博士（地球環境科学）　上　野　秀　樹

学位論文題名

Selection and Genetic Basis of Life History Characters in a Ladybird Beetle, *Harmonia axyridis*

（ナミテントウの生活史形質にかかる選択と遺伝基盤）

学位論文内容の要旨

アブラムシ食のテントウムシ、ナミテントウを材料として、特に体サイズ形質にかかる選択とその遺伝的な背景について研究を行った。

（1）交尾成功について自然個体群で調査を行った。本種は一遺伝子座の対立遺伝子によって支配される色彩多型を持つ。体サイズにかかる選択に色彩多型がどのような影響を与えるかについて注目した。黒色型については雄の体サイズと交尾の成功に関係は示されなかったが、非黒色型の雄個体については体サイズに正の方向選択が作用していることが示された。このように本種では色彩多型によって、選択の作用の様式に差異があることが示唆された。この結果は二年の調査年に共通して得られた。

（2）また、色彩に関してランダムな交尾頻度が観察された。越冬後第一世代と第二世代の間に有意な色彩の構成比の変化が検出されたが、調査年によって変化の方向は一定ではなかった。このことから過去に言われているような特定の色彩に対する雌の選好性が世代間の色彩遺伝子の構成に与える影響は存在しても大きくないと推測された。

（3）受精成功と雄体サイズの関係について実験室内で調査を行った。本種では精子自身による貯蔵されていた他個体の精子の流し出しが行われていることが示唆された。

（4）また、二回目に交尾した雄の精子の移送量が多いほどその雄が高い受精成功を収めることが示された。雄の体サイズそのものは精子の置換能力と関係しなかったが、多くの精子を射精することによって間接的に高い受精成功を得ている事が示唆された。最後に交尾した雄の受精成功の割合はおよそ、55％と推定された。

（5）家族内の色彩遺伝子のばらつきと家族間のばらつきを比較することで自然個体群での交尾頻度を推定したところ、平均3.8回という推定値を得た。この推定値は自然個体群で交尾成功や受精成功に関して繰り返して選択が体サイズに作用していることを示すものと考えることができる。

（6）凍結乾燥させたミツバチの幼虫を餌として用い、体サイズ形質について遺伝率を測定したところ全ての形質に有意な遺伝分散が検出された。成虫の体サイズに強い影響を与える幼虫期間についても有意な遺伝的背景が存在することが示された。遺伝率は全体的に30から40％程度であった。

（7）また、体サイズ形質と幼虫期間の間には負の遺伝相関が検出された。この結果からは個体群内の遺伝分散がすぐに枯渇することが予想され、有意な遺伝分散が検出されたという結果と合致しない。この結果は選択が作用している形質群の遺伝分散が拮抗的な遺伝共分散を通じて維持されているとする仮説に反する。

（8）そこで、三種類の餌（エンドウヒゲナガアブラムシ、マメアブラムシ、凍結乾燥させたミツバチの幼虫）で栄養条件に勾配をつけ、変動する環境下での遺伝的性質について研究を行った。各遺伝子型の反応規範は良い栄養条件では短い幼虫期間で大きな体サイズ、劣悪な条件では長い幼虫期間で小さな体サイズという傾向を示した。

（9）しかし、遺伝子型と栄養条件の間には有意な相互作用が検出され、遺伝子型毎に栄養環境に対する反応の仕方が異なることが示された。この相互作用によって、各環境での相対的な順位の逆転が見られた。適応度に強く関係する形質には方向選択が作用していると考えられるため、本研究の結果は異なった環境では異なった遺伝子型が選択されることを示唆しており、このことが個体群内の遺伝的分散を維持する要因の一つとなっているものと考えられた。

（10）実際に各環境について遺伝分散を計算したところ幼虫期間については全ての環境条件で有意な遺伝分散が検出された。体サイズ形質については凍結乾燥させたミツバチの幼虫を与えたときにのみ有意な遺伝分散が得られた。この結果は劣悪な環境条件下での遺伝分散が維持されやすいことを示す一方、アブラムシを餌として育てたときの体サイズの遺伝分散が個体群内で少なくなっていることを示唆している。

（11）また、体サイズ形質と幼虫期間の間の遺伝共分散は良い栄養条件では零に近く、劣悪な栄養条件では強く負であった。これらの環境による遺伝共分散の変化は幾つかの体サイズ形質で統計的に有意であった。このことは形質間の遺伝共分散も環境の影響を受けていることが示している。この結果は遺伝分散共分散構造が過去に仮定されてきたように一定不変ではない事を表わしている。

以上の様に、自然個体群で体サイズに方向的な選択が作用していること、選択には色彩多型が強い影響を与えていること、また適応度成分に関係した形質にも遺伝分散が維持されており、その特性を理解するためには環境条件の変化を考慮する必要があることが示された。これらの結果から、本種の生活史形質の進化について考察した。

学位論文審査の要旨

主　査　教　授　東　　正　剛
副　査　教　授　木　村　正　人
副　査　教　授　甲　山　隆　司
副　査　助教授　大　串　隆　之

学　位　論　文　題　名

Selection and Genetic Basis of Life History Characters in a Ladybird Beetle, *Harmonia axyridis*

（ナミテントウの生活史形質にかかる選択と遺伝基盤）

一般に、生物の形質は「選択」と「遺伝」とによって進化するが、生態学では自然選択や性選択のメカニズムの解明や考察が重視され、選択の対象となる形質の遺伝性に関する解析は軽視される傾向が強かった。しかし、近年、集団遺伝学や量的遺伝学の手法がさかんに導入され、選択形質の遺伝率等に関する研究も行われるようになってきた。ナミテントウはこれまでも多くの遺伝学者によって研究され、斑紋多型などの遺伝解析が最も進んでいる昆虫の一つであるが、申請者は生態学の立場からこの昆虫を取り上げ、特に体サイズ形質にかかる選択の強さや方向を詳しく測定するとともに、選択を考えるうえで問題となる「遺伝分散の維持機構」という現代生態学の中心課題の一つとも取り組んでおり、研究の先進性と独創性を高く評価できる。

本論文は四章からなり、まず第一章では野外繁殖個体群における交尾成功度を取り上げ、劣性である非黒色型の雄でのみ体サイズに正の方向選択が作用していること、また、色彩に関して性選択などは認められず、多型雌雄間でほぼランダムに交尾が生じていることを明らかにした。特に、あとの結果は過去に別の研究者によって別の個体群で得られた結果と異なっており、選択の様相が個体群によって異なる可能性のあることを示した点で注目に値する。

第二章では、このテントウムシの斑紋多型が単一遺伝子座上の遺伝子群によって支配され、よって劣性である非黒色型雌の斑紋は父親のそれを反映することを巧みに利用し、雄間の精子競争の様相を明らかにするとともに、55%というP2値を得ている。また、色彩遺伝子の家族間分散と家族内分散を比較することにより、自然個体群における雌の交尾回数を3.8回と推定している。ここでは、得られた結果のみならず、実験系を巧みに組み立てる力量も高く評価できる。

第三章では各種体サイズ形質の遺伝率と遺伝相関を求め、体サイズと幼虫期の長さの間に有意な負の相関関係があることを見い出した。これは直観的予想に反する興味深い知見

であり、評価できる。また、幼虫期の長さと幼虫の死亡率との間に高い正の相関関係があることが予想されることから、今回の結果は体サイズ形質に強い方向選択が作用していることを意味しており、この方向選択は急速に遺伝分散を減少させることが予想されるが、実際には、全ての体サイズ形質に有意な遺伝分散が検出された。

第四章では申請者は、"reaction norm"という考え方を導入し、ある餌条件下では有利である遺伝子型も他の餌条件下では不利になりうることを示した。これにより、環境の変動や不均一性が遺伝分散の維持に深く関わっていることを明らかにしたのである。また、いくつかの体サイズ形質と幼虫期間との遺伝共分散は良好な餌条件下と劣悪な餌条件下で有意に異なった。この結果は、「ランダム交配個体群では、遺伝分散共分散構造は一定不変」という従来の仮定に反するものであり、重要な知見である。

このように、本研究は、同一種であっても、個体群によって選択の様相が異なる可能性の高いこと、また、同一個体群であっても環境によってその遺伝構造はかなり変化しうることなどを実証的に示した。従来の生態的研究の多くが、同一種であれば選択圧や遺伝構造がほぼ一定であることを仮定して行われてきたことを考えると、今回得られた結果はきわめて示唆に富んでいる。

審査員一同は、これらの結果を高く評価し、また大学院課程における研鑽や取得単位なども併せ、申請者が研究者として誠実かつ熱心であり、博士（地球環境科学）の学位を受けるのに充分な資格を有するものと判定した。