかった。ヒバシヨウジは、ツツノオトシゴ属やヨウジウオ属とは系統的に遠いため、その間に位置する魚種に pgrich 遺伝子があるのかどうかを調べるために、東京農業大学の川原博士と河野博士の協力のもと、次世代シーケンサーを用いてトゲヨウジとイシヨウジのゲノム配列を決定した。その結果、周辺遺伝子はみつかるものの、pgrich 遺伝子は見つからなかった。これらの結果から、pgrich 遺伝子はツツノオトシゴ属とヨウジウオ属の共通祖先で誕生したことがわかった。

pgrich 遺伝子はどのようにして生じたのだろうか? pgrich 遺伝子が見つかる 2 種のツツノオトシゴ属魚種と 1 種のヨウジウオ属魚種のゲノム配列をさらに詳しく調べることにした。その結果、pgrich 遺伝子周辺にはトランスポゾンやレトロポゾン由来の配列が数多く見つかかり、3 魚種間で共通のものも複数見つかった。それらは hAT-5_DR, Charlie3, EnSpm-N10_DR, EnSpm-N17_DR, MER6, Daphne-27_Dre の 6 種である。この結果は、ツツノオトシゴ属とヨウジウオ属の共通祖先でトランスポゾンもしくはレトロポゾンを介してゲノム内に挿入された配列が pgrich 遺伝子として働くようになったことを示唆している。

では何の配列がゲノムに挿入されたのだろうか? PGrich タンパク質配列を用いてゲノム配列を TBLASTN 検索をしていると、pgrich 遺伝子領域とは異なる領域にもわずかに類似性を示すことに気が付いた。その領域をデータベース検索してみると、エラスチン遺伝子領域だった。エラスチンは 66 個の VPGG 繰り返し配列をもち、その相補鎖をアミノ酸に翻訳した配列は PPGT となり、PGrich タンパク質の最小繰り返しユニット PPG と似ている。エラスチンの相補鎖をアミノ酸に翻訳した配列と PGrich タンパク質の配列は、32~49% の類似性を示すことがわかった。この結果から、pgrich 遺伝子はエラスチン遺伝子由来ではないかと考えている。

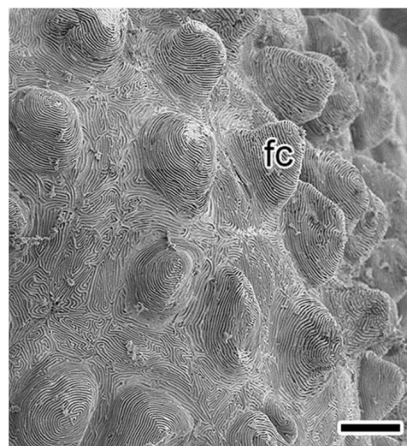


図 3 : 走査型電子顕微鏡によるツツノオトシゴの体表の観察。育児嚢や棘の表面には突出した特徴的な flame cone 細胞 (pc) が多数観察される。

本研究により、新規な pgrich 遺伝子がツツノオトシゴ固有の flame cone 細胞で発現していることがわかった。pgrich 遺伝子はツツノオトシゴ属魚種だけでなく、ヨウジウオ属魚種からも見つかったが、ヨウジウオ属魚種には flame cone 細胞がない。今後はヨウジウオ属魚種での pgrich 遺伝子の発現を調べ、その役割を明らかにしていきたい。

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 2件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Akari Harada, Ryotaro Shiota, Ryohei Okubo, Makiko Yorifuji, Atsushi Sogabe, Hiroyuki, Motomura, Junya Hiroi, Shigeki Yasumasu, and Mari Kawaguchi	4. 巻 120
2. 論文標題 Brood pouch evolution in pipefish and seahorse based on histological observation.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Placenta	6. 最初と最後の頁 88-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.placenta.2022.02.014	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 Kaori Sano, Sho Shimada, Hideki Mibu, Mizuki Taguchi, Takasumi Ohsawa, Mari Kawaguchi, and Shigeki Yasumasu	4. 巻 338
2. 論文標題 Lineage-specific evolution of zona pellucida genes in fish.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution	6. 最初と最後の頁 181-191
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jez.b.23122	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 Tatsuki Nagasawa, Mari Kawaguchi, Kohki Nishi, Shigeki Yasumasu	4. 巻 22
2. 論文標題 Molecular evolution of hatching enzymes and their paralogous genes in vertebrates.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BMC Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12862-022-01966-2	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 Mari Kawaguchi, Yohei Okazawa, Aiko Imafuku, Yuko Nakano, Risa Shimizu, Reiji Ishizuka, Tianlong Jiang, Tatsuki Nagasawa, Junya Hiroi & Shigeki Yasumasu	4. 巻 11
2. 論文標題 Pactacin is a novel digestive enzyme in teleosts	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 7230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-86565-9	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 -

1. 著者名 R. Feron, Q. Pan, M. Wen, B. Imarazene, E. Jouanno, J. Anderson, A. Herpin, L. Journot, H. Parrinello, C. Klopp, V. A. Kottler, A. S. Roco, K. Du, S. Kneitz, M. Adolfi, C. A. Wilson, B. McCluskey, A. Amores, T. Desvignes, F. W. Goetz, A. Takanashi, M. Kawaguchi 他計36名	4. 巻 -
2. 論文標題 RADSex: A computational workflow to study sex determination using restriction site associated DNA sequencing data	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Molecular Ecology Resources	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) 10.1111/1755-0998.13360	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 Takehana Yusuke, Zahm Margot, Cabau Cedric, Klopp Christophe, Roques Celine, Bouchez Olivier, Donnadiou Cecile, Barrachina Celia, Journot Laurent, Kawaguchi Mari, Yasumasu Shigeki, Ansaï Satoshi, Naruse Kiyoshi, Inoue Koji, Shinzato Chuya, Schartl Manfred, Guiguen Yann, Herpin Amaury	4. 巻 10
2. 論文標題 Genome Sequence of the Euryhaline Javafish Medaka, <i>Oryzias javanicus</i> : A Small Aquarium Fish Model for Studies on Adaptation to Salinity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 G3 Genes Genomes Genetics	6. 最初と最後の頁 907~915
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1534/g3.119.400725	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 Tatsuki Nagasawa, Mari Kawaguchi, Tohru Yano, Sho Isoyama, Shigeki Yasumasu, and Masataka Okabe	4. 巻 9
2. 論文標題 Translocation of promoter-conserved hatching enzyme genes with intron-loss provides a new insight in the role of retrocopy during teleostean evolution.	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 2448
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-38693-6	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 Kaori Sano, Risa Yokoyama, Takako Kitano, Takeshi Takegaki, Nobumasa Kitazawa, Toyoji Kaneko, Yoshihide Nishino, Shigeki Yasumasu, and Mari Kawaguchi	4. 巻 332
2. 論文標題 Male parental assistance in embryo hatching of barred-chin blenny <i>Rhabdoblennius nitidus</i> .	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Experimental Zoology Part B: Molecular and Developmental Evolution	6. 最初と最後の頁 81-91
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/jez.b.22854	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 Hikaru Iwashita, Masahiro Sano, Mari Kawaguchi, and Atsuhiko Chiba	4. 巻 34
2. 論文標題 N-acetyl-5-methoxykynuramine enhance object location and working memory performances via modulating CaMKII, ERK and CREB phosphorylation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 NeuroReport	6. 最初と最後の頁 299-307
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1097/WNR.0000000000001893	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 Satoshi Horikoshi, Miho Iwabuchi, Mari Kawaguchi, Shigeki Yasumasu, Nick Serpone	4. 巻 21
2. 論文標題 Uptake of nanoparticles from sunscreen physical filters into cells arising from increased environmental microwave radiation: increased potential risk of the use of sunscreens to human health.	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Photochemical & Photobiological Sciences	6. 最初と最後の頁 1819-1831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s43630-022-00259-3	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20件（うち招待講演 4件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Mari Kawaguchi, Wen-Shan Chang, and Shigeki Yasumasu
2. 発表標題 Development of seahorse brood pouch in the aspect of neofunctionalization of the genes
3. 学会等名 4th SYNGB10 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎大嬉・廣井準也・川口眞理
2. 発表標題 ヨウジウオ科魚類の育児嚢におけるアンモニア輸送の進化
3. 学会等名 第74回日本動物学会関東支部
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山崎大嬉・廣井準也・川口眞理
2. 発表標題 タツノオトシゴの育児嚢におけるアンモニア輸送
3. 学会等名 第92回日本動物学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川口眞理
2. 発表標題 タツノオトシゴの育児嚢 ～形成メカニズムを分子レベルで探る～
3. 学会等名 第42回日本分子生物学会ワークショップ「生命のゆりかご「胚体外」の発生とエピゲノム」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tatsuki Nagasawa, Mari Kawaguchi, Tohru Yano, Sho Isoyama, Shigeki Yasumasu, Masataka Okabe
2. 発表標題 Unique molecular evolution in teleost hatching enzyme genes - is this a new role of retrotransposon for evolution?
3. 学会等名 SMBE 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長澤竜樹・相原光人・川口眞理・二階堂雅人
2. 発表標題 カワスズメ科魚類における孵化腺細胞の局在の進化
3. 学会等名 第72回日本動物学会関東支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 原田明里・本村浩之・川口眞理
2. 発表標題 ビッグミーシーホースの抱卵時の腹腔の形態
3. 学会等名 第72回日本動物学会関東支部
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐野香織・川口眞理・安増茂樹
2. 発表標題 孵化酵素遺伝子と卵膜遺伝子の共進化がもたらした魚類の多様な孵化機構
3. 学会等名 第90回日本動物学会シンポジウム「魚類の繁殖～多様すぎる形態と生理に分子生物学のメスを入れる～」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長澤竜樹・川口眞理・矢野十織・安増茂樹・岡部正隆
2. 発表標題 真骨魚類レトロコピー遺伝子 十数億年続く分子進化の制約を打ち破る
3. 学会等名 第90回日本動物学会シンポジウム「遺伝的変異 - 発生・生理 - 適応度をつなぐ進化・多様性研究」
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田明里・川原玲香・川口眞理
2. 発表標題 タツノオトシゴの育児嚢の形成へのFGFシグナルの関与
3. 学会等名 第90回日本動物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安増茂樹・川口眞理・竹野陸央・小島利恵子・松本透夜
2. 発表標題 硬骨魚類孵化酵素の卵膜分解系の機能進化：正真骨魚類HCE-LCE系は、どのように成立したか？
3. 学会等名 第90回日本動物学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田明里・川原玲香・川口眞理
2. 発表標題 タツノオトシゴの育児嚢の形成へのfgf10a・wnt5a遺伝子の関与
3. 学会等名 第52回日本魚類学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口眞理
2. 発表標題 魚類には新規の消化酵素があるのか？
3. 学会等名 第5回ユニーク会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 原田明里・川口眞理
2. 発表標題 組織観察によるヨウジウオ科魚種の進化過程
3. 学会等名 第21回日本進化学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口眞理
2. 発表標題 タツノオトシゴに見られる育児嚢の進化
3. 学会等名 第38回国際生物学賞記念シンポジウム 魚の生物学 その生態、進化と発生 Biology of Fishes: Ecology, Evolution and Development (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Mari Kawaguchi
2. 発表標題 Evolution of brood pouch in syngnathid fishes
3. 学会等名 1st Virtual International Conference on Biodiversity (VICONB10) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川口眞理・湯川智史・安増茂樹
2. 発表標題 タツノオトシゴの育児嚢で発現する新奇なZP遺伝子
3. 学会等名 第7回ユニーク会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川口眞理・川原玲香・富田憲司・河野友宏・金子豊二・安増茂樹
2. 発表標題 タツノオトシゴ特有の上皮細胞で発現する新奇遺伝子
3. 学会等名 第93回日本動物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本田健人・長澤竜樹・安増茂樹・川口眞理
2. 発表標題 魚類孵化酵素遺伝子の遺伝子重複と新規機能遺伝子の誕生
3. 学会等名 第93回日本動物学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 川口眞理・川原玲香・富田憲司・河野友宏・金子豊二・安増茂樹
2. 発表標題 タツノオトシゴの系統で見つかったトランスポゾン由来と予想される新奇遺伝子
3. 学会等名 第24回日本進化学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

教員の受賞・成果 https://www.sophia.ac.jp/jpn/news/PR/210401_outcome.html

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

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