

学 位 論 文 題 名

Life history strategy of aerial seed pool of a lignified desert annual, *Blepharis sindica* T. Anders (Acanthaceae)

(砂漠に生息する木化一年生草本 *Blepharis sindica* (キツネノマゴ科)
の空中種子プールの生活史戦略)

学位論文内容の要旨

種子は子孫の移動分散、危険回避や遺伝子伝達といった多くの機能的役割を持つことから、種子期の特性については繁殖戦略進化の研究のなかでも、特に注目されてきた。休眠・発芽・散布や種子サイズといった種子期の諸特性は各々適応上重要な役割を持っているが、それらは独立に進化したのではなく、機能・形態・生理的制約の中でお互いに影響しあいながら共進化してきたと思われる。

砂漠環境は、気候的には乾燥と高温による生物の生育に不適な時期と、不規則なパターンで訪れる降雨によってもたらされる短い好適な環境で特徴づけられる。また、低い生産性による生物現存量、種構成の両面で貧弱な植生と高い種子食害率もその特徴である。乾燥・高温による不適な期間に適応するために、一年生草本は種子バンクによりこの時期を回避し、短い好適な生育時期に生活環を終了できるような生活史戦略を進化させており、一年生草本が示す休眠・発芽・散布といった種子期の特性は、乾燥地への適応戦略を考えるうえで最も重要な要素である。

木化した枯死体上で種子を保持する形質は現在30種以上で知られているがその殆どが砂漠または半砂漠地域に限られている。この形態の果たす機能的役割についてはいくつかの仮説が立てられてきたが、野外個体群での研究例はほとんどなかった。本研究では、砂漠環境で木化個体上に種子を保持することの適応的意義について、空間的・時間的な種子の分散特性との関連を考慮しながら分析した。

野外個体群において種子食害率を推定する実験を行った結果、地表での高い種子食害率（約100%）と枯死体上での非常に低い死亡率（約6%）を確認した。25%程の種子が翌年以降まで保持され、それらの種子は高い発芽速度と発芽率を示し、こうした高い発芽活性は数年維持されることを確認した。これらのことから、枯死体上の種子の保持は、種子食害率が著しい砂漠環境下での安定な種子バンクの維持に適応的な戦略であると結論した。

シーズン内における種子分散の意義については繁殖成功の最適化と危険分散の二

つの仮説があり、種間・種内競争や環境変動が最適な種子分散パターンにどのように影響するかが分析されている。ここでは砂漠に生息する一年生草本が年内のいくつかの降雨に種子散布を分散させる特性について、各降雨で散布されたコホート（同時発生集団）の生活史を比較することにより、その適応的意義について考察した。

6回の降雨によって散布された種子数はシーズン初期に集中しており、散布種子数は降水量とは無関係であった。各コホートについて成長・死亡・生活史・種子生産を観察した結果、種子散布時期は個体サイズと生活史に強く影響を与えていた。これらの違いを反映して、出現タイミングの早いコホートほど高い繁殖成功をおさめていた。以上の結果より種子散布をシーズン初期に集中させる方が高い繁殖成功を得るが、降水パターンの年変動や種子期に起こるランダムな死亡のために、実際にはシーズン内のいくつかの降雨に種子散布を分散させる危険分散戦略が有利となると予測した。このことより、枯死体上に種子を保持することは種子散布タイミングを制御することで、時間的に変動する環境への適応戦略としても重要であることを指摘した。

種子の空間的分散の適応的な意義については、親個体からの距離または局所的な散布種子密度に依存した死亡要因の回避や、発芽後の混み合い回避、空間的異質性から見た危険分散などの点から議論されている。空間的に種子を散布させる戦略について競争回避と危険回避の両面から考察するために、種子の散布距離とその範囲内での空間的異質性について、初期密度の異なる10個の調査方形区で野外個体群の調査を行なった。

この種の散布距離は平均2 mと比較的長く、90%の種子が親個体から半径4 m内に広く分散されていた。混み合いによる成長の抑制と密度非依存的な死亡が観察され、種子が散布される範囲内で個体群空間の構造は不均質なパッチ状構造をしていた。また、成長を抑制する密度非依存的要因の存在も推測できた。成長を規定する要因の局所的な分布は、数年間にわたり同様の構造を保持していた。以上の結果より、種子を広く散布することは混み合い回避と空間的な危険分散のためであることを示した。

これらのことから枯死体上の種子の保持は、単に種子期の死亡率を下げることでだけでなく、時間的・空間的な種子の散布特性を通して砂漠環境に生育する一年生草本の繁殖成功に貢献していると結論した。

学位論文審査の要旨

主査	教授	甲山隆司
副査	教授	東正剛
副査	教授	古川昭雄
副査	助教授	福田弘巳
副査	助教授	露崎史朗
副査	助教授	大串隆之

学位論文題名

Life history strategy of aerial seed pool of a lignified desert annual, *Blepharis indica* T. Anders (Acanthaceae)

(砂漠に生息する木化一年生草本 *Blepharis indica* (キツネノマゴ科)

の空中種子プールの生活史戦略)

砂漠地域は高温、乾燥と不定期な降雨による環境の高い時間的変動、種構成、バイオマスの両面で貧弱な植生、また、種子に対する高い食害圧といった特徴をもっている。そのような砂漠環境に生育する一年生草本の発芽、休眠、散布といった種子の諸特性は植物の繁殖生態、生活史戦略の進化を考える上で非常に重要な要素である。砂漠または半砂漠地域では木化した枯死体上で種子を保持する植物が現在30種以上で知られている。この形質の果たす機能的役割についてはいくつかの仮説が立てられてきたが、野外個体群での詳細な研究例はまったくなかった。申請論文は、インドの砂漠地域に生育している一年生草本 *Blepharis indica* (キツネノマゴ科) についてその空間的・時間的な種子の分散特性の機能的役割を明らかにし、砂漠環境で木化枯死体上に種子を保持することの適応的意義を解明することを目的としている。

本論文は3章より構成されている。第1章では、枯死体上での種子保持の機能が地表での齧歯類からの食害回避であることを明らかにした。また、発芽特性や散布の時間的分散特性などの種子の特性から対象種が安定な種子プールを維持していることを明らかにした。これらのことから枯死体上の種子の保持は環境の時間的変動が大きく、かつ種子食害が著しい砂漠環境下での安定な種子プールの維持に適応的な戦略であると結論づけていた。第2章では、一生育シーズン内の種子の時間的分散特性に着目し、異なる散布タイミングを持つ個体について生活史と繁殖成功を解析する事で、種子散布の時間的分散が持つ機能的役割を明らかにした。生育期の初期に散布された種子ほど高い繁殖成

功を得ていたが、年毎の降雨パターンの変動や地表での種子死亡率のバラツキに対する危険回避として種子散布を何度かの降雨に分散させる事の重要性を指摘した。第3章では、種子の空間的散布特性に着目している。密度依存的な成長抑制と繁殖成功の低下、散布範囲内での個体群の空間構造の不均一性の解析から、混み合い回避と空間的不均一性への分散の二つが空間的種子散布の重要な機能的役割であることを指摘してた。

以上のように、本論文は(1) 食害から保護された種子プールによる環境の年毎の変動への適応、(2) 種子散布タイミングの分散による季節内の環境変動に対しての適応、そして(3) 空間的種子散布による混み合いと空間的不均一性に対する適応、といった諸点を明らかにしている。これら種子が持つ様々な特性の役割を生活史全体のなかで明らかにし、種子の保護特性が時間・空間的変動が大きく種子食害率が高い砂漠環境で進化した可能性について言及した点は、本論文の際だった成果である。種子の諸特性間の相互作用を考慮し、一連の特性の組合わせとして種子の環境へ適応を把握した点は注目に値する。

審査員一同は、上記のように申請論文を評価する。申請者は大学院課程を通して意欲的に困難な野外調査を実施し、また熱心にデータ解析にも取り組んで論文をまとめてきた。こうした過程と成果から、今後、研究者として高い能力を発揮していくことと判断する。以上から、申請者が博士(環境科学)の学位に相当する、十分な資格を有するものと判定した。