



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Theoretical and empirical studies on the roles of life history variation in maintaining genetic diversity in stage-structured perennial plant populations [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	都築, 洋一
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第15267号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89636
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Tsuzuki_Yoichi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士（環境科学）

氏 名 都築 洋一

学 位 論 文 題 名

Theoretical and empirical studies on the roles of life history variation
in maintaining genetic diversity in stage-structured perennial plant populations
(生育段階構造を持つ多年生植物集団において
生活史変異が遺伝的多様性に及ぼす影響の理論的および実証的研究)

遺伝的多様性は、環境変化への迅速な適応を可能にすることで生物集団の存続に寄与すると考えられている。したがって、集団内で遺伝的多様性が将来にわたって高く維持されるのかを予測することは、集団の存続可能性を評価する上で重要である。これまで遺伝的多様性は集団サイズが大きいほど維持されやすいことが示されてきた。しかしその一方で多年生植物において、小さな集団であっても遺伝的多様性が維持されている事例も報告されてきた。この理由として、寿命が長い種ほど、個体が長く生存するために個体が持つ遺伝的変異が集団内に残りやすくなり、遺伝的多様性が維持されることが挙げられてきた。すなわち、生活史（個体が生まれてから成長・繁殖して一生を終えるまでの生活過程）が遺伝的多様性の時間変化に影響することが示されてきた。しかし、遺伝的多様性を決定する主要因として認識されてきた集団サイズと比べて、生活史が遺伝的多様性にどの程度影響するのかはわかっていなかった。本博士論文では、生活史が遺伝的多様性に及ぼす影響を集団サイズの影響と関連付けて解明することを目的に、数理モデルを用いた理論研究（第2章）と、多年生植物オオバナノエンレイソウの野生集団を対象にした実証研究（第3章・第4章）を実施した。さらに、遺伝的多様性が具体的にどのような環境変動への適応に寄与しうのかを考察するために、環境変動の一つである気候の温暖化に着目し、春季の温暖化がオオバナノエンレイソウの繁殖成功に与える影響を調べた（第5章）。

第2章 多年生植物集団の遺伝的多様性の時間動態の理論モデルの構築

一般に多年生植物は、発芽したばかりの「実生段階」から栄養成長をする「幼植物段階」を経て「開花段階」に到達し、繁殖して次世代を残して生活史を全うする。これまで遺伝的多様性の時間変化は、生育段階構造を持たない単純な生活史を対象に理論的に研究されてきた。本研究では、複数の生育段階で生活史が構成される多年生植物を想定して、生育段階ごとのヘテロ接合度の時間変化を表す行列モデルを構築した。そして、構築したモデルを解析することで、滞留する（次の生育段階に成長せずに同じ生育段階に留まる）個体が多い生育段階において遺伝的変異が蓄積され、集団の遺伝的多様性が維持されることを示した。ただし、集団サイズが大きい場合はどのような生活史であっても遺伝的多様性が維持されやすくなるため、滞留という生活史過程による遺伝的多様性維持の効果は顕著に見られなくなることがわかった。

第3章 分断された多年生植物オオバナノエンレイソウ集団の遺伝的多様性に生活史変異が及ぼす影響

第2章の理論研究の結果を、北海道十勝地方に生育するオオバナノエンレイソウを用いて検証した。オオバナノエンレイソウは種子・実生・一葉・三葉・開花の5つの生育段階で生活史が構成される。11集団を対象に、4年に渡ってセンサス調査（個体追跡による個体の成長・滞留・繁殖の直接観察）を実施し、生活史パラメーター（生育段階ごとの生存率・繁殖率）と集団サイズをベイズ推定した。得られた推定値を第2章で構築した理論モデルに代入することで、各生育段階の遺伝的多様性の相対的な高さを予測した。その結果、生育段階間で遺伝的多様性に大きな差は生じず、集団サイズが大きいために生活史の影響はほとんど表れないことが予測された。しかし、ddRAD-seqによる遺伝解析で各生育段階の遺伝的多様性を実際に求めたところ、理論予測に反して生育段階間で遺伝的多様性に有意な差が存在しており、滞留による遺伝的多様性の維持が起きている可能性が示唆された。

第4章 オオバナノエンレイソウにおける遺伝的に有効な生活史サイクルの推定

第3章で明らかになった理論予測と実データの不一致を考察するために、第2章で構築した理論モデルを用いて、観察された「生育段階ごとの遺伝的多様性」と「生育段階間の遺伝的分化」を実現するような生活史パラメーターと集団サイズを、近似ベイズ計算によって逆推定した。その結果、センサス調査の推定結果と比べて、集団サイズは小さく推定され、また生活史パラメーターの推定値も異なっていた。この結果から、集団の遺伝的多様性は、集団内の一部の個体の成長・滞留・繁殖を直接観察するセンサス調査で推定された生活史と集団サイズに従って決まっているわけではない可能性が示唆され、遺伝動態を説明できるような遺伝的に有効な生活史サイクルおよび集団サイズを考慮する必要性が示唆された。

第5章 オオバナノエンレイソウにおける送粉成功度の時間的偏り

北海道十勝地方では過去60年の間、内陸に位置する帯広市が太平洋岸に位置する広尾町よりも比較的急速に春季の温暖化が進んでいる。気候の温暖化が、共生関係にある送粉昆虫との出現時期（フェノロジー）の不一致を引き起こしている可能性を検証すべく、帯広・広尾の2地点で送粉時期を開花期の前半又は後半に限定する袋掛け実験を実施した。その結果、帯広において、前半に袋掛けした際に無処理と比べて結実率が低下することが分かった。この結果から、帯広では送粉昆虫が開花期前半に偏って訪花していて、フェノロジーの不一致が起きている可能性が示唆された。

一連の結果から、集団サイズが小さい場合に生活史が遺伝的多様性の維持に大きく影響することが理論的に予測された。また、見かけ上は十分な個体数からなる野生集団であっても、全ての個体が遺伝動態に有効に寄与しているとは限らず、生活史の影響が顕著に表れる可能性が判明した。以上の成果は、多年生植物において遺伝的多様性の維持における生活史の重要性を示唆しており、気候の温暖化などの環境変動に対する適応進化動態を考える上で大切な知見であると考えられる。