

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	保坂哲朗
論文題目	Pattern of Pre-dispersal Seed Utilization by Insect Predators on <i>Shorea</i> (Dipterocarpaceae) in a Lowland Rain Forest of Peninsular Malaysia （半島マレーシア低地熱帯雨林における <i>Shorea</i> 属樹木（フタバガキ科）の昆虫による散布前種子利用様式）		
（論文内容の要旨）			
種子は多くの維管束植物にとって繁殖・分散に関わる重要なステージであるが、同時に、動物の食害を受けやすいステージでもある。このため植物は、種子食害を回避・低減するために様々な戦略をとることが知られ、種子生産の豊凶現象もその一つと考えられている。東南アジア熱帯雨林に優占するフタバガキ科樹木でも、2から10年に一度だけ多数の樹種が同調して開花・結実する「一斉開花現象」が知られている。一斉開花の究極要因の有力な説明として「種子食者飽食仮説」があり、長い非開花期間中に種子食者を飢えさせ個体群サイズを抑制し、一方で開花期に大量の種子を生産することで種子食者を飽食させ食害率を低下させているとするものである。本論文は、さまざまな樹種の豊凶が同調するフタバガキ科の一斉開花現象が、種子の主要な死亡要因の一つである散布前種子食昆虫による食害を低減するのに有効であるかを、フタバガキ科<i>Shorea</i>属の散布前種子食昆虫に着目して、群集構造、一斉開花ならびに近接した開花イベントに対する個体数の反応から論じたものである。 （1）2001年と2002年の2回の一斉開花時に11種の<i>Shorea</i>属樹種を対象として、落下種子を種子の発育段階に沿って連続的にサンプリングし、合計約3万個の種子から約3800個体の散布前種子食昆虫を得た。種子食昆虫個体数の90%以上は4種類のゾウムシと1種類の蛾で占められ、これらは対象<i>Shorea</i>属樹種に広く共通して見出された。一斉開花が種子食者を飽食させるには、結実同調する樹種群が同じ種子食者を共有することが前提であるが、得られた結果から、フタバガキ科の一斉開花は同属近縁樹種が共有する種子食昆虫の食害を分散する意義を持つことを示した。一方で、樹種毎の種子食昆虫相の類似度は樹種間の系統的な距離と関連があることが示唆され、同じフタバガキ科でも<i>Dipterocarpus</i>属と<i>Shorea</i>属には共通の種子食昆虫は見られず、属間の結実同調の意義は昆虫種子食者については説明できなかった。<i>Shorea</i>属に広く見られた5種の昆虫は、利用する種子の発育段階がそれぞれ異なり、2種のゾウムシは未成熟種子を、他の2種のゾウムシは成熟種子を、蛾は未成熟・成熟両方の種子を利用した。食害種子の多くは健全な成熟種子の散布以前に落下し、発芽にも失敗した。 （2）共有する種子食昆虫による食害を樹種間で分散するには、近縁樹種が同時に種子生産を行う必要があるが、実際には、一斉開花期間中、近縁樹種は開花期を互いに数週間ずつずらして咲き分けることが知られている。このため、この咲き分けを利用し、種子食昆虫が全体の開花期間中に世代交代を繰り返し、個体群を増大させる可能			

性について検討を行った。上記5種の昆虫のうち産卵時期の分かっているゾウムシ *Nanophyes shoreae* について、成虫羽化時期と各樹種への産卵時期を比較した結果、多くの個体は遅咲き樹種への産卵時期よりも遅れて羽化しており、1回の開花イベントで複数回世代交代を行う可能性は低いと考えられた。また、他の昆虫種に関しては、開花の順番に関わらず成虫の羽化時期は樹種間でほぼ揃っており、これらが咲きわけを利用して世代交代を繰り返している可能性も低いと考えられた。これらの結果から、いずれの昆虫1回の開花イベントにおいて1回しか世代交代を行わず、個体数増加には制限がかかっており、遅咲き樹種も含め一斉開花時に大量の種子を生産することによって昆虫の飽食が引き起こされていることを指摘した。

(3) 本研究で調査した2回の一斉開花は、最初の開花の結実時期から次の開花までの間隔が2カ月間しかない近接した開花であったため、最初の開花で羽化した昆虫が、2回目の開花を利用して繁殖・増加した可能性がある一方で、最初の2001年の開花は1996年以来5年ぶりの開花であることから、これら2回の開花における昆虫の個体群密度と種子被害率を比較することで、一斉開花の特徴である長い非開花期間の意義を検証した。その結果、5種の昆虫の合計個体群密度は最初の開花よりも2回目の開花で2.6倍増加し、比較を行った *Shorea* 属の3樹種全てで、2回目の開花の方が被害率が高くなった。この結果から、近接した開花では、最初の開花で増加した昆虫個体群密度が短い非開花期間中には低下しにくく、次の開花での被害率が大きくなることを明らかにした。

以上の結果から、散布前種子食昆虫については種子食者飽食仮説が成立し、フタバガキの一斉開花は近縁樹種の同調による大量の種子生産と長い非結実期によって、昆虫による散布前種子被害の低減に有効に働くことを結論した。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は東南アジア熱帯雨林を形作るフタバガキ科植物の「一斉開花」の繁殖メカニズムについて、その進化的な意義を散布前種子食昆虫に対する戦略として、定性的・定量的に論じたものである。評価すべき点は以下の4点である。

(1) 2回の開花イベントにおいて、計約3万個にのぼる種子から出現した約3800個体の昆虫に基づいた解析を行い、フタバガキ科 *Shorea* 属の散布前種子食昆虫相が樹種間で広く共通している一方、同じフタバガキ科でも *Dipterocarpus* 属と *Shorea* 属の間には共通の種子食昆虫種が存在しないことを明らかにし、樹種の系統的近縁性と種子食昆虫相の類似性に関連があることを示した。これにより、フタバガキの種子食昆虫の寄主特異性が、近縁度に応じて変化することを示した。

(2) 開花直後から結実に到る全過程を対象として連続的な解析を行い、種子の発育段階によって種子を利用する昆虫の種類が異なること、また、散布前に種子食昆虫により食害された種子の多くは成熟以前に中絶されることを示した。これらの知見は、これまでの主に成熟種子のみを対象とした先行研究では知られておらず、本論文において初めて散布前種子を巡る種子食昆虫のダイナミクスとそのフタバガキ科樹木の繁殖における意味を明らかにした。

(3) フタバガキ科の近縁樹種による同一開花イベント内での時期をずらした咲き分けが種子食昆虫個体数に与える影響を、成虫の羽化時期を明らかにすることにより検討した結果、種子食昆虫が1回の開花イベント内で複数回の世代交代を行い、イベント晩期に個体数を増加させることは難しいことを示し、一斉開花時の大量の種子生産が昆虫の飽食を引き起こすことを明示的に解明した。

(4) 2回の開花イベントにわたる *Shorea* 属の種子食昆虫の個体数変動を詳細に解析し、近接した開花では種子食昆虫の個体群密度が増大し、食害率が高くなることを明らかにした。これによって、多くのフタバガキ科樹種の長い非開花期間が、種子食昆虫の個体群密度の抑制に効果的に働くという飽食者仮説が、散布前種子食昆虫相について成立している可能性が極めて高いことを示した。

以上のように本論文は、散布前種子食昆虫による食害を低減する繁殖戦略としてのフタバガキ科樹木の一斉開花現象の進化的意義を、大量のデータを用いて実証的に考察したものであり、熱帯林生態学、森林生物学、保全生物学に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士(農学)の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成22年2月17日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士(農学)の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日： 年 月 日以降