

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H03299

研究課題名(和文) 雌雄の性表現転換の初期過程を探る進化生物学的研究

研究課題名(英文) Evolutionary biological studies of initial transitions of gender phenotypes

研究代表者

野崎 久義 (Nozaki, Hisayoshi)

東京大学・大学院理学系研究科(理学部)・客員共同研究員

研究者番号：40250104

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：緑藻ボルボックスにおける近縁なヘテロタリック種(ボルボックス・レティキュリフェルス)とホモタリック種(ボルボックス・アフリカヌス)の全ゲノムデータ構築と比較解析を実施し、ヘテロタリック種では性染色体上の大きな(約1 Mbp)の性決定領域(SDR)、ホモタリック種で約1 MbpのSDR類似領域(SDLR)を明らかにした。SDLRはメスまたはオス由来で、大きなSDR/SDLRが有性生殖に必須であると示唆された。また、ハプロイド種で初めて3種類の性別(メス、オス、両性型)の存在をボルボックス類のプレオドリナ・スターリーで明らかにし、3種類の性別の進化の分子遺伝学的基盤を全ゲノム解析で明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

両性の特徴を同時に持つ生物(両性種)がどのように誕生したかを明らかにする目的で、ボルボックスの両性種と近縁種の全ゲノム解析を実施した。その結果、両性種でメスまたはオス側の性染色体の性決定領域の残存が明らかになり、性染色体の両性種における重要性が示唆された。また、3種類の性別(メス、オス、両性型)を持つハプロイド種がボルボックス類のプレオドリナで初めて明らかになった。本種の新規全ゲノム解析から、性染色体のメス・オス特異的遺伝子に大規模な再編成が認められた。3種類の性別が安定的に共存している生物種の存在が示唆され、性別の決定システムと性のダイバーシティーの研究分野に大きく影響することが期待された。

研究成果の概要(英文)：Whole genomes of closely related species of *Volvox*, heterothallic *V. reticuliferus* and homothallic *V. africanus*, were generated and analyzed to reveal expanded (ca. 1 Mbp.) sex-determining regions (SDRs) in *V. reticuliferus* and expanded (ca. 1 Mbp.) SDR-like region (SDLR) in *V. africanus*. SDRs were continuous and had male or female origin. Thus, expanded SDR/SDLR seems essential for heterothallic and homothallic sexual reproduction of *Volvox*. In addition, trioecy (mating system with male, female and bisexual phenotypes) of haploid species was firstly found in the volvocine species *Pleodorina starrii*. By generating de novo whole genomes of the three phenotypes of *P. starrii*, molecular genetic bases for evolution of trioecy (drastic reorganization of male and female SDRs of the ancestral heterothallic species) were demonstrated.

研究分野：性の多様性と進化

キーワード：性進化 性多様性 性決定遺伝子 性染色体 性決定領域 ボルボックス類 全ゲノム解析 両性型

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

応募者らは異型配偶プレオドリナ (*Pleodorina*) のヘテロタリック種と考えられていた *P. starrii* (Nozaki et al. 2006, Curr. Biol.) と生物学的に同種であると考えられる両性型の培養株を明らかにした (Takahashi et al. 2021, Evolution)。この株はクローン株の単独の遺伝子型でメスとオスの両方の配偶子をつくり接合子が形成される一方で、既知のメスまたはオス株と交配可能であり、遺伝的差異と生殖的隔離は認められない。従って、*P. starrii* は実際にはメス、オスに加えて、両性型の3種類の性表現をもつ、ハプロイド生物ではこれまでに報告のない極めて興味深い生物種であると結論された。また、本種はヘテロタリック種からホモタリック種への初期進化段階に相当すると考えられた。3種類の性表現をもつ培養株の新規全ゲノム情報を基盤とした更なる研究が期待された。

また、ボルボックス系列の中の卵生殖の「ボルボックス節 (*Volvox* sect. *Volvox*)」ではホモタリックのライフサイクルが40 MYAには獲得されて維持されている上で (Herron et al. 2009, PNAS)、ヘテロタリック種が最近になって派生的に進化している。最近、申請者らは神奈川県相模湖からボルボックス節の雌雄異体種 *Volvox rousseletii* の新規培養株を確立し、培養株を実験的に性誘導することに成功した (Kimbara et al. 2019, PLOS ONE)。従って、*V. rousseletii* はホモタリック種からヘテロタリック種へ転換する進化の初期段階の生物であり、姉妹種のホモタリック *V. ferrisii* との比較ゲノム解析によるホモタリック種からヘテロタリック種への進化解明が期待された。

2. 研究の目的

メスとオスの配偶子が同一個体につくられる雌雄同体の自殖種の原型は微細藻類・菌類に認められ、“ヘテロタリック(雌雄異株)”の性表現とは別に、“一つの株内に両性の配偶子をつくる”ホモタリック(雌雄同株)”が存在する。研究課題の核心をなす学術的「問い」は「雌雄同体種の原型である雌雄性を同時にもつホモタリック種と雌雄性が遺伝的に決定されているヘテロタリック種の進化的転換をもたらす要因、および初期進化はどのようなものであるか」である。この問いに答えるべく、性決定遺伝子 *MID/OTOKOGI* に着目した性の進化生物学的研究が進展しているホルボックス系列緑藻2種、すなわち、ヘテロタリック種からホモタリック種への移行段階と考えられる *Pleodorina starrii*、並びにホモタリック種からヘテロタリック種へ転換した直後の生物と考えられる *Volvox rousseletii* に着目する。また、ヘテロタリック種からホモタリック種に進化するゲノムレベルの基盤を明らかにする目的で、最近タイ国から *Volvox africanus* の琵琶湖とは異なるホモタリックのタイプの新規培養株を確立することに成功した (Nozaki et al. 2022, Bot. Res)。本タイ国産株の SDR を明らかにし、琵琶湖産の同種のもの (Yamamoto et al. 2021, PNAS) と比較する。

これら3種を用いてホモタリックとヘテロタリックの性表現の転換の初期進化段階を遺伝子・ゲノム・細胞レベルで明らかにするのが本研究課題の目的である。

3. 研究の方法

(1) ヘテロタリック種からホモタリック種へ転換進化を解明するために、*Pleodorina starrii* を用いた研究を実施する。本種は同じ生物学的種内でメスとオスに加えて両性型という3種類の性表現型が共存するので、ヘテロタリック種からホモタリック種へ転換する最初期段階の進化生物学的に極めて重要なミッシングリンク種である (Takahashi et al. 2021, Evolution)。本種では3種類の性表現型間の交雑実験による遺伝学的解析から、“*OTOKOGI (PlestMID)*” が位置するオス型 SDR (*MTM*) と相同な“*OTOKOGI*” を持たないメス型性 SDR (*MTF*) の存在と、SDR とは独立な常染色体領域に両性型決定因子 (BF) の存在が示唆された。メス型 SDR もつものは BF の存在の有無にかかわらずメスの表現型になる。一方、オス型 SDR と BF をもつものは両性型の表現型、オス型 SDR で BF がないとオスの表現型になる。従って、BF はメス型 SDR とオス型 SDR をもつヘテロタリック祖先種がホモタリック新種へ進化する鍵遺伝子であると結論され、その起源と分子レベルの特徴と機能は極めて興味深い。本研究課題では *P. starrii* のメス、オスおよび両性型の全ゲノムデータを構築する。これらの比較ゲノム解析から、3種の性表現をもつ種 *P. starrii* のメス型 SDR とオス型 SDR のゲノムレベルの詳細が明らかになり、両性型株がオス株と同じ SDR を持つという交配結果に基づく仮説 (Takahashi et al. 2021, Evolution) の検証となる。更に、メス (交配型プラス) 特異的配偶子接着遺伝子 *FUS1* (Ferris et al. 1996, Mol. Biol. Cell; Hamaji et al. 2018, Comms. Biol.) を調査することで、雌雄性をもつ生物のホモタリック種への転換進化における自己配偶子接合能の獲得の分子遺伝学的基盤に迫る。

(2) Starr (1971) の報告した *Volvox africanus* の3タイプのホモタリック株は死滅していたが、最近応募者らはタイ国から *Volvox africanus* の琵琶湖とは異なるホモタリックのタイプの新規培養株を確立することに成功した (Nozaki et al. 2022, Bot. Res. 63: 1)。本タイ国産株も同様の全ゲノム解析を実施し、ヘテロタリックからホモタリック転換時の性染色体・SDR の“共通の進化”を明らかにする。

(3) 「ボルボックス節」は比較的長い間ホモタリックの生活環が存続している。この中のボルボックス節の末端にはホモタリック種からヘテロタリック種への進化の初期段階と考えられるボルボックス節の *Volvox rousselletii* と近縁種のホモタリック *V. ferrisii* が位置するので、両種の解析から実施する。

4. 研究成果

(1) 緑藻 *Pleodorina starrii* のメス、オス、バイセクシュアルの3種類の性別の全ゲノム解読を実施し、本種のもつ3種類の性別の性決定領域 (SDR) の遺伝子組成と配列の詳細が明らかになった。すなわちオスとバイセクシュアルは同じ「オス SDR」を持ち、メスはオス SDR と異なる「メス SDR」がゲノム中で明らかになった。また、オス SDR 中でオス配偶子形成遺伝子 *MID/OTOKOGI* が3個のパラログとなっていた。一方、ヘテロタリック種のメス SDR に通常存在するメス配偶子接着遺伝子 *FUSI* が SDR には存在しておらず、それぞれの性別の常染色体領域に存在していた。従って、3種類の性別が祖先種の性染色体を構成する性決定領域 (SDR) の遺伝子等の大規模な進化の結果誕生したことが明らかになった。無脊椎動物やパパイヤ科の植物においてはメス、オス、バイセクシュアルの3種類の性別が共存するトリオシー種が知られており、トリオシー種は雌雄異体種 (異株種) と雌雄同体種 (同株種) の転換進化の中間的段階の不安定なものと考えられることもあった。しかし本研究によって、プレオドリナ・スターリーの3種類の性別は性決定領域の遺伝子の大规模なゲノムレベルの再編成の結果で誕生したことが明らかになり、トリオシー種の頑強性がゲノムデータから初めて支持された。従って本研究成果は、メス、オス、バイセクシュアルという3種類の性別が共存しながら自然界で安定的に生存し続ける生物種の存在を示唆した (Takahashi et al. 2023, Commun. Biol.)。

(2) タイ王国との国際共同研究により、タイ国産株のホモタリック種 *Volvox africanus* の全ゲノム解析を実施した。即ち、次世代シーケンサーを用いた全ゲノム解読と比較解析を実施し、タイ近縁のヘテロタリック種 *Volvox reticuliferus* の性染色体上のメスとオスで配列の異なる SDR は約 100 万塩基対と非常に大きく、オスの SDR には “*OTOKOGI*” 等のオス特異的遺伝子が3個、メスの SDR にはメス特異的遺伝子が3個位置していることが明らかになっていた (Yamamoto et al. 2021, PNAS)。今回のタイ国産株のホモタリック種 *V. africanus* でも、オスの SDR に類似した約 100 万塩基対の性決定類似領域 (SDLR) が1個保持されており、系統解析から雌雄異株種のオスの SDR に由来することが明らかになった。一方、メスの SDR に由来すると考えられるゲノム配列や *FUSI* 等メスの特性に重要な遺伝子は欠損していた。

琵琶湖産株のホモタリック種 *V. africanus* を用いたこれまでの研究から、雌雄が遺伝的に異なるヘテロタリック種からバイセクシュアル種への進化は、メスの性染色体の SDR 全体と “*OTOKOGI*” 等のオス特異的遺伝子が必要と考えられていた (Yamamoto et al. 2021)。しかし、タイ国産株のホモタリック種 *V. africanus* のゲノム配列からは、メスの SDR に相当する部分が全て欠落している一方で、オスの SDR に相当する領域がほとんどそのまま残存していた。このことは、メス特異的遺伝子をもつメスの SDR がなくてもオスの SDR があれば両性型の有性生殖、すなわち、メスとオスの配偶子の形成と受精が可能であるということを示唆した (Yamamoto et al. 2023, iScience)。

(3) ボルボックス節9種 (2種がヘテロタリックで7種がホモタリック) の分岐年代の推定を実施した結果、ヘテロタリック種の *V. rousselletii* と近縁なホモタリック種 *V. ferrisii* は約 500 万年前に分岐したと推定された (Yamagishi et al. 2024, Phycol. Res.)。別系統のヘテロタリック種 *V. reticuliferus* とホモタリック種 *V. africanus* の分岐が約 1000 万年前であり (Yamamoto et al. 2021, PNAS), 今回のデータセットでも同様に解析されたため、*V. rousselletii* の祖先同体種から異体種への進化はより最近であると推定された。また、ボルボックス節9種の全てから *MID/OTOKOGI* 配列を決定し、推定したアミノ酸配列比較を比較した。その結果、ヘテロタリック種2種のオス株特異的なアミノ酸置換はないことが分かった。また、*MID/OTOKOGI* ホモログの同義置換率・非同義置換率をホモタリック種とヘテロタリック種オス株で比較した結果、顕著な機能的制約の差異は見られなかった。従って、ボルボックス節ではホモタリック種でもヘテロタリック種でも同様のオス配偶子形成に関連した機能を持つことが推測された (Yamagishi et al. 2024, Phycol. Res.)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 16件）

1. 著者名 Yamamoto Kayoko, Matsuzaki Ryo, Mahakham Wuttipong, Heman Wirawan, Sekimoto Hiroyuki, Kawachi Masanobu, Minakuchi Yohei, Toyoda Atsushi, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 26
2. 論文標題 Expanded male sex-determining region conserved during the evolution of homothallism in the green alga <i>Volvox</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 iScience	6. 最初と最後の頁 106893 ~ 106893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isci.2023.106893	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 Yamagishi Shion, Yamamoto Kayoko, Takahashi Kohei, Kawai Toyooka Hiroko, Suzuki Shigekatsu, Matsuzaki Ryo, Yamaguchi Haruyo, Kawachi Masanobu, Higashiyama Tetsuya, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 72
2. 論文標題 Evolutionary analysis of <i>MID</i> homologs during the transition from homothallic species to heterothallic species in <i>Volvox</i> sect. <i>Volvox</i> (Chlorophyceae)	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Phycological Research	6. 最初と最後の頁 46 ~ 55
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/pre.12538	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 Takusagawa Mari, Misumi Osami, Nozaki Hisayoshi, Kato Shoichi, Maruyama Shinichiro, Tsujimoto-inui Yayoi, Yagisawa Fumi, Ohnuma Mio, Kuroiwa Haruko, Kuroiwa Tsuneyoshi, Matsunaga Sachihoro	4. 巻 98
2. 論文標題 Complete mitochondrial and chloroplast DNA sequences of the freshwater green microalga <i>Medakamo hakoo</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Genes & Genetic Systems	6. 最初と最後の頁 353 ~ 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1266/ggs.23-00275	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 Takahashi Kohei, Suzuki Shigekatsu, Kawai-Toyooka Hiroko, Yamamoto Kayoko, Hamaji Takashi, Otsuki Ryo, Yamaguchi Haruyo, Kawachi Masanobu, Higashiyama Tetsuya, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 6
2. 論文標題 Reorganization of the ancestral sex-determining regions during the evolution of trioecy in <i>Pleodorina starrii</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 590 ~ 590
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-023-04949-1	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 -

1. 著者名 Kato S, Misumi O, Maruyama S, Nozaki H, Tsujimoto-Inui Y, Takusagawa M, Suzuki S, Kuwata K, Noda S, Ito N, Okabe Y, Sakamoto T, Yagisawa F, Matsunaga T M, Matsubayashi Y, Yamaguchi H, Kawachi M, Kuroiwa H, Kuroiwa T, Matsunaga S	4. 巻 6
2. 論文標題 Genomic analysis of an ultrasmall freshwater green alga, Medakamo hakoo	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 89-89
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-022-04367-9	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 Nozaki Hisayoshi, Mori Fumi, Tanaka Yoko, Matsuzaki Ryo, Yamashita Shota, Yamaguchi Haruyo, Kawachi Masanobu	4. 巻 23
2. 論文標題 Cryopreservation of two species of the multicellular volvocine green algal genus <i>Astrephomene</i>	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 BMC Microbiology	6. 最初と最後の頁 16-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12866-023-02767-3	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 Takahashi Kohei, Kawai Toyooka Hiroko, Ootsuki Ryo, Hamaji Takashi, Tsuchikane Yuki, Sekimoto Hiroyuki, Higashiyama Tetsuya, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 75
2. 論文標題 Three sex phenotypes in a haploid algal species give insights into the evolutionary transition to a self compatible mating system*	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Evolution	6. 最初と最後の頁 2984 ~ 2993
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/evo.14306	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 Nozaki Hisayoshi, Mahakham Wuttipong, Heman Wirawan, Matsuzaki Ryo, Kawachi Masanobu	4. 巻 63
2. 論文標題 Morphology, mating system and taxonomy of <i>Volvox africanus</i> (Volvocaceae, Chlorophyceae) from Thailand	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Botanical Studies	6. 最初と最後の頁 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40529-022-00332-1	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 Matsuzaki Ryo, Suzuki Shigekatsu, Yamaguchi Haruyo, Kawachi Masanobu, Kanesaki Yu, Yoshikawa Hirofumi, Mori Toshiyuki, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 21
2. 論文標題 The Rubisco small subunits in the green algal genus <i>Chloromonas</i> provide insights into evolutionary loss of the eukaryotic carbon-concentrating organelle, the pyrenoid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMC Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12862-020-01733-1	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 -

1. 著者名 Matsuzaki Ryo, Takashima Yusuke, Suzuki Iwane, Kawachi Masanobu, Nozaki Hisayoshi, Nohara Seiichi, Degawa Yousuke	4. 巻 36
2. 論文標題 The Enigmatic Snow Microorganism, <i>Chionaster nivalis</i> , Is Closely Related to <i>Bartheletia paradoxa</i> (Agaricomycotina, Basidiomycota)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microbes and Environments	6. 最初と最後の頁 ME21011
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1264/jsme2.ME21011	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 Yamashita Shota, Yamamoto Kayoko, Matsuzaki Ryo, Suzuki Shigekatsu, Yamaguchi Haruyo, Hirooka Shunsuke, Minakuchi Yohei, Miyagishima Shin-ya, Kawachi Masanobu, Toyoda Atsushi, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Genome sequencing of the multicellular alga <i>Astrephomene</i> provides insights into convergent evolution of germ-soma differentiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 22231
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-01521-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 Tanno Asuka, Tokutsu Ryutaro, Arakaki Yoko, Ueki Noriko, Minagawa Jun, Yoshimura Kenjiro, Hisabori Toru, Nozaki Hisayoshi, Wakabayashi Ken-ichi	4. 巻 16
2. 論文標題 The four-celled Volvocales green alga <i>Tetrabaena socialis</i> exhibits weak photobehavior and high-photoprotection ability	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0259138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0259138	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 野崎久義	4. 巻 70
2. 論文標題 湖沼調査から新たなるブレイクスルーを目指して	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 藻類 Jpn. J. Phycol.	6. 最初と最後の頁 1-12
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nozaki Hisayoshi, Mahakham Wuttipong, Heman Wirawan, Matsuzaki Ryo, Kawachi Masanobu	4. 巻 15
2. 論文標題 A new preferentially outcrossing monoicous species of Volvox sect. Volvox (Chlorophyta) from Thailand	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0235622
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0235622	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 Matsuzaki Ryo, Suzuki Shigekatsu, Yamaguchi Haruyo, Kawachi Masanobu, Kanesaki Yu, Yoshikawa Hirofumi, Mori Toshiyuki, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 21
2. 論文標題 The Rubisco small subunits in the green algal genus Chloromonas provide insights into evolutionary loss of the eukaryotic carbon-concentrating organelle, the pyrenoid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 BMC Ecology and Evolution	6. 最初と最後の頁 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12862-020-01733-1	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 -

1. 著者名 Yamamoto Kayoko, Hamaji Takashi, Kawai-Toyooka Hiroko, Matsuzaki Ryo, Takahashi Fumio, Nishimura Yoshiki, Kawachi Masanobu, Noguchi Hideki, Minakuchi Yohei, Umen James G., Toyoda Atsushi, Nozaki Hisayoshi	4. 巻 118
2. 論文標題 Three genomes in the algal genus Volvox reveal the fate of a haploid sex-determining region after a transition to homothallism	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the National Academy of Sciences	6. 最初と最後の頁 e2100712118
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1073/pnas.2100712118	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 Nozaki Hisayoshi、Mori Fumi、Tanaka Yoko、Matsuzaki Ryo、Yamaguchi Haruyo、Kawachi Masanobu	4. 巻 22
2. 論文標題 Cryopreservation of vegetative cells and zygotes of the multicellular volvocine green alga <i>Gonium pectorale</i>	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 BMC Microbiology	6. 最初と最後の頁 103-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s12866-022-02519-9	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 -

[学会発表] 計17件(うち招待講演 3件/うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Hisayoshi Nozaki
2. 発表標題 Freshwater Algae Bless Us with Exciting Insights into Biology
3. 学会等名 The 9th Asian Pacific Phycological Forum (APPF2024) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 森史, 田中陽子, 松崎令, 野崎久義, 山口晴代, 河地正伸
2. 発表標題 多細胞性ボルボックス系列全属の凍結保存条件の確立
3. 学会等名 日本微生物資源学会第29回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 高橋昂平, 鈴木重勝, 豊岡博子, 山本荷葉子, 浜地貴志, 大槻涼, 山口晴代, 河地正伸, 東山哲也, 野崎久義
2. 発表標題 緑藻 <i>Pleodorina starrii</i> における3性共存進化に伴うゲノム中性決定領域の再編成
3. 学会等名 日本植物学会第87回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 氷雪性オクロモナス (黄金色藻綱) の推定未記載種
2. 発表標題 松崎令, 野崎久義, 河地正伸
3. 学会等名 日本植物学会第87回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野崎久義, 森史, 田中陽子, 松崎令, 山口晴代, 河地正伸
2. 発表標題 緑藻ボルボックスの凍結保存株の確立
3. 学会等名 日本植物学会第87回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 野崎久義, 松崎令, 霜鳥孝一, 山口晴代, 植木紀子, 河地正伸
2. 発表標題 細胞質連絡の太いVolvox節2種～琵琶湖よりボルボックス愛をこめて～
3. 学会等名 日本藻類学会第48回大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 野崎久義・松崎令・河地正伸
2. 発表標題 4タイプの性表現型をもつ "ボルボックス・アフリカヌス" の幻の培養株を求め
3. 学会等名 日本微生物資源学会第27回大会、オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野崎久義
2. 発表標題 湖沼調査から新たなるブレイクスルーを目指して
3. 学会等名 茨城大学理学部理工学研究科セミナー、オンライン（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高野智之・野崎久義・坂山英俊
2. 発表標題 アオミドロ類（接合藻類ストレプト植物門）の接合形態比較及び分子系統解析
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会、オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山下翔大・山本荷葉子・松崎令・鈴木重勝・山口晴代・廣岡俊亮・水口洋平・宮城島進也・河地正伸・豊田敦・野崎久義
2. 発表標題 アストレフォメネの新規ゲノム解読とボルボックス系列緑藻における非生殖細胞分化の平行進化の解析
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会、オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野崎久義・森史・松崎令・山口晴代・河地正伸
2. 発表標題 群体性ボルボックス目（緑藻類）の恒久的保存を目指して
3. 学会等名 日本植物学会第85回大会、オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takahashi, K., Kawai-Toyooka, H., Ootsuki, R., Hamaji, T., Tsuchikane, Y., Sekimoto, H., Higashiyama, T. & Nozaki1, H.
2. 発表標題 Three sex phenotypes in a haploid algal species give insights into the evolutionary transition to a self-compatible mating system
3. 学会等名 75th Annual Meeting of the Phycological Society of America, Online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nozaki H., Wuttipong, M., Heman, W., Matsuzaki, R. & Kawachi, M.
2. 発表標題 Re-discovery of the third mating system of “Volvox africanus” from cultures originating from the hometown of dinosaurs in Thailand
3. 学会等名 75th Annual Meeting of the Phycological Society of America, Online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋昂平・豊岡博子・大槻涼・浜地貴志・東山哲也・野崎久義
2. 発表標題 3つの性表現型を持つ緑藻ボルボックス系列 <i>Pleodorina starrii</i> の性決定機構の解析
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会、オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野崎久義・Mahakham Wuttipong・Wirawan Heman・松崎令・河地正伸
2. 発表標題 タイ国産ボルボックス節の他殖性を示す雌雄同体1新種
3. 学会等名 日本植物学会第84回大会、オンライン
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 野崎久義・Mahakham Wuttipong・Wirawan Heman・松崎令・河地正伸
2. 発表標題 恐竜の故郷から第3番目の性表現のボルボックス発見
3. 学会等名 日本植物分類学会第20回大会、オンライン
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 野崎久義
2. 発表標題 湖沼調査から新たなるブレイクスルーを目指して
3. 学会等名 日本藻類学会第45回大会、オンライン東京・2021（招待講演）
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>3タイプの性別を藻類・菌類の同一種内で初めて発見 https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2021/7451/ Species of algae with three sexes https://www.u-tokyo.ac.jp/focus/en/press/z0508_00186.html 雌雄同体の新種誕生におけるメスとオスの性染色体の運命 https://www.s.u-tokyo.ac.jp/ja/press/2021/7373/ オスの性染色体だけでバイセクシュアル種へ進化する：緑藻ボルボックスの非モデル種の全ゲノム解析で解明 https://www.nies.go.jp/whatsnew/2023/20230622/20230622-2.html</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	山口 晴代 (Yamaguchi Haruyo) (20722672)	国立研究開発法人国立環境研究所・生物多様性領域・主任研究員 (82101)	

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	河地 正伸 (Kawachi Masanobu) (50260469)	国立研究開発法人国立環境研究所・生物多様性領域・室長 (82101)	
研究分担者	高橋 文雄 (Takahashi Fumio) (60332318)	東邦大学・薬学部・博士研究員 (32661)	

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			
タイ	Khon Kaen Universit	Kalasin University		
米国	Donald Danforth Plant Science Center			