

産んで増えて死んで減って・・・結局どちらが多いのか？
大型藻類個体群における配偶体/孢子体の存在比についての公式を発見

別所和博¹

¹ 埼玉医科大学 医学研究センター

【研究概要】

子を産むことで数が増え、死ぬことで数が減る、という特徴は、生物が示す最も基本的な性質といえます。ある時点での個体数とそこで生じる出生・死亡のイベントを数式で記述すれば将来的な個体数変化を予測できるのではないかと、という発想は個体群生態学における基本的な考え方になっています。

本研究は、海藻などとして知られる大型藻類を対象として行われました。大型藻類ではしばしば、同一種からなる集団（個体群）が、「配偶体」と呼ばれるタイプの個体と「孢子体」と呼ばれるタイプの個体から構成されています。集団に2タイプの個体が入り混じっている、という性質のため、大型藻類の個体群について、その存続性や規模などがどのように決まるのか、という問題は一筋縄で扱うことができません。私はこの問題に対して数理モデルを解析する、という手法で取り組みました。

その結果、集団において配偶体（あるいは孢子体）が占める比率を決定する公式を導くことに成功しました。この公式によると、集団における比率は、対象種が示す有性生殖と無性生殖の能力に関連する三要素のバランスで決まります。さらに、対象種の個体群が長期間に渡り存続できるのか？存続できる場合にその規模はどの程度になるのか？という問いにも答えることができました。興味深いことに、疫学などで頻用される基本再生産数（ R_0 ）という指標が、大型藻類の個体群動態を理解するにあたり有用であることもわかりました。

【ポイント】

- 海藻などの大型藻類では、しばしば配偶体と孢子体という二種類のタイプの個体が現れます
- 配偶体/孢子体の出現パターンを予測する公式を数理モデルから導出しました
- 本研究は植物や藻類等における生態・進化を考える場合の基本的知見になると期待されます

【研究の内容】

私たちが、普段、生物の繁殖を考える時、産まれた子は成長して親と同じ姿になることを想像します。ですが、それはしばしば成り立ちません。海藻などとして知られている大型藻類の仲間の多くは「配偶体」と呼ばれる姿と「孢子体」と呼ばれる姿の二種類の姿をもっています。一般

的には、配偶体の子が孢子体で、孢子体の子が配偶体であることが多いため、配偶体と孢子体は交互に現れる傾向があり、これを「世代交代」と呼びます。この特徴から、大型藻類の個体群は配偶体・孢子体という二種類の個体から構成されることが多く、集団における配偶体と孢子体の比率が研究者たちにより古くから調べられてきました。それらの研究結果をまとめると、集団における配偶体と孢子体の個体数バランスは、時と場合により様々であり、配偶体ばかりであるケースも、孢子体ばかりであるケースも、両方とも報告されています。

生物の個体数は「新しく産まれること（出生）による増加」と「死ぬこと（死亡）による減少」のバランスで決まっているはずです。だとすると、配偶体と孢子体のもっている生態学的な特徴は、集団における配偶体と孢子体の比率をどのように決めているのでしょうか？実は、Thornber と Gaines が 2004 年に行った研究で、有性生殖しかない大型藻類について、仮に配偶体と孢子体の生態学的特徴が完全に同じだとすれば、配偶体と孢子体の比率が $\sqrt{2}:1$ になる、ということまで明らかになっていました。ですが、実際は配偶体と孢子体には様々な違いがあるため、その違いのもとで、どのような比率が実現されるのか？といった問題についての理解はまだ不十分でした。

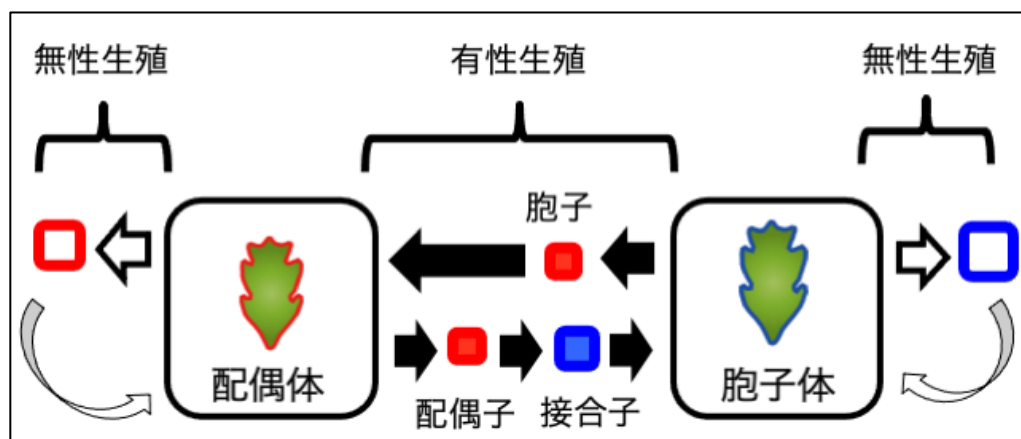


図 1 本研究で想定した大型藻類の生活環。 配偶体が配偶子接合を通して孢子体を再生産する繁殖と、孢子体が減数分裂を通して配偶体を再生産する繁殖を有性生殖、配偶体が配偶体自身を再生産したり、孢子体が孢子体自身を再生産したりする繁殖を無性生殖としている。

そこで、私はこの問題に対して配偶体と孢子体についての個体群動態を記述する数理モデルを解析することで取り組みました。このモデルは、配偶体が孢子体を産み、孢子体が配偶体を産む、という有性生殖のプロセス以外に、配偶体が配偶体自身を産み、孢子体が孢子体自身を産む、という無性生殖のプロセスも考慮しています（図 1）。結果、配偶体と孢子体の間で競争能力に違いがない、という仮定のもとで、集団における配偶体（あるいは孢子体）の比率を決定するシンプルな公式を導くことに成功しました。この公式において、配偶体が集団に占める比率は 3 種類の変数で決まっています（図 2）。本来、配偶体と孢子体はそれぞれ、様々な生態学的特徴の違いを持ちうるため、比率は多数の変数（例えば、出生率や死亡率、無性生殖率など）に依

存しているはずですが、しかし、公式が三つの変数のみで書けることは、少なくとも集団における配偶体と孢子体の存在比というデモグラフィックな情報を説明する範囲においては、三種類の生態学的情報を知るだけでことが足りるということを示唆しています。

得られた公式（ ρ_h は集団に占める配偶体頻度を表す）

$$\rho_h = \frac{\frac{w_H^A - w_D^A}{2} - w_D^S + \sqrt{w_H^S w_D^S + \left(\frac{w_H^A - w_D^A}{2}\right)^2}}{w_H^A + w_H^S - w_D^A - w_D^S}$$

図 2 得られた公式。個体群における配偶体頻度（ ρ_h ）が、配偶体が配偶体をつくる（ w_H^A ）、配偶体が孢子体をつくる（ w_H^S ）、孢子体が配偶体をつくる（ w_D^S ）、孢子体が孢子体をつくる（ w_D^A ）、という四種類の繁殖プロセスに対応する変数で決まっている。さらに公式は w_H^S と w_D^S と $w_H^A - w_D^A$ の三変数のみに依存している。

さらに、本研究では集団における配偶体と孢子体の比率だけでなく、個体群そのものが長期的に存続し、存続する場合はどの程度の規模まで拡大するのか、ということも調べています。興味深いことに、この問題を調べるにあたって、疫学などで良く利用される基本再生産数（ R_0 ）と呼ばれる指標が重要な役割を果たしました。もし、基本再生産数が1よりも大きい場合、大型藻類の個体群は安定に存続し、さらに個体群が最終的に到達する規模は基本再生産数を使って表現できます。この基本再生産数は、配偶体が配偶体を作る経路、配偶体が孢子体を作る経路、孢子体が配偶体を作る経路、孢子体が孢子体を作る経路、という四種類の繁殖プロセスに対応する変数で決まります。本研究は、大型藻類の生態学的な取り扱いを考える際の基本モデルになるだけでなく、そこで観察される多様な繁殖システムの進化を調べるための重要な基礎知見になると期待されます。

【本研究について】

本研究は JSPS 科研費（19K16225, 22K06407）の助成を受けて行われました。

【著者情報】

別所和博（埼玉医科大学・医学研究センター 助教）

【論文情報】

論文タイトル：Stable demographic ratios of haploid gametophyte to diploid sporophyte abundance in macroalgal populations

掲載誌：PLoS ONE

DOI：10.1371/journal.pone.0295409

※お願い

オルトメトリクス指標の向上のため、ウェブや SNS に記事を掲載して下さる時には必ず以下のデジタル識別子 URL をリンクしていただくようお願い申し上げます。

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295409>

参考： [生物科学学会連合から報道機関関係者の方々へのお願い](https://seikaren.org/wp/wp-content/uploads/2023/02/to-media.pdf)

(<https://seikaren.org/wp/wp-content/uploads/2023/02/to-media.pdf>)

【問い合わせ先】

研究内容に関すること _____

別所和博（埼玉医科大学・医学研究センター 助教）

電子メール：besshokazuhiro.research@gmail.com

取材、報道に関すること _____

学校法人 埼玉医科大学

広報室

電子メール：koho@saitama-med.ac.jp

※本リリース内容は、3月25日（月）10時、以下のウェブサイトに掲載いたします。

埼玉医科大学 <https://www.saitama-med.ac.jp/>