

令和 4 年 6 月 29 日現在

機関番号： 12501
研究種目： 奨励研究
研究期間： 2020～2020
課題番号： 20H00999
研究課題名 緑藻で発見した接合子の発生切り替えに着目した世代交代の種内多型の探索

研究代表者

堀之内 祐介 (Horinouchi, Yusuke)

千葉大学・博士研究員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000円

研究成果の概要：形質の種内多型は、種間の多様性を生む基盤であり、環境の変動への適応でもある。真核生物は多様な生活環の様式を示す。例えば動物と違い、海藻を含む植物は1倍体（配偶体）と2倍体（孢子体）世代をもつ。本研究では、培養実験や蛍光in situハイブリダイゼーション法などを用いて、緑色海藻の一種で受精した接合子の発生運命を切り替えることで、世代交代の種内多型を持つことを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

中間的な形質としての側面を持つ種内多型は、実証研究・理論研究の両面から形質進化の理解を促進してきた。しかし、生活環多様化の解明に有用と期待されるにもかかわらず、世代交代の種内多型はこれまでに報告されていない。また、接合子の発生運命は従来、不変だと考えられてきた。本研究の成果は、接合子の発生切り替えによる世代交代の種内多型を示し、世代交代の進化解明に新しい切り口を提供できる。

研究分野： 進化生物学・発生生物学・生態学

キーワード： アオサ藻綱 緑色海藻 種内多型 発生多型 世代交代

1. 研究の目的

形質の種内多型は、種間の多様性を生む基盤であり、環境の変動への適応でもある (Wennersten & Forsman 2012 Biol Rev)。真核生物は多様な世代交代の様式を示す (Bowman et al. 2016 Annu Rev Genet)。例えば動物と違い、海藻を含む植物は1倍体 (配偶体) と2倍体 (孢子体) 世代をもつ。世代交代の様式の違いは発生の仕方や繁殖戦略の進化に影響するが、その多様化の理由は分かっていない。

申請者は緑色海藻エゾヒトエグサで、通常、単細胞の孢子体に発生する接合子が、配偶体に似た多細胞体に発生することを発見し、この緑藻が多様化の解明に有用と期待される世代交代の種内多型 (Valero et al. 1992 Trends Ecol Evol) を持つのではと着想した。

中間的な形質としての側面を持つ種内多型は、形質進化の理解を実証・理論の両面から促進してきた (Einum & Fleming 2000 Nature)。しかし、世代交代の種内多型はこれまでに報告されていない (Valero et al. 1992 Trends Ecol Evol)。また、接合子の発生運命は従来、不変だと考えられてきた。本研究は、接合子の発生切り替えによる世代交代の種内多型が存在することを示し、世代交代の進化解明に新しい切り口を提供することを目的とした。

2. 研究成果

a. 多細胞体を經由した世代交代

これまでに確立した培養条件を基準として (Horinouchi et al. 2019 J. Phycol., Horinouchi & Togashi 2019 Bot. Stud.)、日照時間や温度など環境条件を変えた培養実験で多細胞体の生殖経路を調べた。多細胞体は単細胞の孢子体に発生する遊泳細胞を生産すること、その孢子体は減数分裂により配偶体に発生する遊走子を生産することを明らかにした。これはこの多細胞体を經由し世代交代する経路がエゾヒトエグサの生活環に組み込まれていることを示唆する。

b. 多細胞体は2つ目の孢子体か

発見した多細胞体を、体細胞核の核蛍光量に基づく核相解析、これまでに開発した性別 PCR マーカー、蛍光 *in situ* ハイブリダイゼーション (FISH) 法 (Horinouchi & Togashi 2021 J. Phycol.) により解析した。その結果、多細胞体は2倍体で雌雄両方の性特異的 DNA を持つ、孢子体世代に相当することが示唆された。

c. 発生切り替えの適応的意義

エゾヒトエグサで得られる遺伝的に同一な接合子 (Horinouchi & Togashi 2018 Plant Reprod.) を、栄養塩濃度や温度など環境条件を変えて単離培養し、それらの要因の影響がなくても多細胞体への発生切り替えが生じることを明らかにした。多細胞体の変動する海岸環境への適応形質である可能性を示唆する。

d. 繊毛虫による海藻孢子の捕食の発見

また、上記の実験のために採集した野外のエゾヒトエグサを顕微鏡観察すると、藻体から放出された孢子が、藻体に付着した微視的な原生生物である繊毛虫類に付着していることを発見した (Horinouchi & Togashi 2022 Ecology)。この繊毛虫による捕食は海藻の生活史や個体群動態に影響し、海洋食物網と生態系のなかで潜在的に大きな役割を持つ可能性がある。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 堀之内祐介、富樫辰也	4. 巻 67
2. 論文標題 世代交代する生活環の進化機構とその検証における海産緑藻類の有用性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 オペレーションズ・リサーチ	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） なし	査読の有無 無
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 Lehtonen Jussi, Horinouchi Yusuke, Togashi Tatsuya, Parker Geoff A.	4. 巻 198
2. 論文標題 Evolution of Anisogamy in Organisms with Parthenogenetic Gametes	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The American Naturalist	6. 最初と最後の頁 360 ~ 378
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1086/715185	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 Horinouchi Yusuke, Togashi Tatsuya	4. 巻 57
2. 論文標題 Identification of genomic differences between the sexes and sex specific molecular markers in <i>Monostroma angicava</i> (Ulvophyceae)	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Phycology	6. 最初と最後の頁 447 ~ 453
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/jpy.13128	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 Horinouchi Yusuke, Togashi Tatsuya	4. 巻 Published online
2. 論文標題 Invisible grazers of seaweed propagules	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Ecology	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/ecy.3732	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 堀之内祐介	4. 巻 69
2. 論文標題 コディオルム体（複相世代）の核の挙動からみたヒビミドロ目緑藻の生活環	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 藻類	6. 最初と最後の頁 155-159
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 堀之内祐介, 柴戸颯, 藤懸和樹, 野村和盈, 富樫辰也	4. 巻 34
2. 論文標題 千葉県銚子と小湊における海産緑藻フロラの違いと変遷	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 海洋バイオシステム研究	6. 最初と最後の頁 2-9
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 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件／うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Horinouchi Y, Ohtsuki H & Togashi T.
2. 発表標題 ygote developmental variation provides insights into life cycle evolution in green algae
3. 学会等名 The 9th EAFES International Congress (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Horinouchi Y, Ohtsuki H & Togashi T.
2. 発表標題 Does developmental switching of zygotes play roles in the evolution of the alternation of generations?
3. 学会等名 Ecological Society of Australia (ESA) Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 堀之内祐介
2. 発表標題 種内多型からみる海産緑藻の多様な生活環の進化
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野村和盈、榎岡紗葵乃、堀之内祐介、富樫辰也
2. 発表標題 海産緑藻エゾヒトエグサの環境の違いによる配偶子放出の同調性と配偶子サイズの違い
3. 学会等名 第69回日本生態学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 堀之内祐介、大槻久、富樫辰也
2. 発表標題 緑藻で発見した接合子の発生切り替えが生活環の進化に果たす役割
3. 学会等名 第68回日本生態学会大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名