

氏 名	たけ うち や よ い 竹 内 や よ い
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 3055 号
学位授与の日付	平 成 18 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研 究 科 ・ 専 攻	理 学 研 究 科 生 物 科 学 専 攻
学 位 論 文 題 目	The ecological and genetic consequences of seed and pollen dispersal in four dipterocarp species (フタバガキ科4種における種子・花粉散布の生態的・遺伝的意義)
論文調査委員	(主 査) 助教授 酒 井 章 子 助教授 村 上 哲 明 教 授 北 山 兼 弘

論 文 内 容 の 要 旨

固着の生活史をもつ植物種にとっては、種子と花粉による遺伝子散布が唯一の移動の場であり、その成功はその後の種子の運命を決定する。種子散布の意義としては、親木の周りの高い死亡率からの逃避（逃避仮説）と好適な環境への到着（移住仮説）という2つが考えられてきた。一方で、種子と花粉の長距離散布は、双親性近交弱勢を回避する効果も持つ（近交弱勢回避仮説）。この論文では、遺伝子散布の役割を(1)逃避 (2)移住 (3)近交弱勢回避の3つの観点から評価することを目的とした。

調査は、マレーシアのランビルヒルズ国立公園で行った。種子、花粉散布の意義を評価するためには、種子および花粉散布距離の異なる種間での比較が必要である。種多様性の高いフタバガキ科の種は、同じ科・属内でも異なる種子、花粉媒介者をもつ。そこで、この科のなかから種子花粉散布の異なる4種を選択した。それは、*Dipterocarpus globosus*（種子に翼あり、オオミツバチ媒）、*D. tempehes*（種子に翼なし、オオミツバチ媒）、*Shorea beccariana*（種子に翼あり、甲虫媒）、*S. laxa*（種子に翼なし、甲虫媒）である。

種子散布様式や花粉媒介者の違いは、繁殖成功や空間分布構造に影響を与える。この研究では、マイクロサテライト解析を用いて、4種の種子・花粉散布スケールを稚樹のDNAから推測した。4種すべてで、ほとんどの稚樹は樹冠下に多いものの、翼あり種は、翼なし種よりも広範囲に散布される傾向が見られた。花粉散布については、ハチ媒だけでなく甲虫媒の種も長距離の散布が見られ、この研究で扱った80haという調査範囲は、2つの媒介者のスケールの違いを明らかにするには小さいことが分かった。一方で散布パターンは媒介者の違いに応じて異なっており、媒介者の採餌行動の違いから来るものであることが予測された。

更新における種子散布の意義を検証するために、4種の生残を逃避仮説、移住仮説の観点から比較した。稚樹の生育する場所の物理的環境（光と地形）、最近接同種成木からの距離を説明変数として、対数線形モデル解析で稚樹の生存に影響する要因を分析した。光と地形依存の死亡や、距離依存の死亡は種子に翼のある種の稚樹のいくつかのサイズクラスで観察されたが、翼なし種では見つからなかった。また、その効果は年齢によって異なっていた。一方で、翼なしの稚樹の生残で距離度依存性や環境依存性は見つからなかった。これらの種では、距離度依存性や環境依存性を小さくするメカニズムをもつと思われる。

「近交弱勢回避仮説」を含めた遺伝子散布の役割を評価するために、相対成長速度に対する、同種成木からの距離、同種密度、環境、近親交配の影響を4種で調べた。近親交配の程度の評価は、内的血縁度（IR）、標準化ヘテロ接合度（sMLH）、標準化 mean d2 の3つの指標を用いた。これらの要因をステップワイズ重回帰によって解析した。*D. globosus*の稚樹の成長には近交弱勢の影響が検出された。また *D. tempehes*の稚樹ではサイズクラスが上がると、IRが下がるので、近交弱勢が示唆された。これらの種は、近交弱勢回避仮説と矛盾しない。距離密度依存性は、*D. globosus*で強く、*S. laxa*でも弱い効果が検出された。環境依存性は、*D. globosus*, *S. beccariana*で強く、*D. tempehes*, *S. laxa*でも弱いのが検出され

た。つまり、種子散布距離の大きい種ほどは、逃避や移住の効果が大きいことが示唆された。このように、散布の意義は種間で異なり、また散布が限られている種もその不利益を克服するメカニズムを持っていると考えられた。

この研究では、フタバガキ科4種の遺伝子散布は主に媒介者の性質に依存していることを明らかにし、種間に違いのあることを示した。大きな種子散布距離をもつ種で、逃避・移住の効果が種子散布を大きくする淘汰圧になっていたが、短い種ではその傾向が弱いことが示された。近交弱勢回避仮説については、オオミツバチと甲虫媒の花粉散布の差を検出できなかったために、結論を出すことはできなかったが、オオミツバチがより長距離の花粉散布を行っているとするれば、矛盾しない結果であった。したがって、種子・花粉散布距離と長い散布距離を促すような選択圧が関連してみられ、仮説を検証することができた。

論文審査の結果の要旨

この論文は、種子・花粉散布の生態的・遺伝的意義を、フィールド調査とDNAマーカーであるマイクロサテライトマーカーを用いた分析で明らかにしようとした研究である。熱帯林では近縁な樹木でも、種子散布・花粉散布距離に多様性が見られるが、近縁な樹種間でこれらの種間差を比較し、種子や実生の個体群動態と関連させることで、種子・花粉散布を大きくする選択圧の違いを明らかにできるだろうというアイデアのもとに行われている。材料には、マレーシア・ランビル国立公園の林冠木、エマージェントになる、フタバガキ科フタバガキ属の *Dipterocarpus globosus* (風散布種子, オオミツバチによる花粉散布), *D. tempehes* (重力散布種子, オオミツバチによる花粉散布), サラノキ属の *Shorea beccariana* (風散布種子, 甲虫による花粉散布), *S. laxa* (重力散布種子, 甲虫による花粉散布) を用いている。

フィールド調査では、80ヘクタールという大規模な範囲で親木を地図上に落とし、4ヘクタールの地域のすべての実生や稚樹の追跡を行っている。遺伝解析では、全成木と多数の稚樹の遺伝子型を決定している。さらにそれを4種で比較するという、個人の研究としては例を見ない大がかりなものである。種子・花粉散布ともに、従来の研究では発見できなかった、稀ではあるが長距離の移動も検出している。花粉散布では、オオミツバチ媒と甲虫媒の移動距離に当初予想したような明確な差を見出すことができなかったが、それは逆に甲虫による花粉移動が意外に大きいという発見でもあった。

実生や稚樹のデモグラフィーや成長を調べることにより、種子散布距離の大きな種は、母樹周辺での高い死亡を回避すると同時に、好適な環境への依存度が高いことを示し、一方で種子散布距離の小さな種は、距離や密度、環境などに依存しにくい生存・成長をしていることを明らかにしたことは、大きな成果である。また、花粉散布に対しては、近交弱性の強さが大きな花粉移動距離を進化させる選択圧になっているという作業仮説を検証しようと試みた。オオミツバチ媒と甲虫媒の間に花粉移動距離の差が顕著に検出できなかったため、明確な検証には至らなかったが、オオミツバチ媒の種の方に近交弱勢を見いだしたことは、仮説を支持する予備的結果を出したといえる。

これらの研究は、種子散布や花粉の移動距離の大小をマトリックス状に組み合わせて同科内4種で比較したという点で非常にユニークで、とくに種子散布に関しては既存の研究を超える成果をあげたと高く評価できる。したがって、本論文は博士(理学)の学位論文として価値あるものと認められる。また、論文内容とそれに関連した試問を行い、合格と認めた。