

2021年度 若手・女性研究者奨励金 レポート

研究課題	微生物の形態形成をモデルとした表現型可塑性の分子基盤の解明
キーワード	①表現型可塑性、②形態形成、③土壌微生物

研究者の所属・氏名等

フリガナ 氏名	ナリタ タカアキ 成田 隆明
配付時の所属先・職位等 (令和3年4月1日現在)	千葉工業大学 先進工学部生命科学科 助教
現在の所属先・職位等 (令和4年7月1日現在)	千葉工業大学 先進工学部生命科学科 助教
プロフィール	2010年上智大学理工学部化学科 卒業。2014年上智大学理工学研究科 博士後期課程修了(早期修了)。在学期間中は、細胞性粘菌が産生する二次代謝産物の機能解析を行った。学位取得後、日本学術振興会特別研究員として英国ダンディー大学に約1年間海外渡航して研究を行なった後、2016年から1年半、同大学博士研究員として、進化生物学の観点から細胞性粘菌二次代謝に関する研究を行った。2019年より、千葉工業大学先進工学部生命科学科で研究室を主宰し、細胞性粘菌を実験モデルとして、さまざまな生命現象の仕組みを解明するために研究を進めている。

1. 研究の概要

表現型可塑性とは、生物個体が環境条件に応じてその表現型を変化させる能力であり、一つの遺伝子型で異なる表現型を示すことができる。表現型可塑性の分子基盤を解明しようと、さまざまな生物種を用いて研究が進められているが、いまだにその詳細は分かっていない。

そこで本研究では、細胞性粘菌をモデル生物とすることで表現型可塑性の分子基盤を解明するべく、細胞性粘菌が表現型可塑性を示す環境条件の探索を行った。その結果、細胞性粘菌において「表現型可塑性」という現象はこれまで確認されていなかったが、*P. violaceum*という粘菌種は、「周囲に存在するバクテリアの量や種類の違い」という環境条件に応じて、表現型可塑性を示すことを明らかにした。今後は、*P. violaceum*が表現型可塑性を全く示さない環境条件を探索・決定したのち、表現型可塑性の分子基盤解明に向け、分子レベルでの解析を進めてゆく予定である。

2. 研究の動機、目的

表現型可塑性は、成長段階の環境要因によってからだが大きく成長したり、一部の器官が発達したり、体色が変化したりなど、おそらくは多くの人々が認知している生命現象である。表現型可塑性の分子基盤の解明に向け、主に植物や昆虫といった生物種を対象にして研究が進められているが、これらの生物種は成体となるまでに時間を要するため、表現型可塑性を現象として実際に確認するまでには相当な時間を要してしまう。この「表現型可塑性を現象として実際に観察・確認するまでに要する時間」をさらに短縮できれば、表現型可塑性研究は飛躍的に進展し、周辺環境が(ヒトを含めた)生物の成長に与える影響を理解することに大きく貢献できる。

そこで本研究では、細胞性粘菌という土壌微生物に着目した。細胞性粘菌は、通常は細菌を捕食しながら単細胞アメーバとして生息している真核微生物である。しかし周辺に餌がなくなり飢餓状態に陥ると、単細胞アメーバが集合して多細胞体を形成し、最終的に子実体を形成する。細胞性粘菌はヒトと同じ真核生物である点、形態形成が約 24 時間で完了するという点から、細胞性粘菌は表現型可塑性研究の理想的なモデル生物となりうると考えた。以上の動機により、細胞性粘菌を用いた研究分野に「表現型可塑性」という概念を世界で初めて取り入れることで、表現型可塑性の分子基盤を解明することを目指した。

3. 研究の結果

本研究では、枝分かれ構造をもつ子実体を形成することで知られる *Polysphondylium violaceum* という粘菌種を実験材料とした。そして、*P. violaceum* が「枝分かれ構造をもたない子実体を形成すること」を表現型可塑性と定義し、*P. violaceum* が表現型可塑性を示す環境条件の探索を行った (図 1)。

まず、単細胞期に捕食する餌 (細菌) 量の違いに焦点を当てた。その結果、餌となる *Klebsiella aerogenes* にとって貧栄養の培地 (1LP 培地) で二員培養した *P. violaceum* 単細胞アメーバは、*K. aerogenes* にとって比較的富栄養の培地 (5LP 培地) の場合と比べて、枝分かれ構造形成率が大きく低下することを明らかにした。一方、5LP 培地よりもさらに富栄養の培地 (10LP 培地) で *K. aerogenes* と二員培養した *P. violaceum* 単細胞アメーバは、ほとんど表現型可塑性を示さないことが示唆された。このことから、周囲に存在する餌の量の違いが、*P. violaceum* の表現型可塑性を誘導する環境要因の一つであると結論づけた。

次に、餌となる細菌の種類の違いに焦点を当て、グラム陰性菌 *K. aerogenes* あるいはグラム陽性菌 *Bacillus subtilis* を餌として二員培養した *P. violaceum* 単細胞アメーバの枝分かれ構造形成率の比較を行った。その結果、*K. aerogenes* を餌とした場合に比べて、*B. subtilis* を餌とした *P. violaceum* 単細胞アメーバは、枝分かれ構造形成率が上昇した。すなわち、*P. violaceum* 単細胞アメーバの周囲に存在する餌 (細菌) の種類が異なれば、*P. violaceum* の枝分かれ構造形成率が変化することが示された。

以上の結果から、*P. violaceum* は「単細胞期に周囲に存在する細菌の量や種類の違い」という環境条件に応じて、子実体の形態を変化させることが明らかとなった。特に、細菌にとって貧栄養である 1LP 培地を用いて、*K. aerogenes* と二員培養するという条件において、*P. violaceum* は表現型可塑性を強く示すことが分かった。本研究結果は、日本農芸化学会 2022 年度大会で発表を行った。

4. 研究者としてのこれからの展望

私は、学生時代から現在まで一貫して、細胞性粘菌を実験材料として研究を行っている。細胞性粘菌は、あまり広くは認知されていない微生物である。しかし、実は私たちの身近に存在しており、非常に不思議な生活環をもつ微生物である。私は、国内では数少ない「細胞性粘菌研究分野の若手研究者」として、今後も細胞性粘菌という不思議な微生物にこだわり、さまざまな生命現象の仕組みを解明してゆきたい。実際、本研究により、「表現型可塑性」という概念が存在しなかった細胞性粘菌において、*P. violaceum* という粘菌種は周囲の環境条件に応じて形態を変化させる (=表現型可塑性を示す) ことを世界で初めて示すことができた。これから長く続く研究者人生において、実験材料としての細胞性粘菌がもつ可能性をこれからも追求し続け、独創的な研究を展開してゆくことで、国内における基礎研究分野の発展に貢献してゆきたいと考えている。

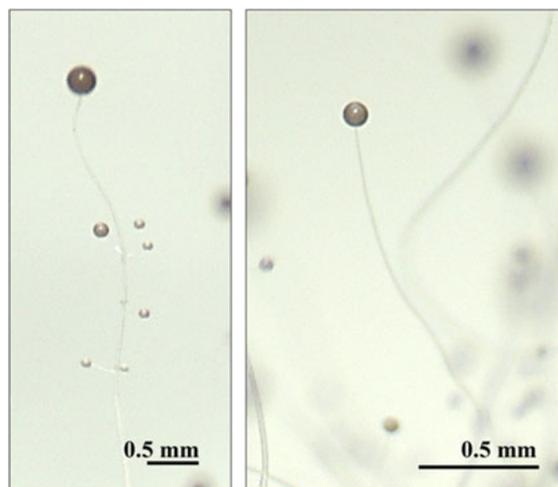


図 1. *Polysphondylium violaceum* の子実体

5. 支援者（寄付企業等や社会一般）等へのメッセージ

表現型可塑性という生命現象は、環境条件に応じて表現型を変化させる能力で、ヒトを含めた多くの生物がもつ能力です。例えば、「幼い頃からバレーボールやバスケットボールをやっていた人は背が高い」などによく言われますが、これも表現型可塑性と考えることができます。つまり本研究は、多くの人々が「理由は分からないけれど、当たり前のこと」と思っている現象を、科学的に理解しようとしています。今後、本研究によって表現型可塑性の分子基盤が明らかとなつてゆけば、「当たり前」と考えられている現象がなぜ生じるのか理解でき、未来の子供たちの成長や子育てにも役立つ情報を提供できると期待しています。また、表現型可塑性を示すことで有名なアブラムシによる農業被害が世界中で問題になっており、この問題の解決にも貢献できると確信しています。今回ご支援いただきました研究奨励金により、細胞性粘菌という新たなモデル生物を使用した表現型可塑性の研究が可能となったため、今後、表現型可塑性という生命現象の解明が劇的に進んでゆくと確信しています。本研究の可能性をご理解いただき、ご支援いただいた日本私立学校振興・共済事業団ならびに関係者の皆様には、心より感謝申し上げます。これからも日本の基礎研究分野を支えるべく、当該研究に邁進してゆきたいと考えておりますので、今後も継続的なご理解を賜りますよう、何卒よろしくお願い申し上げます。