

遺伝情報が同じアリでも個性が大きく違うことを解明

～生物の適応機構のさらなる解明に期待～

ポイント

- ・同じゲノム配列を持つクローン働きアリの個体間に、環境への適応に重要な個性があることを解明。
- ・原因としてゲノム配列への化学的な修飾による表現型の変化(エピジェネティクス)が示唆された。
- ・生物の適応機構のさらなる解明に期待。

概要

北海道大学大学院農学研究院の長谷川英祐准教授らの研究グループは、無性生殖で増殖し、コロニー内の全てのアリが全く同じ遺伝子配列を持つクローンであるトカラウロコアリで、シヨ糖水溶液を飲み始める濃度(反応閾値)に大きな個体差があることを発見しました。

実験で用いたアリを遺伝マーカーでチェックしたところ、働きアリたちは互いに遺伝的クローンであることが確認されました。このことから、働きアリたちは確かに遺伝的クローンであるにもかかわらず、個体間に大きな個性の違いがあることが明らかになりました。

シヨ糖溶液に対する反応閾値の働きアリ間変異には、コロニーが必ず濃度の高い砂糖水を選べるメリットがあるなど、適応^{*1}的な意義があることが明らかになっており、遺伝的クローンであるトカラウロコアリでも、働きアリ間に適応的な個性が存在することが明らかになりました。

また、1ヶ月後の再測定で閾値が変化した個体が43.8%おり、その中には閾値が上がったアリも下がったアリもいました。この変化が加齢などに伴うものであれば、上がるか下がるかどちらかになるはずなので、成虫になった後の経験に基づく何らかの機構による変化だと考えられました。その最も有力な仮説は、エピジェネティクスと呼ばれる、同一のDNA配列から化学的な修飾により異なる表現型^{*2}が生み出される現象だと考えられました。

エピジェネティクスの機構は有性生殖生物でも共通なので、この仮説が正しいとすれば、今までDNAの配列(=遺伝子)上の塩基置換によってのみ生じると考えられていた生物の適応現象の進化の説明理論を、根本的に見直さなければならなくなる可能性があります。個体間変異が生じる機構のさらなる解明が待たれます。

なお、本研究成果は、英国時間2018年2月14日(水)公開のRoyal Society Open Science誌に掲載されました。

【背景】

生物が自らを環境に順応させていく適応現象は、DNA の塩基配列上に起きた塩基置換により表現型が変化し、それが有利だった場合には集団中に広まって、その遺伝子が固定されるものと考えられてきました（自然選択説）。また、アリ・ハチなどの社会性昆虫では、個体がある刺激に反応し始める値（反応閾値）に個体間変異があることが、作業の量に応じた労働配分や最適な集団的意思決定に重要であることが示されており、このような“個性”は、閾値を司る遺伝子の変異により生じると考えられてきました。

最近の研究で、トカラウロコアリの女王はオスの存在なしに自分と同じゲノム配列を持つクローンである働きアリを産み、コロニーが大きくなると、やはりクローンの新しい女王アリを作ることが行動学的な観察から確認されていました。遺伝的に全く同じゲノム配列を持つはずのこの働きアリの間に、有性生殖種に見られるような反応閾値の変異が見られるか、検証しました。

【研究手法】

2011 年と 2016 年に香川県と高知県で採集した 2 コロニーを用いて、個体をマーキングして識別可能にした後、1 個体ずつ、シヨ糖溶液をどの濃度から飲み始めるかを調べました。また、1 コロニーについては 1 ヶ月後に生存していた個体について再測定を行い、閾値が変化するか調べました。

【研究成果】

両コロニーともシヨ糖溶液濃度に対する閾値に大きな個体間変異が見られ、その分布は、そのような変異が偶然により生じるときに予想される正規分布から統計的に外れていました（図 1）。従って、この閾値変異は、発生過程の偶然の揺らぎなどでは説明できず、大きな個体間変異を生み出す何らかの機構の存在が示唆されました。高分解能の遺伝マーカーによるチェックでは、コロニーのメンバーは確かに相互に同じゲノム配列を持つことが支持されました。

1 ヶ月後の再測定では、生存した 16 個体のうちの 7 個体（43.8%）の個体の閾値が上がるか下がるかしており、閾値が時間とともに変化するが示されました（図 2）。変化の方向が一定ではないため、加齢などによる一方向的な変化では説明できません。従って、成虫化後の経験により閾値が変化すると考えられました。

変化の原因についてはいくつかの仮説が考えられますが、エピジェネティクスと呼ばれる、同じ DNA 配列が異なる化学的修飾を受けることで異なる表現型を生み出す現象も、その有力な候補です。今後、閾値に影響を与える遺伝子領域を特定し、その部分の塩基の修飾パターンと閾値の関係を比較することで、同じゲノム配列を持つクローン間の表現型の違いを何がもたらすのか、明らかにすることが必要です。

【今後への期待】

今までの生物の適応現象の説明は、遺伝子の DNA 配列に起きた塩基置換などの配列変化によりタンパク質のアミノ酸配列が変化し、それが有利なら、集団中に広まり適応が進化する、というダーウインの「自然選択説」をベースにした総合説によって説明されていました。しかし、遺伝的に全く同一であるはずのクローン個体が、適応的な表現型の大きな個体間変異を示すことが明らかになった本研究で、遺伝子型の同一性にかかわらず、異なる表現型を生み出すメカニズムが存在し、無性生殖のクローン生物がその変異により適応的に振る舞えることが明らかになりました。表現型の変異を生み出す機構が特定されれば、既存の適応進化の理論を根本から覆す新たな説明原理につながる可能性があり、今後のさらなる解明が期待されます。

論文情報

論文名 Adaptive phenotypic variation among clonal ant workers. (遺伝的クローンである働きアリ間の適応的な表現型の変異)
著者名 長谷川英祐 (北海道大学大学院農学研究院動物生態学研究室), 渡邊紗織 (北海道大学大学院農学院), 村上優花 (北海道大学大学院医学院), 伊藤文紀 (香川大学農学部)
雑誌名 Royal Society Open Science (生物学一般のオープンオンライン誌)
DOI 10.1098/rsos.170816
公表日 英国時間 2018年2月14日(水) (オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学大学院農学研究院 准教授 長谷川英祐 (はせがわえいすけ)
TEL 011-706-3690 FAX 011-706-2495
メール ehase@res.agr.hokudai.ac.jp
URL <http://lab.agr.hokudai.ac.jp/ecosys/ecolgy/aml.htm>

配信元

北海道大学総務企画部広報課 (〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)
TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール kouhou@jimu.hokudai.ac.jp

【参考図】

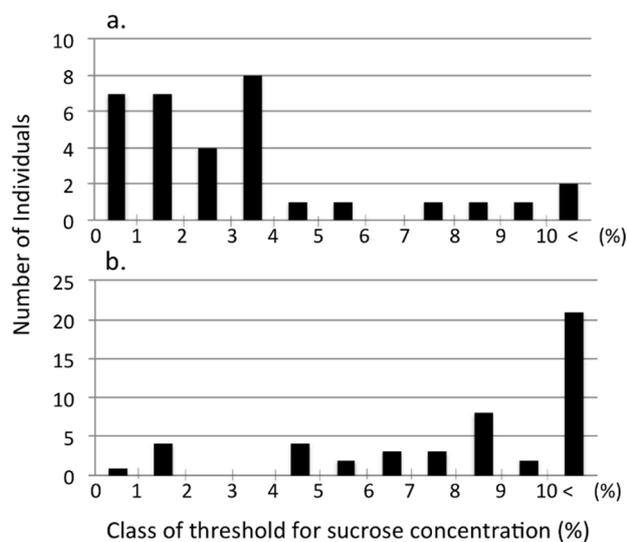


図1：遺伝的クローンである働きアリ（トカラウロコアリ）間で、香川県丸亀市のコロニー(a)と高知県足摺岬のコロニー(b)に見られた、シヨ糖液濃度に対する反応閾値の個体間変異。横軸は反応閾値、縦軸は個体数を表す。正規分布に見られる山型のグラフではないことが読み取れる。

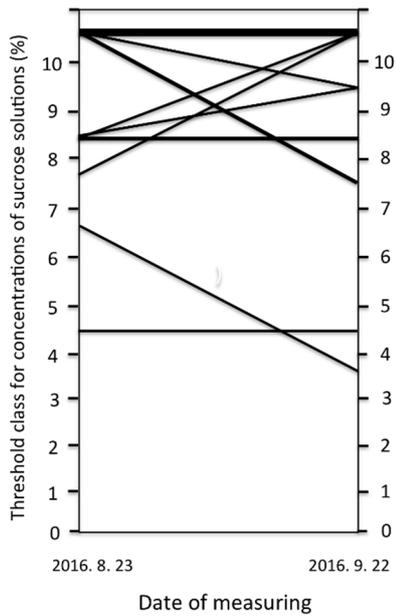


図 2：足摺岬のコロニーの働きアリの反応閾値の 1 ヶ月間隔での再測定の結果。16 個体のうち、反応閾値が上がったものは 3 個体、下がったものは 4 個体、変化しなかったものは 9 個体であった。横軸は時間変化、縦軸は反応閾値を表す。

【用語解説】

- * 1 適応 … ある生物のもつ形態・生態・行動などの性質が、その生物を取り囲む環境での生活に都合よくできていること。また、生物が環境に順応していくこと。
- * 2 表現型 … 遺伝子が発現した結果できる生物の形質のこと。