

令和2年9月30日

報道機関 各位

東北大学大学院生命科学研究科

雑種由来の系統が爆発的な種多様化を繰り返す仕組みを 理論的に解明

【発表のポイント】

- 別種の生物どうしが交配する「雑種形成」は別種由来の遺伝子を組み合わせることで進化を加速させ、種の爆発的な多様化を促進しうる。
- コンピューターを用いた進化シミュレーションにより、地形や環境の条件によって雑種形成による進化の促進効果が短期間しか持続しない場合と長期間持続して広地域へと伝播する場合があることを発見した。
- 進化の促進効果が持続する条件が揃っている場合、一つの雑種由来系統が種の爆発的な多様化を離れた地域で何度も繰り返しうることを予測された。

【概要】

雑種形成は遺伝的多様性を増加させ、爆発的な種の多様化(適応放散)を促進しうると言われていますが、この効果が発揮されるのは雑種形成が起きた地点に限られ、その効力は短期間しか持続しないことが予想されます。ところが予想に反して、実際の生物では雑種由来の系統が離れた場所・異なる年代に何度も適応放散した実例が見出されています。東北大学大学院生命科学研究科の香川幸太郎博士(日本学術振興会特別研究員)とスイス水圏科学技術研究所の Ole Seehausen 教授は、この食い違いを理論的に解決しました。彼らの進化シミュレーションは、特定の地理的・環境的条件が揃えば雑種形成による適応放散の促進効果が長期間持続して広範囲へ伝播しうることを示し、そのメカニズムを解明しました(図1)。この結果は雑種形成という稀な現象が長期間・広範囲にまたがる大進化パターンに影響しうることを示唆します。

本研究結果は 2020 年 9 月 9 日に Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 誌にオンライン掲載されました。

【詳細な説明】

生物多様性はしばしば爆発的に進化します。特に、単一の祖先種から多様な種が急速に進化する現象は「適応放散」と呼ばれ、その仕組みは盛んに研究されてきました。面白いことに、いちど適応放散した系統が離れた地域や異なる年代に再び適応放散した事例が多く見つかっています。そのような極端に高い進化可能性を示す系統はいかにして生じたのでしょうか？

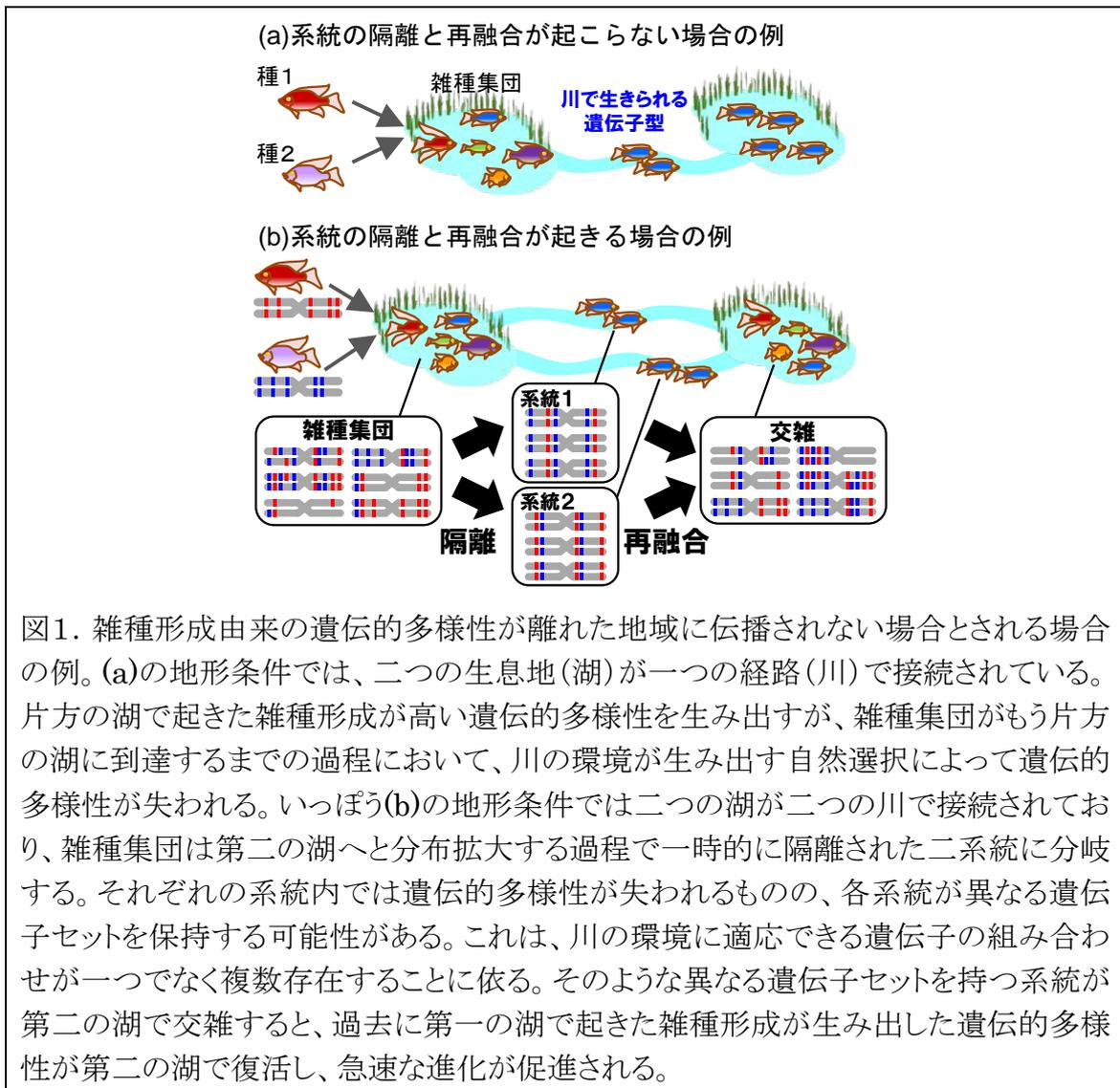
近年、遺伝的に離れた種間の雑種形成が適応放散を促進するという学説が注目を集めています。この説によれば、雑種集団では別種由来の遺伝子が混ざり合うことで遺伝的多様性が増大し、進化可能性が高まるために適応放散が促進されます。この説を支持する有力な証拠が東アフリカのヴィクトリア湖周辺地域で多様化したシクリッド科魚類で見出されています。この地域ではシクリッド科に属する単一の系統がヴィクトリア湖、エドワード湖、アルバート湖、キヨガ湖、キヴ湖などの各地で適応放散して湖ごとに固有の種群を形成しています。ゲノムデータによる証拠から、この地域で繰り返し起きた適応放散は、祖先系統が約13万年前に経験したナイル川とコンゴ川に由来する種間の雑種形成が生み出した遺伝的多様性によって促進されたことが示唆されました。

しかし、このシナリオには理論的に説明のつかない二つの疑問点が残っていました。第一に、雑種形成が生み出した遺伝的多様性が互いに離れた複数の湖へと伝播した仕組みが不明でした。いずれかの湖で生じた雑種集団が他の湖へと入植するためには、湖をつなぐ川の中で最低でも何世代かは生き延びる必要があります。そのため、新たな湖に到達するまでの過程で川の環境に不適合な遺伝子が除去され、遺伝的多様性が激減してしまうことが予想され、実証データとは食い違っています。第二に、遺伝的多様性が長期間存続した仕組みが不明でした。大規模な適応放散が起きたヴィクトリア湖は水深が浅く、最終氷期の気候変動によって何度か完全に干上がったと考えられています。ヴィクトリア湖の適応放散が開始した時期は湖に水が再形成された約1万5千年前以降であり、雑種形成が起きた約13万年前からは10年以上の隔たりがあります。したがって雑種由来の遺伝的多様性が長期間維持されたことになりませんが、集団遺伝学の理論からは雑種形成に由来する高い遺伝的多様性は遺伝的浮動や自然選択の作用で時間とともに減衰することが予想されます。

これらの疑問を解決するため、スイス水圏科学技術研究所と東北大学大学院生命科学科の研究チームは、コンピューターの中に仮想生物の生態系を構築してその進化をシミュレーションする「個体ベース・モデル」という手法を用いて、雑種形成が適応放散の繰り返しを導く仕組みと条件を調べました。様々な異なる地形・歴史・環境条件を想定した合計約15000回の進化シミュレーションの結果、特定の条件が揃えば雑種形成が適応放散の繰り返しを促進しうることがわかりました。そのカギとなる条件は、地形・環境条件が雑種集団を一時的に隔離された系統へと分岐させ、後にそれらの系統の再融合が起きることでした(図1)。雑種集団が隔離された系統に分岐すると、集団内の遺伝的多様性が系統間の遺伝的分化の形に変換されて永続的に

維持されます。後にそれらの系統同士が別の地域で交雑すると、遠い過去に離れた場所で起きた雑種形成に由来する遺伝的多様性がその地域で復活します。これによって、雑種形成に由来する高い進化可能性の長期的維持と長距離伝播が可能となり、適応放散の繰り返しが促進されることが理論的に示されました。この結果はシクリッドの進化を説明しうるだけでなく、雑種形成というレアイベントがひとたび起きるとその影響が長期間・広範囲にまたがる大進化パターンにまで波及しうることを示唆します。

本研究は日本学術振興会海外特別制度及び日本学術振興会特別研究員制度による支援を受けて行われました。



【論文題目】

題目 The propagation of admixture-derived adaptive radiation potential.:

著者: Kotaro Kagawa, Ole Seehausen

筆頭著者情報: 香川 幸太郎 東北大学大学院生命科学研究科

雑誌: *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* / 電子版 発行:
2020年9月

DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.0941>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科

担当 香川 幸太郎 (かがわ こうたろう)

電話番号: 022-795-6689

Eメール: kotaro.kagawa.e3@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院生命科学研究科広報室

担当 高橋 さやか (たかはし さやか)

電話番号: 022-217-6193

Eメール: lifsci-pr@grp.tohoku.ac.jp