

論文審査の結果の要旨

氏名 城川祐香

同じ遺伝子型の個体が、環境条件によって表現型を変化させることを表現型可塑性といい、その適応意義の解明は進化生態学の中心課題の一つである。同じ環境変動パターンに対してでも、個体間での応答（反応基準）は異なることがある。本研究は、単細胞生物の中心珪藻 *Cyclotella meneghiniana* の海水濃度変化への応答について、最近発展したマイクロファブリケーションを利用した1細胞培養計測系などを用いて、1細胞レベルでの応答を解析したものである。

本論文は7章からなる。第1章は序論であり、個体が示す応答への影響要因のうち、適応の観点で重要なものを(i) 遺伝的な違い、(ii) 発生ステージの違い、(iii) 社会的相互作用、(iv) 個体レベルの確率性 の4つに分類して研究する方針が述べられている。珪藻は一般に、数年間の無性的分裂を繰り返して、細胞サイズが閾値まで縮小した個体（性成熟に相当）のみが、有性生殖の環境合図への感受性を持ち、卵もしくは精子に性分化することが説明されている。

第2章では、淡水池や汽水河川などで採集した細胞から確立したクローン株を用いて、海水濃度変化への殻形質の応答を比較した。淡水培地でクローン増殖期の個体に培地の海水濃度を上昇させたところ、中心有基突起数は全ての株で増加し、直径や条線などは株によって応答が異なった。ここから、細胞の応答をクローン内変異とクローン間変異に分け、全ての殻形質で統計的に有意な遺伝×環境交互作用、すなわち反応基準を検出した。反応基準には遺伝的変異があり、淡水から汽水域まで生息する *Cyclotella* 属での種間の多様性の進化の原動力となっていることが示唆された。

第3章は、殻形態の世代間移行様式を分析している。殻形態の中心有基突起と条線について、1つの細胞を単独培養し、クローン内での細胞レベルでの殻形質値のばらつきと世代間での形質の移行様式、発生過程の安定性を調べた。その結果、条線は世代間で変化しないが、中心有基突起数は海水濃度を変えた次世代から数を増やす表現型可塑性を示した。この両形質の違いは、発生過程の安定性の違いによると示唆され、1細胞レベルでの変化を把握できたのは成果である。

第4章は、クローン細胞集団内での表現型可塑性による性比調節を解析している。性比調節は最も成功した進化ゲーム理論の適用例であるが、単細胞生物の性比調節戦略を理解するためには、1細胞レベルでの計測が不可欠である。本研究では、微細加工技術によりカバースライド上に約100 μm 四方のマイクロ流路を作成し、各チャンバーごとに細胞を閉

じ込めて、ステージを自動的に周回移動させることで、顕微鏡下での挙動を自動撮影できる系を構築した。その結果、卵と精子の性分化には、細胞サイズと細胞密度による細胞レベルでの性比調節が発見された。さらに細胞系譜による姉妹細胞の卵・精子の性分化類似性がみられ、多細胞生物で報告されてきた split sex ratio (卵を多く産する親と精子を多く産する親に分かれる) に相当する現象が単細胞生物でもみられることが発見できたのは、この分野で世界初の成果である。

第5章では、細胞の個体間相互作用による性分化の誘導を調べている。海水下で細胞サイズが十分に縮小した性成熟個体と大きな未熟な栄養細胞を混合したところ、大きな未熟個体が卵に分化する現象が発見できた。種の有性生殖誘発には、既知の物理化学的な環境合図に加えて、細胞間相互作用の重要性が示唆された。成熟個体集団は雄偏りであることが知られているが、未熟な栄養細胞が周囲に存在するという空間構造により、卵への誘導を介して雄偏りが緩和される可能性と考えられる。この現象は従来には報告されていなかったことであり、1細胞培養計測系を用いたことによる世界初の成果である。また、第6章では性分化タイミングと集団内での同調を解析し、クローン細胞集団内で3つの要因(性、細胞分裂時間、細胞密度)により、性分化タイミングが影響されることが明らかになった。

第7章は総合考察で、海水濃度変化という環境変動に対して、珪藻 *C. meneghiniana* はそれぞれの状況に応じて異なる応答をとっており、表現型可塑性は適応度を高めるうえで重要な戦略であることが考察されている。

なお、第2章は狩野賢司・真山茂樹、第4章は嶋田正和と、また第3章、第5章、第6章は嶋田正和・若本祐一との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士(理学)の学位を授与できると認める。