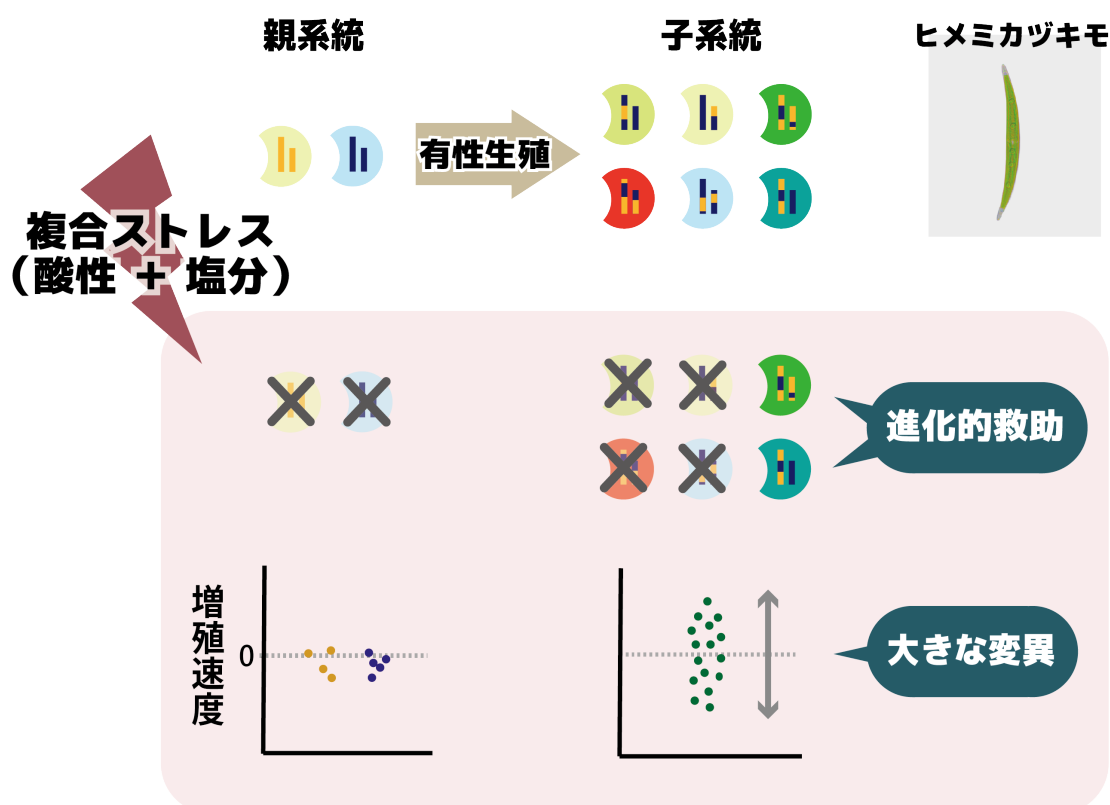


本件の情報公開は、既に解禁されています

たった一度の有性生殖が絶滅を防ぐ： 緑藻の遺伝子コピー数のばらつきが生み出す多様性

■ 概要

有性生殖には高いコストが伴うにもかかわらず、なぜ多くの生物で進化し、維持されているのでしょうか。有性生殖のメリットを調べるために、国立遺伝学研究所の川口也和子特任研究員と山道真人准教授は、塩分と酸性という2種類のストレスを加えた培養環境で、淡水性単細胞緑藻ヒメミカヅキモ (*Closterium peracerosum-strigosum-littorale* complex) の増殖率を測定しました。その結果、たった一度の有性生殖が集団の増殖率に大きな変異をもたらすことを発見しました。特にpHが低い酸性条件では、親世代と比べて子世代 (F_1 世代^(注1)) の増殖率のばらつきが大きくなり(超越分離^(注2))、一部の F_1 集団は、親が増殖できないような厳しい環境条件でも増殖できることがわかりました。ヒメミカヅキモでは、系統間の遺伝子のコピー数変異が多いことが先行研究で明らかになっています。そのため、有性生殖によって遺伝子の組み合わせとコピー数が変化し、多様性が高まることで絶滅が防がれた可能性が示唆されました。本研究は、性の進化と、迅速な進化が集団の絶滅を防ぐ進化的救助^(注3)をより深く理解するための重要な一歩となることが期待されます。



■ 成果掲載誌

本研究成果は、国際科学雑誌「Journal of Evolutionary Biology」に2025年4月17日に掲載されました。

論文タイトル：

A single episode of sexual reproduction can produce large variation in population growth rates under dual stressors

著者：

Yawako W. Kawaguchi (川口 也和子), Masato Yamamichi (山道 真人)

DOI: 10.1093/jeb/voaf041

<https://doi.org/10.1093/jeb/voaf041>

■ 研究の詳細

● 研究の背景

有性生殖の進化は、生物学における大きな謎の一つです。無性生殖で際限なく増殖できる生物がいる一方で、なぜ多くの生物は有性生殖を行うのでしょうか。有性生殖で増える生物は、無性生殖の生物に比べて増殖する速さが遅くなるうえに、多くのコストを負うことになります。そのため進化生物学では、なぜ有性生殖が進化し維持されているのかについて、長年にわたって議論されてきました。これまでの研究ではしばしば、単一の環境ストレスに対する適応進化のプロセスについて、有性生殖を行う系統と無性生殖系統を比べる実験が行われてきました。しかし、実際の生態系では、複数のストレス要因が同時に作用することが多いと考えられます。複数のストレス要因が存在すると、適応に関与する遺伝子の数が増加し、有性生殖による組換えが適応に重要な役割を果たす可能性が高まるため、複数のストレスをかけた環境における有性生殖の役割の検証が必要とされていました。

● 本研究の成果

国立遺伝学研究所の川口也和子特任研究員と山道真人准教授は、ヒメミカヅキモの親集団と、それらを一度だけ有性生殖させて得た F_1 集団を、塩分と酸性(低 pH)というストレスをかけた環境で培養し、増殖率を測定しました。すると、特に低 pH 条件で、親と比べて増殖率が大きくばらつく F_1 集団がみられました(超越分離: 図)。結果として、低 pH と高塩分濃度という、親系統が増殖できないような厳しい環境条件でも、一部の F_1 集団の増殖が観察されました。先行研究により、親系統のペアは、コピー数が異なる遺伝子を数多く持っていることがわかっています(Kawaguchi et al. 2023^(注4))。ストレス関連の遺伝子に着目してコピー数を調べると、塩分ストレス関連遺伝子と異なり、多くの pH ストレス関連遺伝子は親系統間でコピー数に相違があることがわかりました。このことは、たった一度の有性生殖の中で生じた組換えとコピー数の変化が、増殖率のばらつきをもたらし、進化的救助を起こす可能性を示唆しています。

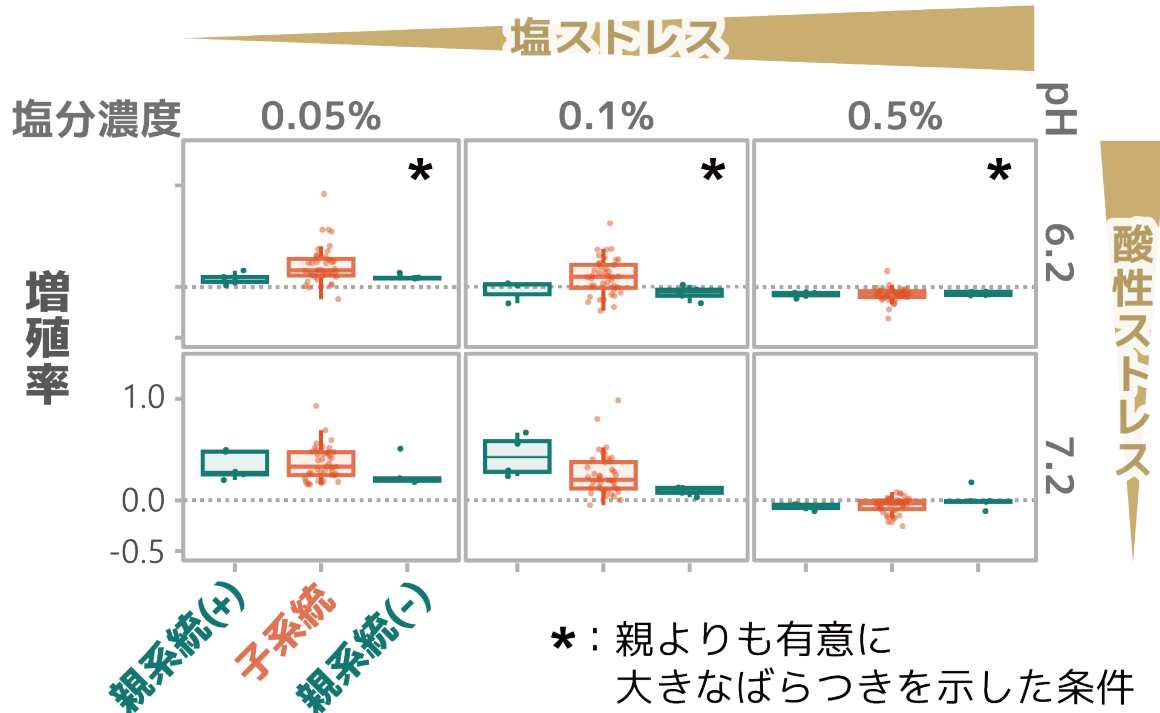


図1 各培地条件におけるヒメミカヅキモの親2系統（緑）と子系統（橙）の増殖率。右上に行くほど、塩分濃度が高く、pH が低い酸性の培養条件であるため、増殖率が低くなる。pH が低い条件では、*で示したように、子の増殖率が親よりも有意に大きなばらつきを示した。+と-は親の性別を示す。

● 今後の期待

本研究は、複数の環境ストレスのもとで有性生殖が遺伝的多様性を生み出し、進化的救助を促す可能性があることを示しました。これは、希少種の保全や野生生物の管理、抗生物質や殺虫剤耐性の進化などにおいて、生物が急激な環境変化に適応し、絶滅を回避する仕組みを理解する上で重要な知見です。今後、異なるストレス条件や異種間交配における遺伝的変異の影響を調べることで、進化の柔軟性と適応のメカニズムがより明らかになると期待されます。

■ 用語解説

(注1) F_1 世代:

有性生殖後に生じた子世代。ヒメミカヅキモの場合、一倍体の親系統が有性生殖により二倍体の接合子を作り、組換えを伴う減数分裂を経て、一倍体の F_1 世代が作られる。

(注2) 超越分離:

交配によって親とかけ離れた極端な形質を持つ個体が生まれる現象を指す。

(注3) 進化的救助:

集団が厳しい環境変化に直面した際に、遺伝的変異によって適応進化し、絶滅を回避する現象を指す。

(注4):

Kawaguchi YW, Tsuchikane Y, Tanaka K, Taji T, Suzuki Y, Toyoda A, Ito M, Watano Y, Nishiyama T, Sekimoto H, Tsuchimatsu T (2023) Extensive copy number variation explains genome size variation in the unicellular Zygnematophyceean alga, *Closterium peracerosum-strigosum-littorale* complex. *Genome Biology and Evolution* 15(8): evad115. <https://doi.org/10.1093/gbe/evad115>

■ 研究体制と支援

本研究は、日本学術振興会科学研究費補助金（課題番号：JP20J20877, JP19K16223, JP20KK0169, JP21H02560, JP22H02688, JP22H04983）、国立遺伝学研究所博士研究員制度、科学技術振興機構 CREST（課題番号：JPMJCR23N5）、オーストラリア研究評議会 Discovery Project（課題番号：DP220102040）の研究助成を受けて実施されました。

■ 問い合わせ先

<研究に関すること>

● 情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 新分野創造センター 理論生態進化研究室

准教授 山道 真人（やまみち まさと）

メール: myamamichi@nig.ac.jp

<報道担当>

● 情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所 広報室

メール: prkoho@nig.ac.jp

配付先：

文部科学記者会、科学記者会、三島記者クラブ