

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 12 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23370006

研究課題名(和文) 個体群生態学と繁殖生態学の融合による植物の生活史研究の包括的展開

研究課題名(英文) Comprehensive life history studies of plants based on population ecology and reproductive ecology

研究代表者

大原 雅(OHARA, Masashi)

北海道大学・地球環境科学研究科(研究院)・教授

研究者番号：90194274

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円、(間接経費) 4,020,000円

研究成果の概要(和文)：多年生林床植物個体群に関する長期モニタリングデータ(7年～30年)に基づき、野外生態調査(各種の交配様式、送粉様式)と生態遺伝学的解析(AFLP分析、マイクロサテライトマーカー分析)を行い、集団の遺伝的構造を把握した。また、長期モニタリング・データに基づく個体群統計学的情報と遺伝学的情報を集約した数理解析により、個体群の存続可能性などを定量的に評価した。その結果、植物個体群の時空間的動態の統計遺伝学解析法を確立するとともに、各種個体群の存続可能性の定量的評価が可能となった。

研究成果の概要(英文)：To assess the persistence of different plant populations, it is essential to understand integrated aspects of demography, reproductive biology and genetics, that is life history features. In the present study, based on the long-term monitoring data of various herbaceous plants, we conducted further monitoring and several pollination experiments in the fields. In addition to the field studies, we also made simulation models of the population dynamics, preferably including information on levels of environmental stochasticity. Finally, to understand real features of plant life history, we emphasize the importance of comprehensive data based on demographic, reproductive, genetic and mathematical biologies.

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：植物 生活史 個体群生態学 繁殖生態学 長期モニタリング

### 1. 研究開始当初の背景

この地球上に生息するすべての生物種は、「種」という個体の一群が「繁殖」という仕組みを通じて、次の世代を生みだし、種個体群を維持するシステムを有している。そのシステムは、それぞれ種のもつ基本的な生活史 (life history) と生息環境の中の相互作用で進化してきた。特に、移動による回避ができない植物においては、発芽、生長、繁殖 (性表現、受粉、受精)、種子形成、散布などさまざまな生活史過程から構成されている。

このように「植物の生活史 (life history)」すなわち「種」という個体の一群が「繁殖」という仕組みを通じて、どのように次の世代を生みだし、さまざまな環境の中で持続的にどのように種個体群を維持しているのか、という問題を考えたとき、例えば、親個体で作られた種子は、その後親個体から離れ、地面に散布され、発芽、定着、成長という過程を経る。作られた種子のどれくらいが、次の成熟個体へと成長するのか。さらに、どの花粉親から作られた種子も、その後同じように成長し、生き残るとは考えられない。繁殖生態に関わる情報だけが精度を増しても、その後の成長、生存、死亡に関する情報が伴わなければ、その種の生きざまの全貌は明らかになってこない。それを明らかにするためには、個々の種や種個体群の成長、生存、死亡に関する情報、すなわち個体群生態学的な研究アプローチが不可欠となる。従って、1つの植物の生活史の全容を明らかにするためには、やはり繁殖生態学と個体群生態学の2つの歯車がうまくかみ合うこと、そしてその生活史が維持されている生物的・物理的環境への適応の実態も総合して理解することが大切である。

### 2. 研究の目的

1960年代に芽生えた、植物の生活史 (life history) 研究は、近年の分子マーカーの開発とその野外個体群への応用により、これまで困難とされてきた花粉や種子を介しての遺伝子流動パターンの把握や他殖率や近交弱勢の推定など、繁殖生態学の領域における研究の目覚ましい進歩をもたらした。しかし、繁殖生態に関わる情報だけが精度を増しても、その後の成長、生存、死亡に関する情報が伴わなければ、その種の生活史の全貌は明らかにならない。本研究では、個体群動態に関して長期モニタリングデータ (7年~30年) が整っている林床草本植物群を対象として、繁殖生態学と個体群生態学の包括的アプローチにより生活史研究の全容を解明することを目的として行った。

### 3. 研究の方法

(1) 個体群生態学的データセットのほか、交配様式、送粉様式、そして種内の地域変異の有無を明らかにする。

(2) 個体群動態調査に基づく各個体の時間的・空間的情報をもとに、AFLP分析、マイクロサテライトマーカー分析を行い、集団の遺伝的構造を把握する。

(3) 長期モニタリング・データに基づく個体群統計学的情報と遺伝学的情報を集約した数理解析を行い、個体群の存続可能性などを定量的に評価する。これら3つアプローチを統合して各種の生活史研究の全容を解明する。

### 4. 研究成果

本研究は、「野外生態調査」、「生態遺伝学的解析」、「数理生態学的解析」の3つの柱から成り立っているが、3年間の研究により、以下の内容が明らかになった。個別の研究成果については、発表論文等を参照されたい。

(1) 野外生態調査：対象とする種に関して、モニタリング調査の継続を行った。また、各種の交配様式 (他殖・他殖、自家和合性・不和合性など)、送粉様式 (風媒、虫媒など)、そして種内の地域変異の存在が明らかになった。

(2) 生態遺伝学的解析：分子マーカーの導入により革命的に進歩した植物の繁殖生態学において、種の生活史の全貌を明らかにするためには、個体群動態に関するデータによる裏付けが必要であることを再認識し、それに必要なデータセットならびに具体的な研究アプローチを提供する。個体群動態調査に基づく各個体の時間的・空間的情報をもとに、生活史段階の異なる各個体 (実生、未成熟個体、成熟個体) を対象として AFLP 分析、マイクロサテライトマーカー分析を行い、集団の遺伝的構造を把握した。

(3) 数理生態学的解析：長期モニタリング・データによる推移確率行列は、現在各地で展開されている長期生態研究 (LTER: Long Term Ecological Research) など、今後蓄積されてくる多くの植物群・動物群・生態系における個体群統計遺伝学的解析の基礎を提供できる。長期モニタリング・データに基づく個体群統計学的情報と遺伝学的情報を集約した数理解析を行い、個体群の存続可能性などの定量的評価を行った。

(4) 近年の生態学の大きな潮流の1つは、保全生態学である。1つの生物の保護、保全にはその種の基本的な生活史とその生活史に関わる生物的・非生物的環境との相互関係を理解することが非常に重要である。本研究で展開する「野外生態調査」、「遺伝学的解析」、「数理モデル解析」の融合は、保全生態学の分野においても、データを集積に関して必要とされる重要な観点・視点を提供した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

### [雑誌論文](計10件)

Ohara M and Kubota S, The evolution of self-compatible and self-incompatible populations in a hermaphroditic perennial, *Trillium camschatcense* (Melanthiaceae)., Botanical Review, 査読有, 2014, 5, pp24-34 (掲載確定)

Hyamizu M, Hosokawa I, Kimura O and Ohara M, Intraspecific variation in life history traits of *Viola brevistipulata* (Violaceae) in Hokkaido, Plant Species Biology, 2014, 査読有, 29(1), pp85-91, DOI:10.1111/j.1442-1984.2012.00390.x

Nakamaru M, Takada T, Ohtsuki A, Suzuki S.U, Miura K and Tsuji K, Ecological conditions favoring budding in colonial organisms under environmental disturbance. (2014) PLoS ONE, 9, 査読有, e91210, DOI:10.1371/journal.pone.0091210

Ishihama F, Fujii S, Yamamoto K and Takada T, Estimation of dieback process caused by herbivory in an endangered root-sprouting shrub species, *Paliurus ramosissimus* (Lour.) Poir., using a shoot-dynamics matrix model. (2014) Population Ecology, 56, 査読有, pp275-288, DOI:10.1007/s10144-013-0414-1

Kaneko T and Takada T, Pair-wise analyses of the effects of demographic processes, vital rates, and life stages on the spatiotemporal variation in the population dynamics of the riparian tree *Aesculus turbinata* Blume. (2014), Population Ecology, 56, 査読有, pp161-173, DOI: 10.1007/s10144-013-0399-9

Ishizaki S, Abe T and Ohara M, Mechanisms of reproductive isolation of interspecific hybridization between *Trillium camschatcense* and *T. tschonoskii* (Melanthiaceae), Plant Species Biology, 2013, 査読有, 28(3), pp204-214, DOI:10.1111/j.1442-1984.2012.00378.x

Kobayashi M, Kitamura K, Matsui T, and Kawano T, Genetic characteristics reflecting the population size and disturbance regime of Siebold's beech (*Fagus crenata* Blume) populations at the northernmost distribution. (2013) Silvae Genetica, 62, 査読有, pp1-7, ISBN:0037-5349

Chaves CF, Scott TW, Morrison AC and

Takada T, Hot temperatures can force delayed mosquito outbreaks via sequential changes in *Aedes aegypti* demographic parameters in autocorrelated environments (2013) Acta Tropica, 129, 査読有, pp15-24, DOI:

10.1016/j.actatropica.2013.02.025

Oizumi R and Takada T, Optimal life schedule with stochastic growth in age-size structured models: Theory and an application (2013) Journal of Theoretical Biology, 323, 査読有, pp76-89,

DOI:10.1016/j.jtbi.2013.01.020

高田壮則, Cost-benefit model を用いた最適葉寿命モデル-最適戦略基準の検討-, (2013)、日本生態学会誌、63、査読有、pp69-80

### [学会発表](計7件)

津田祥吾、並川寛司、北村系子、松井哲哉、奥尻島および渡島半島低地ブナ天然林の葉緑体 DNA の変異、日本森林学会、2014年3月28日、大宮ソニックシティ (さいたま市)

飛田千尋、大松ちひろ、大原雅、雌雄異株植物マムシグサの性決定に関する解剖学的研究-花芽形成時期に着目して-、2013年度日本生態学会・北海道地区大会、2014年2月21日、北海道大学大学院地球環境科学研究院 (札幌市)

渡辺崇史、杉木学、大原雅、生育地の分断化が林床性多年生草本オオバナノエンレイソウ個体群に及ぼす影響の定量的評価-異なる生活史段階における遺伝的多様性に着目して-、2013年度日本生態学会・北海道地区大会、2014年2月21日、北海道大学大学院地球環境科学研究院 (札幌市)

佐々木祥世、並川寛司、北村系子、松井哲哉、島嶼におけるブナの北限、北海道奥尻島のブナ林の種組成と林分構造、植生学会、2013年10月13日、仙台市戦災復興記念館 (仙台市)

Ohara M, The evolution of self-compatible and self-incompatible populations in a hermaphroditic perennial, *Trillium camschatcense* (Melanthiaceae), Monocots V, 2013/7/8, New York Botanical Garden(USA)

Kitamura K, Matsui T, Kobayashi M, Saitou H, Namikawa K and Tsuda Y, Decline in the genetic diversity of the northernmost marginal populations of *Fagus crenata*, Primeval Beech Forests: Reference Systems for the Management and Conservation of Biodiversity, Forest Resources and Ecosystem Services, 2013/6/2-9, Lviv(Ukraine)

田中絢子、早船琢磨、大原雅、一回繁殖  
型多年生植物オオバコリにおける繁殖  
戦略の集団間変異、第 60 回日本生態学会、  
2013 年 3 月 6 日、静岡県コンベンション  
アーツ（静岡市）

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大原 雅 (OHARA, Masashi)  
北海道大学・地球環境科学研究科 (研究  
院)・教授  
研究者番号：90194274

### (2) 研究分担者

北村 系子 (KITAMURA, Keiko)  
独立行政法人森林総合研究所・北海道支  
所・主任研究員  
研究者番号：00343814

### (3) 高田 壮則 (TAKADA, Takenori)

北海道大学・地球環境科学研究科 (研究  
院)・教授  
研究者番号：80206755